



Universidade Federal de Goiás
Programa de Doutorado em Ciências Ambientais



**PROCESSOS EROSIVOS LINEARES NAS BACIAS DOS RIOS CLARO E
DOS BOIS, AFLUENTES DO RIO ARAGUAIA NO ESTADO DE GOIÁS:
RELAÇÕES COM A COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA**

MARIA GONÇALVES DA SILVA BARBALHO

Goiânia
2010

MARIA GONÇALVES DA SILVA BARBALHO

**PROCESSOS EROSIVOS LINEARES NAS BACIAS DOS RIOS CLARO E
DOS BOIS, AFLUENTES DO RIO ARAGUAIA NO ESTADO DE GOIÁS:
RELAÇÕES COM A COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Monitoramento e Análise de Recursos Naturais.

Orientadora: Prof^a Selma Simões de Castro.

Goiânia

2010



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS



FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da Banca Examinadora de Defesa Pública de Tese de Doutorado em Ciências Ambientais, Nº 007/2010, realizada em 19 de agosto de 2010.

Prof.ª Dr.ª Selma Simões de Castro – UFG/IESA

Prof. Dr. Fausto Mizlira - Ciamb/UFG

Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos – IESA/UFG

Prof. Dr. Archimedes Perez Filho – UNICAMP

Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos - UFPR

Dedico esta tese a meus pais, Messias
Cândido da Silva e Zilda Gonçalves da
Silva (*in memoriam*).

Agradecimentos

Ao escrever esta tese tive o apoio e a inspiração de muitas pessoas e instituições que gostaria de agradecer.

À professora Selma Simões de Castro meu agradecimento especial pela oportunidade de realização da tese, pelas sugestões construtivas, por acreditar neste trabalho e principalmente pela amizade.

À Secretaria da Fazenda do Estado de Goiás pela oportunidade de trabalho, pela liberação para frequentar as aulas e participar dos trabalhos de campo e eventos.

Ao Geraldo Pacheco Saad da Coordenação do Agronegócio da Secretaria da Fazenda do Estado de Goiás, pela confiança, paciência e colaboração.

Aos colegas da Coordenação do Agronegócio da Secretaria da Fazenda do Estado de Goiás, Beraldo, Hermes, Eugênio e da Delegacia de Combustíveis, André Monteiro, cujo apoio pude contar o tempo todo.

Aos professores do CIAMB: Agustina Rosa Echeverría, Edson Sano, Edgardo Manuel Latrubesse e Fausto Mizziara, pela dedicação e ensinamentos valiosos.

Ao secretário do CIAMB, Noé, que atendeu todas as minhas solicitações com presteza.

Aos colegas de turma Max, Nicali, Potira e Luciane pela amizade, apoio e contribuição.

Aos colegas do Laboratório de Geologia e Geografia Física - LABOGEF e do Grupo de Estudos em Solos Tropicais/TROPSOL do LABOGEF: Adriana, Thais, Rafael, Rosane, Gabriel e Karla.

Ao professor Alfredo Borges de Campos pelas boas sugestões para a realização do trabalho de Oficinas em Análise Ambiental.

As amigas que dedicaram uma parte enorme do seu tempo em escutar e dar boas sugestões para o desenvolvimento da pesquisa nos encontros de quarta-feira no Jeová, Solange Franco e Adriana.

As amigas incondicionais Niran, Daniela e Simone pelas longas conversas e o aconchego.

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos que me apoiaram em todos os momentos.

À Flavinha, minha filha, sou grata pela dedicação e paciência com que realizou as tarefas de apoio para finalização do documento da tese.

À minha filha Patrícia que sempre me apoiou, mesmo que de longe.

Ao Reginaldo pelo carinho e apoio que me fez seguir em frente.

Resumo

O padrão de uso e ocupação das terras do Cerrado associado à expansão de fronteira agrícola, nos últimos 40 anos, tem sido interpretado como o causador dos impactos ambientais nele constatados nesse período, sobretudo os relativos ao desmatamento intensivo e indiscriminado de áreas com solos com baixa ou nula aptidão agrícola, ainda que aptos a pastagem extensiva. Os processos erosivos têm sido apontados como os mais significativos, posicionados após a perda notável da biodiversidade, o mais importante e extenso em área. A presente tese analisa a relação entre o uso do solo avaliado em série histórica iniciada na década de 1975, a aptidão agrícola das terras e os focos erosivos e de assoreamento das duas bacias conjugadas para fins deste trabalho, denominadas bacias dos rios Claro e dos Bois, afluentes do alto rio Araguaia, no Estado de Goiás. Essa área foi considerada em trabalhos anteriores como a mais afetada pelos desmatamentos dentre as cinco principais sub-bacias que compõem a alta bacia do rio Araguaia. A pesquisa baseou-se na análise integrada dos componentes do meio físico e biótico da área focada, com base em sensoriamento remoto e geoprocessamento e em pedotransferência. Os resultados são apresentados na forma de artigos científicos e revelam que a fase mais intensiva do desmatamento deu-se na década de 1980, que as Formações Florestais foram inicialmente as mais penalizadas, seguindo-se as Formações Savânicas; que a conversão deu-se em favor das pastagens extensivas, para o que a área apresenta boa aptidão dos solos e relevo associados; que os numerosos impactos erosivos lineares concentram-se nessas áreas, ainda que seja onde predominam discrepâncias baixas entre aptidão e o uso atual. Como evidenciado na análise espacial, constatou-se a presença de 395 focos erosivos lineares associados às áreas de pastagens degradadas. Conclui-se que a área corrobora o padrão de ocupação inicial do Cerrado por sua conversão em pastagem e que os impactos ambientais derivam mais do manejo das mesmas do que desse tipo de uso.

Palavras-chave: alta bacia do rio Araguaia, rios Claro e dos Bois, uso do solo, pastagens degradadas, impactos ambientais erosivos, sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Abstract

The pattern of land use and occupation of the Cerrado associated with the expansion of the agricultural frontier, in the last 40 years, has been interpreted as causing environmental impacts observed during this period, especially those related to intensive deforestation and indiscriminate use of areas with soils with low or null agricultural capability, although capable of extensive pastures. The Erosion processes have been described as the most significant, positioned after the remarkable loss of biodiversity, the most important and extensive in area. The present thesis analyzes the relationship between the land use valued at historical series started in the decade of 1975, agricultural suitability of land use pattern and the erosion and silting sites of the two combined basins for purposes of this study, called basins of the rivers Claro and Bois, tributaries of the upper Araguaia river in the state of Goiás. This area was considered in previous studies as the most affected by deforestation among the five sub-basins that make up the upper Araguaia river basin. The research was based on an integrated analysis of the physical environment and biota components of the focus area, with base on remote sensing and GIS and pedotransfer criteria. The results are presented as scientific papers and reveal that the most intensive phase of deforestation occurred in the 1980s, when the Forest Formations were most penalized originally, followed by the Savanna Formations, that the conversion occurred in favor of extensive pastures, for which the area has good suitability soil and relief associates; that the numerous of linear erosion impacts, 395 linear erosion features placed in degraded pastures are concentrated in these areas, which predominate low discrepancies between suitability and actual use. As evidenced in the spatial analysis, it is confirmed the presence of 395 linear erosion features associated with degraded pastures. It is concluded that the area supports the pattern of initial occupation of the Cerrado by its conversion to pasture and that environmental impacts arising from the management of them more than this type of use.

Keywords: upper Araguaia river basin, rivers Claro and Bois, land use, degraded pastures, environmental impacts of erosion, remote sensing and GIS.

Lista de Figuras

Introdução

Figura 1 – Tipologia das situações regionais nos Cerrados.....	19
--	----

Capítulo I – Caracterização da Área

Figura 1 – Localização das bacias dos rios Claro e dos Bois, no Estado de Goiás.....	32
Figura 2 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra em 2008 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	41
Figura 3 – Mapa geológico das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	43
Figura 4 – Mapa geomorfológico das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	46
Figura 5 – Mapa da rede de drenagem das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	49
Figura 6 – Mapa hipsométrico das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	51
Figura 7 – Mapa de declividade das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	53
Figura 8 – Mapa de solo das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	56

Capítulo III – Artigos

Artigo 1

Figura 1 – Localização das bacias dos rios Claro e dos Bois, no Estado de Goiás.....	91
Figura 2 – Processo de segmentação.....	96
Figura 3 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 1975 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	99
Figura 4 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 1981 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	100
Figura 5 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 1985 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	102
Figura 6 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 1990 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	104
Figura 7 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 2000 das bacias	106

dos rios Claro e dos Bois - GO.....	
Figura 8 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 2008 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	107
Figura 9 – Classes de cobertura vegetal e de uso da terra de 1975 a 2008 em relação à área total das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	108
Artigo 2	
Figura 1 – Localização das bacias dos rios Claro e dos Bois, no Estado de Goiás.....	123
Figura 2 – Mapa de solo das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	129
Figura 3 – Esquema conceitual para a elaboração do mapa de aptidão agrícola das terras.....	136
Figura 4 – Mapa de declividade das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO...	138
Figura 5 – Mapa de aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	142
Figura 6 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 2008 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	144
Figura 7 – Mapa de discrepância entre uso e aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	146
Artigo 3	
Figura 1 – Localização das bacias dos rios Claro e dos Bois, no Estado de Goiás.....	162
Figura 2 – Processo de correlação entre focos erosivos e condicionantes naturais e antrópicos.....	168
Figura 3 – Mapa de distribuição e densidade dos focos erosivos e assoreamento nas bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	170
Figura 4 – Mapa da rede de drenagem das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	171
Figura 5 – Mapa de densidade da rede de drenagem das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	173
Figura 6 – Mapa de solo com focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	176
Figura 7 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terrade 2008 com os focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	178

Figura 8 – Focos erosivos em áreas de pastagem nas bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	180
Figura 9 – Focos erosivos em áreas de pastagem nas bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.....	181
Figura 10 – Mapa de compartimentos morfopedológicos com os focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois – GO.....	184
Figura 11 – Perfis topográficos com a distribuição dos solos nos compartimentos morfopedológicos das bacias dos rios Claro e dos Bois – GO.....	185

Lista de Quadros

Capítulo III – Artigos

Artigo 1

Quadro.1 – Chave para interpretação das imagens LANDSAT.....	97
--	----

Artigo 2

Quadro 1 – Características das classes de aptidão agrícola das terras.....	135
--	-----

Quadro 2 – Quadro guia para avaliação da aptidão agrícola das terras (clima Tropical-Úmido).....	152
--	-----

Quadro 3 – Critérios para avaliação da aptidão agrícola dos solos.....	153
--	-----

Artigo 3

Quadro 1 – Síntese dos compartimentos morfopedológicos das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	186
---	-----

Lista de Tabelas

Capítulo I – Caracterização da Área

Tabela 1 – Área dos municípios das bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.....	33
Tabela 2 – População rural e urbana dos municípios das bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.....	34
Tabela 3 – Cadastro dos estabelecimentos agropecuários, industriais, de extração mineral, do comércio, de prestação de serviços e outras atividades desenvolvidas nos municípios das bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.....	35
Tabela 4 – Rebanho bovino nos municípios que compõem as bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás, no período de 1970 a 2007.....	36
Tabela 5 – Utilização das terras - pastagem natural e plantada dos municípios que compõem as bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.....	37
Tabela 6 – Área de pastagem e número de cabeças de gado/hectare/ano - taxa de lotação, nas bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.....	37
Tabela 7 – Área com lavouras temporárias nos municípios das bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.....	38
Tabela 8 – Área das classes de cobertura vegetal e uso da terra de 2008 das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	42
Tabela 9 – Área das unidades litoestratigráficas das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	45
Tabela 10 – Classes geomorfológicas das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	48
Tabela 11 – Quantificação e comprimento dos canais de drenagem das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	50
Tabela 12 – Classes hipsométricas das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	52
Tabela 13 – Classes de declividade das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	54
Tabela 14 – Áreas das classes de solo das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	55

Capítulo III – Artigos

Artigo 1

Tabela 1 – Área das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1975 e 1981 nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	101
Tabela 2 – Área das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1985 e 1990 nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás... ..	103
Tabela 3 – Área das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 2000 e 2008 nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	108

Artigo 2

Tabela 1 – Classes de declividade das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	139
Tabela 2 – Área das classes da avaliação da aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	143
Tabela 3 – Área das classes de cobertura vegetal e de uso da terra das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	145
Tabela 4 – Discrepância entre o uso da terra e a aptidão agrícola das terras nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	145

Artigo 3

Tabela 1 – Relação das classes de declividade e dos focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	174
Tabela 2 – Relação entre as classes de solos e os focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	174
Tabela 3 – Relação entre as Classes de cobertura vegetal e de uso da terra e os focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	179
Tabela 4 – Relação entre discrepância entre o uso e a aptidão agrícola e focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.....	182

Sumário

Agradecimentos.....	V
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Quadros.....	xii
Lista de Tabelas.....	xiii
Introdução.....	17
Referências Bibliográficas.....	26
Capítulo I – Caracterização da Área.....	31
1 – Área de Pesquisa.....	32
1.1 – Localização.....	32
1.2 – Economia.....	34
1.3 – Meio Físico.....	39
Referências Bibliográficas.....	62
Capítulo II – Fundamentos Teóricos e Metodológicos.....	66
2. – Pressupostos Teóricos e Metodológicos.....	67
Referências Bibliográficas.....	79
Capítulo III – Artigos.....	83
1 – Cobertura vegetal e mudanças de uso da terra nas bacias dos rios Claro e dos Bois, afluentes do rio Araguaia, no Estado de Goiás.....	85
Resumo.....	86
Abstract.....	87
Introdução.....	89
Área de Pesquisa.....	90
Metodologia.....	95
Resultados e Discussões.....	98
Conclusões.....	112
Referências Bibliográficas.....	113

2 – Aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás e avaliação dos conflitos de uso.....	118
Resumo.....	119
Abstract.....	120
Introdução.....	120
Área de Pesquisa.....	122
Metodologia.....	132
Resultados e Discussões.....	137
Conclusões.....	147
Referências Bibliográficas.....	148
Anexos.....	151
3 – Impactos erosivos lineares: distribuição, fatores condicionantes naturais e antrópicos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás - uma contribuição metodológica.....	154
Resumo.....	155
Abstract.....	156
Introdução.....	157
Área de Pesquisa.....	161
Metodologia.....	167
Resultados e Discussões.....	169
Conclusões.....	187
Referências Bibliográficas.....	187
Conclusões.....	192
Considerações Finais.....	194

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG

B228p Barbalho, Maria Gonçalves da Silva.
Processos erosivos lineares nas bacias dos rios Claro e dos Bois, afluentes do rio Araguaia no estado de Goiás : relações com a cobertura vegetal e o uso da Terra [manuscrito] / Maria Gonçalves da Silva Barbalho. - 2010. 194 f. :Il., figs., tabs.

Orientador^a: Prof^a. Dr^a. Selma Simões de Castro.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás,
Programa de Doutorado em Ciências Ambientais, 2010.
Bibliografia.

1. Araguaia, Rio, Bacia – Erosão – Goiás. 2. Claro, Rio – Erosão. 3. Bois, Rio dos – Erosão. 4. Araguaia, Rio, Bacia – Solo – Uso – Goiás. 5. Araguaia, Rio, Bacia – Impactos ambientais. 6. Sensoriamento remoto – Geoprocessamento. I.Título.

CDU: 504.121:551.311.21(817.3)

Introdução

O padrão de uso e ocupação das terras da região dos Cerrado nos últimos 40 anos explica, em larga medida, os impactos ambientais que ocorrem nesse bioma, sobretudo aqueles relativos às taxas de desmatamento, cujas consequências têm sido relatadas por vários pesquisadores, resultando na alteração das biotas, sobretudo na perda da biodiversidade, dos solos e dos recursos hídricos, dentre outros. Alguns processos têm lugar como de arenização, de erosão laminar e linear, de assoreamento, bem como da poluição dos solos e das águas, refletindo tipologias e estágios diversos de degradação do meio físico e biótico e criando ambientes muito diferentes dos originais (MACHADO *et al.*, 2008; SANO *et al.*, 2008; SANTANA *et al.*, 2007; FARIA, 2006; SILVA, 2006; CASTRO, 2005; XAVIER *et al.*, 2005; MARINHO e CASTRO, 2003; BARBALHO *et al.*, 2001).

Na década de 1970, o governo federal implementou uma série de programas a fim de promover o desenvolvimento econômico da região Centro-Oeste e sua integração com o sistema produtivo, como o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados - PRODECER e o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados - POLOCENTRO (Ministério da Agricultura, 1975). Nesses programas se destacam a instalação de infra-estrutura, como estradas e energia, para facilitar a produção e o seu escoamento visando à exportação nacional e internacional, os incentivos fiscais e as políticas creditícias para atrair os produtores, bem como a difusão de novas técnicas agrícolas, ditas modernas, relacionadas à forte mecanização e aplicação de insumos agrícolas e pecuários, além do melhoramento genético de espécies dirigidas ao aumento da produção e da produtividade agropecuária, particularmente a soja, milho, algodão e gado (este, sobretudo para corte) são os produtos-chave transformados em *commodities* e destinados principalmente ao mercado externo.

Essas novas técnicas de manejo permitiram a adaptação dos solos dos Cerrados ao cultivo intensivo, transformando a região num dos maiores produtores de grãos do país, sobretudo de soja e milho, destinados à exportação. Essa mudança estrutural da agricultura consolidou a agroindústria que processa e transforma as matérias primas agropecuárias e das

agroindústrias de alimentos para oferta de bens finais, no que se caracteriza como integração vertical e depois horizontal (KAGEYAMA *et al.*, 1990) no processo de modernização da agricultura associado à expansão da fronteira agrícola (MIZIARA e FERREIRA, 2008; KLINK e MACHADO, 2005).

É importante ressaltar que nos últimos anos, o crescimento da produção agropecuária no Cerrado proporcionou incrementos significativos do agronegócio brasileiro no PIB. Segundo Vergolino *et al.* (2001) que analisou os dados do PIB nos municípios brasileiros nos anos de 1970, 1975, 1980, 1985, 1990 e 1996, o PIB da região do Cerrado apresentou um crescimento contínuo. Em 1970 representava 8,95% (22,08 bilhões de dólares), chegando em 1996 a 14,06% do PIB Brasileiro (110,84 milhões de dólares). Em 2006, dez anos depois, já contribuiu com 30% do PIB, empregando aproximadamente 40% da população economicamente ativa e respondendo em grande parte pelo superávit da balança comercial do país (EMBRAPA, 2006).

Apesar dos impactos positivos na economia, essa nova fronteira agrícola, tal como vem sendo considerada pelos autores, e sua rápida expansão rumo ao norte do bioma Cerrado causou vários desequilíbrios que culminaram na degradação do meio ambiente (CUNHA, 1994; NOVAES PINTO, 1993) notadamente em comparação da rapidez dos desmatamentos muitas vezes indiscriminados (FERREIRA, *et al.*, 2008; CASTRO, 2005).

Esse tipo de ocupação rápida das terras é conhecido como fronteira agrícola que apresenta potencial para o desenvolvimento das atividades econômicas e se caracteriza como frentes de atividades que avançam e se retraem no seu interior, podendo gerar impactos expressivos nas condições originais do espaço potencial (MULLER, 1992; SAWYER DONALD, 1983). A apropriação, o uso e manejo de uma região objeto de fronteira agrícola não é linear, embora seja concentrada no tempo e no espaço. Assim, a ocupação do Cerrado durante o processo relatado, além de relacionada a uma nova fronteira agrícola, foi também do sul para o norte e o oeste, visto que os ocupantes eram procedentes geralmente do sul e sudeste do país e que o Cerrado se estendia a oeste e noroeste, sobre as chapadas (GOMES e TEIXEIRA NETO, 1993).

Vilar e Ferreira (2005), por exemplo, ainda que não tenham incluído o Cerrado do estado de São Paulo em sua análise, identificaram seis tipos de

sub-regiões no interior do Cerrado: 1. Áreas comerciais empresariais; 2. Pecuária e novas áreas comerciais empresariais; 3. Áreas de produção pecuária; 4. Redução das áreas de pecuária e de produção agrícola; 5. Novas áreas de fronteira agrícola; 6. Novas áreas de pecuária; como mostra a Figura 1 a seguir.

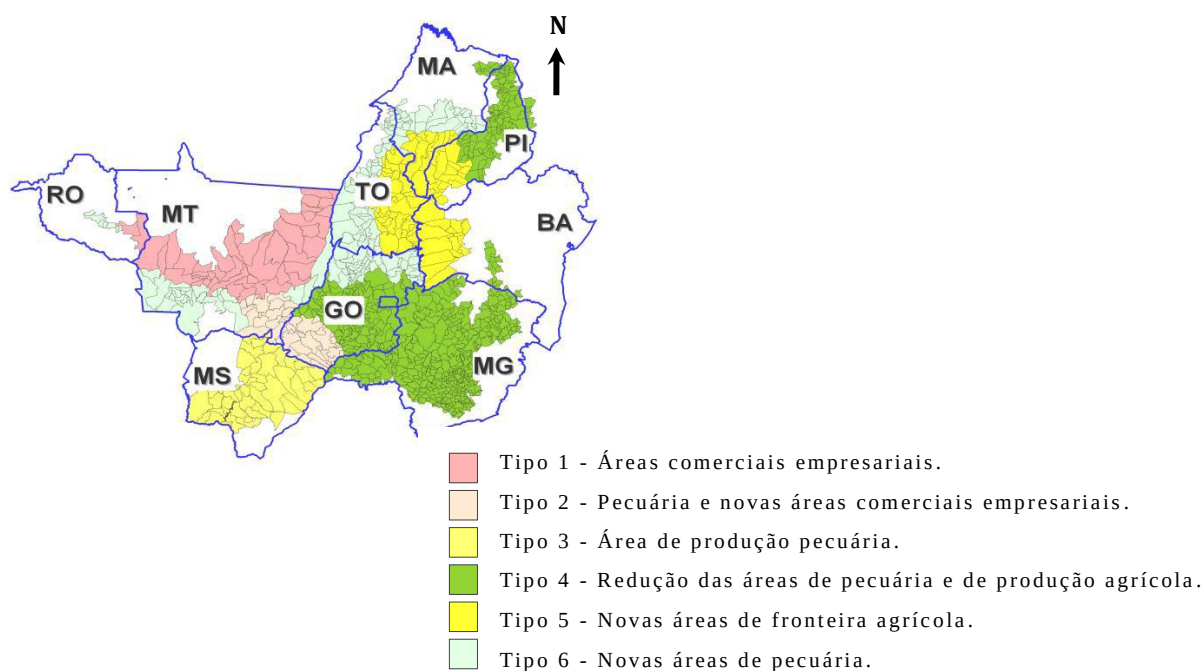


Figura 1 – Tipologia das situações regionais nos Cerrados (VILAR e FERREIRA, 2005).

Pode-se constatar que o Estado de Goiás apresenta três delas, segundo os autores, a 2, a 4 e a 6, o que pode sugerir a tendência da ocupação do sul para o norte do estado acompanhada de desenvolvimento agropecuário e agroindustrial decrescente nesse rumo. Pode-se perceber ainda que a área classificada por eles como 2 corresponde em grande parte à região do Sudoeste Goiano, sabidamente uma área de referência no referido processo de modernização da agricultura, hoje consolidada por intensa concentração do agronegócio no Estado de Goiás.

A alta e a média bacia do rio Araguaia situado nesse bioma, desempenham um importante papel na socioeconomia da região e do Estado de Goiás através da intensa atividade agropecuária, de pesca e berçário da ictiofauna, de turismo, etc. Por isso é objeto de pesquisas que estão sendo desenvolvidas no âmbito do “Programa de Análise Geoambiental Integrada da

Alta Bacia do Rio Araguaia”¹ e da “Rede de Pesquisa PAMIRA - Programa de Desenvolvimento Ambiental Integrado da Bacia do Rio Araguaia”². O objetivo geral deste Programa é a organização e complementação dos dados geoambientais da bacia do rio Araguaia, com o fim de identificar os desequilíbrios do meio físico e biótico e fornecer subsídios ao uso e manejo adequado dos solos e dos recursos hídricos, sendo os mesmos disponibilizados no sítio do LABOGEF - Laboratório de Geologia e Geografia Física³ do Instituto de Estudos Sócio Ambientais - IESA da UFG.

As primeiras pesquisas relativas a essa bacia tiveram início em 1998, através de dois programas de pesquisa sobre erosão hídrica. O primeiro de “Desenvolvimento da Alta Bacia do Rio Araguaia” com dois projetos: “Bacia do Alto Araguaia: Diagnóstico e Prognóstico dos Processos Erosivos, Análise de suas Consequências e Propostas de Controle”, financiado pela Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás - CONCITEG (CASTRO, 2005) e “Diagnóstico, Prognóstico e Controle de Processos Erosivos Lineares em Áreas Urbanas e Rurais dos Estados de Mato Grosso e Goiás”, financiado pelo CNPq (CASTRO, 2002a) e FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (CASTRO, 2002b), no contexto de um convênio entre o IESA e o Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

O segundo intitulado “Recomposição das Nascentes do Araguaia” financiado pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA, através da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Goiás - SEMARH, que contou com várias assessorias especializadas e foi finalizado no âmbito do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás produziu o Atlas Geoambiental das Nascentes dos Rios Araguaia e Araguainha (CASTRO *et al.*, 2004a) e o Plano de Controle da Erosão Linear da Área das Nascentes dos Rios Araguaia e Araguainha (CASTRO *et al.*, 2004b).

Esses estudos e outros realizados no setor sul da alta bacia do rio Araguaia, dentre os quais vários trabalhos de conclusão do curso de

¹Projeto financiado pelo CNPq - Edital Universal 2007-2009.

²Projeto financiado pela FAPEG - Chamada 01/2007.

³www.labogef.iesa.ufg.br/labogef

Bacharelado em Geografia (IESA/UFG), de Especialização em Solos (EA/UFG), Mestrado em Geografia (IESA/UFG) e Doutorado em Ciências Ambientais (CIAMB/UFG), revelaram que numa das áreas-alvo dessa modernização agropecuária há presença de mais de uma centena de focos erosivos lineares de médio a grande porte (>300 metros de extensão), os quais surgiram já nos primeiros anos dessa transformação em solos frágeis, principalmente os arenosos finos (Neossolos Quartzarênicos) desenvolvidos, sobretudo a partir dos arenitos da Formação Botucatu da Bacia Sedimentar do Paraná.

Tais solos, distribuídos em amplos interflúvios de baixa declividade e rampas longas, submetidos à pastagem com pecuária intensiva, não raro com sobrepastoreiro, sem práticas conservacionistas adequadas, sofreram a concentração do escoamento das águas pluviais, em visível desacordo com as recomendações de uso e manejo sustentável das terras, por aplicar os mesmos princípios da expansão da fronteira agrícola, como se todos os solos e relevos fossem iguais e por isso tivessem a mesma aptidão (CASTRO e QUEIROZ NETO, 2009; CASTRO, 2005; BARBALHO e CASTRO, 2002).

Os conflitos entre as aptidões agrícolas e o uso e manejo dessa região tornaram-se realidade, como evidenciado por Barbalho e Campos (2001), quando realizaram um esboço da caracterização geoambiental com base na capacidade de uso da terra aplicando a metodologia proposta por Lepsch *et al.*, (1991) e na aptidão agrícola das terras aplicando a metodologia proposta por Ramalho Filho e Beek (1995). Os resultados revelaram que em face da grande discrepância entre eles, há necessidade urgente de um reordenamento de uso e principalmente do manejo das terras, incluindo a recomposição da cobertura vegetal e, conseqüentemente, retomando o reequilíbrio geoambiental para a área.

Mais recentemente, outros trabalhos sobre a mesma área mostraram elevados riscos à instalação de processos erosivos lineares e laminares (OLIVEIRA e CASTRO, 2006; XAVIER, *et al.*, 2005), cujos mecanismos de aparecimento, desenvolvimento e propagação estão relacionados com as chuvas concentradas, sobretudo nas áreas situadas sob os epicentros das chuvas, onde a concentração dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais é potencializada. Principalmente nas baixas vertentes onde há aumento de

energia, encontram-se total ou parcialmente desmatadas, onde o gradiente hidráulico é elevado na estação chuvosa e o lençol freático é raso ou aflorante (SANTANA, 2007; SANTANA *et al.*, 2007; MARINHO *et al.*, 2006; CASTRO, 2005; MARINHO e CASTRO, 2003).

Somam-se a esses trabalhos os relativos às suscetibilidades e risco a erosão laminar (OLIVEIRA e CASTRO, 2005), linear (XAVIER, *et al.*, 2005), à arenização (SILVA, *et al.*, 2006) e de potencial de produção de sedimentos (BORGES *et al.*, 2009), além de erosão e sedimentação relacionada ao próprio canal e da planície do rio Araguaia (BAYER, 2010; MORAIS, 2006). Em síntese, tais trabalhos revelaram a considerável vulnerabilidade em que essa área se encontra. E acrescente-se que essa área se encontra justamente na área do sudoeste goiano, supracitada, onde a modernização agropecuária foi e ainda é notável.

Trabalhos recentes realizados por Faria e Castro (2007) corroboram o fato de que na alta bacia do rio Araguaia, do lado goiano, onde se localizam as sub-bacias do rio das Garças, do rio Claro e do rio dos Bois, estas duas objeto do presente trabalho, há uma degradação intensa das fitofisionomias do Cerrado, estando os remanescentes das Formações Savânicas e Florestais na forma de fragmentos dispersos em meio à larga ocupação por pastagem e agricultura, usos dominantes (FARIA e CASTRO, 2007; FARIA, 2006). Outro estudo também recente, elaborado em escala regional abrangente (1: 250.000), revelou mais de 300 focos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) de médio a grande porte nessas áreas, concentradas nas zonas rebaixadas do entorno das chapadas (SANTANA *et al.*, 2007).

Para o setor sul da referida bacia, onde se localiza a nascente do rio Araguaia, próxima a uma das duas grandes unidades de conservação situadas em Goiás, no caso o Parque Nacional das Emas, os estudos também revelaram uma notável taxa de conversão das fitofisionomias originais em favor da pastagem e agricultura, cujos fragmentos remanescentes de vegetação se encontram sob forte ameaça, mas ainda são passíveis de recuperação, devido seu grau de conservação e a sua proximidade (CABACINHA e CASTRO, 2009), como anteriormente sugerido por Castro *et al.* (2004b), no Plano de Controle de Erosão elaborado para a área, que propôs a de implantação de vários mini-corredores ecológicos visando interconectar os remanescentes

entre si e com o grande corredor Emas-Pantanal, de modo a promover a recomposição ambiental dessa área, trabalho inédito no estado até então.

A fragmentação da cobertura original no Cerrado, de modo geral, indica que as paisagens têm sido convertidas para usos agropecuários e os limites de cobertura geralmente não correspondem aos formatos e dimensões necessárias à preservação e manutenção da biodiversidade (CARVALHO *et al.*, 2009; MILLER, 1997). A alta bacia do rio Araguaia, em especial as áreas onde mais se concentram os focos erosivos do lado goiano, mostra que geralmente eles surgiram após desequilíbrios hidropedológicos e hidrogeológicos superficiais e subsuperficiais induzidos pelo desmatamento intensivo, sendo que os maiores, de grande e médio porte, se localizam em canais de 1ª e 2ª ordem, isto é, em nascentes dos tributários do rio Araguaia. Esta se situa no intercruzamento de lineamentos litoestruturais dominantes (NE-SW), estando os focos, portanto, em pontos hidrogeologicamente sensíveis (DE CAMPOS *et al.*, 2000; MARTINS, 2000).

Mais grave do lado mato-grossense é o desenvolvimento de grandes focos conectados diretamente ao rio Araguaia ou aos cursos de seus tributários, exceto em suas nascentes. No lado goiano, embora o número de focos erosivos seja maior, dominam os de porte menor e apresentam relação com as formas côncavas do relevo os quais configuram grandes embaciados situados nos topos dos interflúvios, abrigando as nascentes que embora extensos, são de envergadura inferior àquela do lado mato-grossense (CASTRO, 2005; CASTRO *et al.*, 2004a; BARBALHO e CASTRO, 2002).

Tais embaciados correspondem a zonas suscetíveis à convergência de fluxos hídricos, os quais uma vez desmatados induzem fenômenos erosivos, tanto lineares como laminares, dado que são pontos de risco de exfiltração sazonal do nível freático, devido ser raso, sobretudo se não houver práticas conservacionistas e os fluxos superficiais do escoamento das águas pluviais se juntarem ao fluxo freático raso ou aflorante na primavera-verão, estação chuvosa (MARINHO *et al.*, 2006).

Algumas das sub-bacias da alta bacia do rio Araguaia apresentam-se mais impactadas do que outras. Faria (2006) subdividiu a área em cinco sub-bacias, sendo que a do rio Claro juntamente com a do rio dos Bois é a mais afetada pelo processo recente de ocupação atrelado à já referida fronteira

agrícola do Cerrado, apresentando, segundo a autora, a maior taxa de desmatamento e de fragmentação da alta bacia do rio Araguaia.

Trata-se, no entanto, de área pouco estudada em escala de detalhe, ainda que recentemente o Ministério do Meio Ambiente tenha concluído um grande estudo de avaliação integrada de toda a bacia do Tocantins-Araguaia, visando a sua revitalização, no qual, embora tenha sido feito em escala bastante abrangente (1:2.000.000), é possível identificar essas áreas mais sensíveis, onde se destaca todo o setor rebaixado contornado o divisor sul da bacia do rio Araguaia (MMA, 2006), justamente onde se encontra a maior parte das nascentes do rio Araguaia e dos tributários do seu alto curso assim como os focos erosivos, como havia mapeado Santana *et al.* (2007) e de arenização, como mapeado por Silva (2006) e Silva e Castro (2006).

A presente tese partiu da hipótese inicial de que os condicionantes geoambientais das bacias dos rios Claro e dos Bois, conjugadas, já que esta é pequena e adjacente àquela, favoreceram aos processos degradação ambiental, sobretudo erosivos, e que o uso e principalmente o manejo das terras desencadearam impactos ambientais, após o desmatamento intensivo, levando a diferentes riscos, principalmente a fenômenos erosivos hídricos e, subseqüentemente, de assoreamento.

Diante do exposto, a presente tese objetiva realizar uma avaliação do comportamento geoambiental das sub-bacias dos rios Claro e dos Bois, enfatizando os condicionantes do meio físico e biótico (substrato geológico, relevo, solos, vegetação e clima) e os processos relacionados aos impactos ambientais presentes no contexto da alta bacia do rio Araguaia, a qual por apresentar ainda possibilidade de recuperação da cobertura vegetal primária através do aumento da conectividade dos fragmentos importantes de modo a contribuir com subsídios para sua revitalização, num contexto de uso múltiplo sustentável de seus recursos. Como suporte à análise, procedeu-se à avaliação dos graus de conflito entre a aptidão agrícola das terras e o uso atual, de modo a investigar as relações entre a distribuição dos impactos, sobretudo erosivos e dos usos.

A abordagem metodológica geral adotada na pesquisa fundamentou-se em análise multiescalar, tanto espacial como temporal (VELDKAMP *et al.*, 2001), esta correspondendo ao monitoramento, e multitemática integrada, em

escala de semi-detálhe, ou seja maior do que 1:100.000. Fundamentou-se, ainda, na compreensão das relações espaciais entre os solos, relevo e o substrato geológico, uma vez que sua integração revela diferentes fisionomias, comportamentos e funcionamentos, produzindo assim unidades geoambientais por aproximações sucessivas (CASTRO e SALOMÃO, 2000), tendo como método a sobreposição e a correlação espacial temática. Para tanto, ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, através de um sistema de informações geográficas (SIG), sobre imagens de satélite de média e alta resolução espacial, foram essenciais para a obtenção dos produtos cartográficos, os quais foram validados em campo. Tal abordagem permitiu ainda uma avaliação ecodinâmica (TRICART, 1977) relativa às zonas internas da bacia para reconhecer e delimitar os diferentes graus de instabilidade em termos geoambientais e, de imediato, os efeitos do uso das terras.

A tese foi estruturada em cinco partes, a primeira sendo essa introdução onde a problemática da pesquisa e da área são apresentadas e a hipótese, o objetivo e a abordagem geral são explicitadas. Na segunda parte é apresentada a caracterização do meio físico das sub-bacias dos rios Claro e dos Bois, área alvo da pesquisa, no contexto da alta bacia do rio Araguaia. Na terceira parte apresentam-se os fundamentos teórico-metodológicos gerais da pesquisa, destacando os impactos ambientais, em particular os processos erosivos lineares e seus fatores de instalação e evolução, sua tipologia, metodologias de estudos e formas de controle, uma vez que se configuram como o principal impacto desencadeado, sobretudo pela pecuária, que é a atividade econômica predominante na região. Na quarta parte estão reunidos os resultados na forma de artigos, como resumidamente são apresentados a seguir.

O primeiro artigo, inspirado na hipótese inicial, trata das transformações do uso da terra na área de pesquisa, enfatizando o aumento da área de pastagem no período compreendido entre 1975 e 2008 e uma agricultura pouco expressiva, ambas explicadas através da análise da ocupação das terras no contexto da expansão da fronteira agrícola da década de 70, no século passado. As principais ferramentas desse artigo foram o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, com base em uma série histórica da evolução de uso e ocupação das terras, ou seja, multitemporal.

O segundo artigo apresenta uma análise do potencial de uso a partir da aptidão agrícola das terras, o qual visou testar a hipótese levantada no artigo anterior sobre a real adequação da atividade pecuária aos atributos geoambientais da área de estudo. A principal ferramenta utilizada nesse artigo foi o geoprocessamento, no caso aplicado à avaliação da aptidão agrícola das terras.

O terceiro artigo apresenta uma análise das características morfopedológicas para identificação das áreas suscetíveis ao desenvolvimento de processos erosivos na área, bem como sobre impactos erosivos lineares desencadeados pela pecuária, em função da presença de 395 focos erosivos lineares de médio a grande porte, identificadas em escala de detalhe, com auxílio de imagens de alta resolução espacial.

Finalmente, na última parte são apresentadas as conclusões da pesquisa, ou da tese propriamente dita e aqui defendida, a partir da hipótese inicial posta.

Referências Bibliográficas

BARBALHO, M. G. S., CASTRO, S. S. Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle dos processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT/MS). IV Simpósio Nacional de Geomorfologia. Anais... São Luís, nov., 2002.

BARBALHO, M. G. S.; CAMPOS, A. B. Relações entre o relevo e as ocorrências erosivas na zona da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT). VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, ABGE, Anais... Goiânia, 2001.

BARBALHO, M. G. S.; MEDEIROS, C. M.; XAVIER, L., CASTRO, S. S. Caracterização Geo-Ambiental: uso e ocupação das terras - região do alto curso do rio Araguaia-GO/MT. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais... Recife, nov., 2001.

BAYER, M. Características do fluxo de sedimento em suspensão no alto e médio Araguaia. Goiânia (Capítulo da Tese de Doutorado, Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás), 2010.

BORGES, R. O.; SILVA, R. A. A. ; CASTRO, S. S.; CAMPAGNOLI, F. Mapeamento da evolução de produção de sedimentos no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT). In: 8º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, ABGE, São Paulo, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos - Relatório Final - Caderno regional da região hidrográfica do Tocantins/Araguaia. Brasília - DF, mai., 2006.

CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S. Relationships between floristic diversity and vegetation indices, forest structure and landscape metrics of fragments in Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, v. 257, p. 2157-2165, 2009.

CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO JÚNIOR, P.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological Conservation*, v. 142, p. 1392-1403, 2009.

CASTRO, S. S. Diagnóstico e prognóstico para controle de erosões rurais e urbanas nos Estados de Mato Grosso e Goiás. Relatório Final. FAPESP, Campinas, (2002b).

CASTRO, S. S. Diagnóstico, prognóstico e controle de erosões rurais e urbanas nos Estados de Mato Grosso e Goiás. Relatório Final. CNPq/PCOPG, (2002a).

CASTRO, S. S. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: Distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, 2005.

CASTRO, S. S.; QUEIROZ NETO, J. P. Soil erosion in Brazil, from coffee to the present-day soy bean production. In: J. F. SHRODER (editor chefe); LATRUBESSE, E. (org.). *Elsevier Book of South America*. Holanda: Elsevier, 2009, v. 32, p.195-221.

CASTRO, S. S.; XAVIER, L. S.; BARBALHO, M. G. S. Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares. Goiânia: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás, 2004a.

CASTRO, S. S.; XAVIER, L. S.; MACEDO, M. Plano de controle de erosão linear nas nascentes dos rios Araguaia e Araguainha, 2004b.

CUNHA, A. S. Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos Cerrados. IPEA, Brasília, 1994.

DE-CAMPOS, A. B.; CASTRO, S. M.; CASSETI, V.; SANTOS, R. R.; MARTINS, M. S.; SILVA, A. A. Geological and Topographic Indicators of the Gully Erosion at the Upper Araguaia River Basin, Brazil. In: *International Symposium on Gully Erosion under Global Change*, 2000, Leuven. *Book of Abstracts*, 2000. p. 1-149.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FARIA, K. M. S. Caracterização dos remanescentes de Cerrado e suas relações com o uso e ocupação das terras na alta bacia do rio Araguaia. Goiânia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2006.

FARIA, K. M. S. de; CASTRO, S. S. Uso da terra e sua relação com os remanescentes do Cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT e MS). Associação de Geografia Teorética. Rio Claro. 2007.

FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C. Cobertura vegetal remanescente em Goiás: distribuição, viabilidade ecológica e monitoramento. In: FERREIRA, L. G. (Org.). A encruzilhada socioambiental - biodiversidade, economia e sustentabilidade no Cerrado. Goiânia, Editora UFG, p. 169-186, 2008.

GOMES, H; TEIXEIRA NETO, A. Geografia de Goiás/Tocantins. Centro Editorial e Gráfico. Goiânia, UFG, 1993.

KAGEYAMA, A.; BUAINAIN, A. M.; REYDON, B. P.; GRAZIANO DA SILVA, J.; SILVEIRA, J. M. J.; FONSECA, M. G. D.; RAMOS, P.; FONSECA, R. B.; BELIK, W. O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: DELGADO, G.; GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M. Agricultura e políticas públicas. Brasília: IPEA, 1990, p.113-223.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. Conservation Biology, v. 19 (3): 707-713, 2005.

LEPSCH, I. Manual para o levantamento do meio físico de classificação das terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: Soc. Bras. de Ciência do Solo. 1991.

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 de área do Cerrado brasileiro. Relatório Técnico. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2008.

MARINHO, G. V.; CASTRO S. S. Caracterização físico-hídrica e de suscetibilidade a voçorocamento dos solos da sub-bacia do córrego Queixada na alta bacia do rio Araguaia. In: X SBGFA, 2003, Rio de Janeiro.

MARINHO, G. V.; CASTRO, S. S.; CAMPOS, A. B. de. Hydrology and gully processes in the upper Araguaia river basin, central Brazil. Zeitschrift fur Geomorphologie. Supplementband, 2006.

MARTINS, M. S. Substrato geológico e suas relações com os processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2000.

MILLER, K. R. Em Busca de um novo equilíbrio: diretrizes para aumentar as oportunidades de conservação da biodiversidade por meio de manejo biorregional. Brasília: IBAMA, 1997.

Ministério da Agricultura. II PND. Setor de Agricultura. 1975/1979, MA/SUPLAN, 1975.

Ministério do meio ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos - Relatório Final - Caderno regional da região hidrográfica do Tocantins/Araguaia. Brasília - DF, mai., 2006.

MIZIARA, F.; FERREIRA, N. C. Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação e uso do espaço no Estado de Goiás: subsídios à política ambiental. In: FERREIRA, L. G. (org.). A encruzilhada socioambiental - biodiversidade, economia e sustentabilidade no Cerrado. Goiânia, Editora UFG, p. 107-126, 2008.

MORAIS, R. P. A planície aluvial do Médio Araguaia: processos geomorfológicos e suas implicações ambientais. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

MULLER, C. C., 1992 Dinâmica, condicionantes e impactos ambientais da evolução da fronteira agrícola no Brasil, Revista de Administração Pública, jul.; set., 26 (3): 64-87.

NOVAES PINTO, M. Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas. 2ª ed. Brasília: Ed. UnB, 1993.

OLIVEIRA, V. C. V.; CASTRO, S. S. Compartimentação morfoopedológica, sistemas pedológicos e erosão laminar: algumas considerações sobre o setor sul da alta bacia do rio Araguaia-GO/MT. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology. Anais... Goiânia - Goiás, 2006.

PRODECER. Programa Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento do Cerrado. Disponível em: <<http://www.prodecercer.com.br/oprodecercer.html>> Acesso em: 10/08/2008.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília: Embrapa - SPI, 1995.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do bioma Cerrado. Pesq. Agropec. Bras. Jan 2008, vol.43, nº1, p.153-156.

SANTANA, M. P. Chuva, erodibilidade, uso das terras e erosão hídrica linear na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2007.

SANTANA, M. P.; CASTRO, S. S.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, 19(2): p. 103-121. dez., 2007.

SAWYER DONALD, 1983. Ocupación y desocupación de la frontera agrícola en el Brasil; un ensayo de interpretación estructural y espacial. In: CEPAL/PNUMA (org.), *Expansión de la frontera agrícola y medio ambiente en América Latina*. Madrid, Naciones Unidas/CIFCA.

SILVA, R. A. A. Arenização/Desertificação no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT): Distribuição e fatores condicionantes de formação dos areais. Goiânia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2006.

SILVA, R. A. A.; CASTRO, S. S. Relação entre Relevo e Arenização no Setor Sul da Alta Bacia do Rio Araguaia (GO-MT-MS). In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology. *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology*. Goiânia: CEGRAF, vol. 1, 2006.

TRICART, J. In: *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1977.

VELDKAMP, A.; KOK, K.; KONING, G. H. J.; SCHOORL, J. M.; SONNEVELD, M. P. W.; VERBURG, P. H. (2001). Multi-scale approaches in agronomic research at landscape level. *Soil and Tillage Res.*, 58: 129-140.

VERGOLINO, J. R. de O.; GOMES, G. M.; MONTEIRO NETO, A. Produtos Internos Brutos dos Municípios Brasileiros: 1970, 1975, 1980, 1985, 1990 e 1996. Brasília: IPEA, 2001. 26p.

VILLAR, P. M. d.; FERREIRA, C. M. As dinâmicas de ocupação do espaço e a exploração dos recursos e imposições agronômicas e ambientais nas áreas sensíveis dos Cerrados brasileiros, nos planos ecológico e econômico. Projeto Cirad. Embrapa, 2005.

XAVIER, L. S.; CASTRO, S. S.; BARBALHO, M. G. S. Linear erosion in the region of the source area of Araguaia River. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, 2005.

C
A
P
Í
T
U
L
O

I

C
A
R
A
C
T
E
R
I
Z
A
Ç
Ã
O

D
A

Á
R
E
A

1 – Área de Pesquisa

1.1 – Localização

As bacias dos rios Claro e dos Bois são conjugadas devido à conexão da primeira a esta e possuem juntas uma área de aproximadamente 12.100 km². Localizam-se entre as coordenadas geográficas de 17°01'23" e 15°22'07" de latitude sul e entre 51°58'18" a 49°54'34" de longitude oeste. Abrange integralmente os Municípios de Aurilândia, Cachoeira de Goiás, Córrego do Ouro, Israelândia e Moiporá, e parte de 15 Municípios: Amarinópolis, Buriti de Goiás, Diorama, Fazenda Nova, Firminópolis, Iporá, Ivolândia, Jaupaci, Jussara, Montes Claros, Mossâmedes, Paraúna, Sanclerlândia, São João da Paraúna e São Luiz dos Montes Belos (Figura 1).

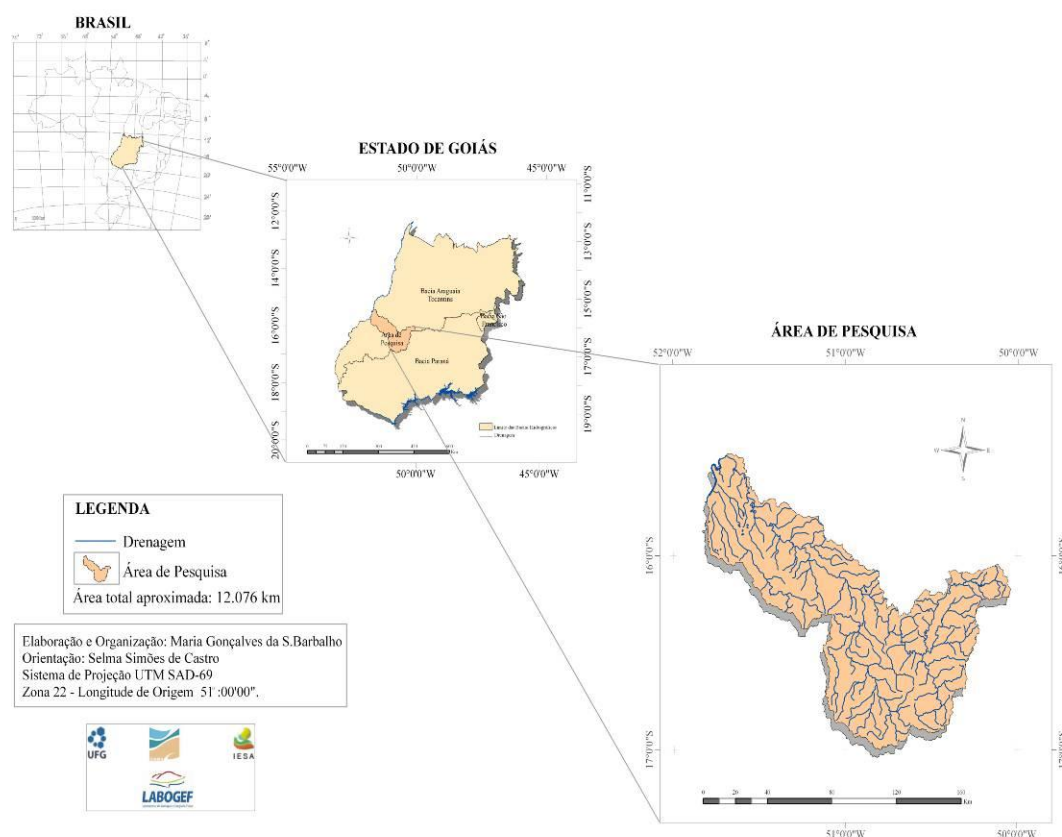


Figura 1 – Localização das bacias dos rios Claro e dos Bois no Estado de Goiás.

A Tabela 1 apresenta a área dos municípios que compõem as sub-bacias focadas nesta tese. O Município de Montes Claros de Goiás possui a maior

área dentro da bacia, com 2.248 km² equivalendo a pouco mais de 20% da área total.

Tabela 1 – Área dos municípios das bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.

<i>Municípios</i>	<i>Área total</i>	<i>Área dos municípios que compõem a área de pesquisa</i>	
		<i>(km²)</i>	<i>(%)</i>
Amorinópolis	409	229,06	56,00
Aurilândia	565	565	100,00
Buriti de Goiás	199	86,69	43,56
Cachoeira de Goiás	416	416,00	100,00
Córrego do Ouro	462	462,00	100,00
Diorama	687	506,31	73,70
Fazenda Nova	1.281	851,54	66,47
Firminópolis	406	162,69	40,07
Iporá	1.026	415,97	40,54
Israelândia	577	577,00	100,00
Ivolândia	1.263	707,20	55,99
Jaupaci	527	527,00	100,00
Jussara	4.092	921,38	22,52
Moiporá	461	461,00	100,00
Montes Claros	2.899	2.448,53	84,46
Mossâmedes	684	447,82	65,47
Paraúna	3.781	926,56	24,51
Sanclerlândia	497	469,80	94,53
São João da Paraúna	305	109,90	36,03
São Luiz dos Montes Belos	826	784,78	95,01
Total	21.363	12.076,99	56,53

Fonte: IBGE - Cidades, 2008.

Verifica-se que a ocupação humana (Tabela 2) nas bacias dos rios Claro e dos Bois é maior nas áreas urbanas representando pouco mais de 77%, enquanto que a população rural responde por quase 23% do total de habitantes, e a densidade populacional é de 16,3 habitantes por quilômetro quadrado.

Tabela 2 – População rural e urbana dos municípios das bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.

<i>Municípios</i>	<i>Número de habitantes (Ano 2000)</i>			
	<i>Rural</i>	<i>Urbana</i>	<i>Total</i>	<i>(%)</i>
Amorinópolis	1.076	2.439	4.145	2,54
Aurilândia	1.156	3079	4.235	2,60
Buriti de Goiás	961	1.698	2.659	1,63
Cachoeira de Goiás	271	6.081	3.383	2,08
Córrego do Ouro	1.364	1.609	6.352	3,90
Diorama	1.056	1.442	2.973	1,82
Fazenda Nova	2.470	4.623	7.093	4,35
Firminópolis	2.270	7.639	9.909	6,08
Iporá	3.108	28.192	31.300	19,21
Israelândia	707	2.297	3.004	1,84
Ivolândia	1.457	1.535	2.992	1,84
Jaupaci	641	2.513	3.154	1,94
Jussara	4.408	15.626	20.034	12,30
Moiporá	730	1.293	2.023	1,24
Montes Claros	3.232	4.759	7.991	4,90
Mossamedes	2.203	3.595	5.798	3,56
Paraúna	3.148	7.686	10.530	6,46
Sanclerlândia	1.765	5.765	7.530	4,62
São João da Paraúna	667	1.357	2.024	1,24
São Luiz dos Montes Belos	4.112	22.271	26.383	16,19
Total	37.342	125.499	162.931	100,00
Densidade populacional - 16,3 habitantes				

Fonte: IBGE - Cidades, 2008.

Segundo a Tabela 2 os municípios que apresentam o maior número de habitantes (acima de 10.000 habitantes) são: Iporá (19,21%), São Luiz dos Montes Belos (16,19%), Jussara (12,30%) e Paraúna (6,46%).

1.2 – Economia

A base econômica destes municípios é a agropecuária, principalmente a criação extensiva de gado de corte, seguindo-se atividades extrativistas, principalmente dos seguintes minerais: amianto, calcário, ouro, nióbio, níquel, vermiculita, areia, entre outros, bem como indústrias de abate e processamento de aves e de suínos. Na Tabela 3 estão os dados sobre o número de estabelecimentos agropecuários, industriais, do comércio, de extração mineral, de prestação de serviços e outras atividades que são desenvolvidas nos municípios das bacias dos rios Claro e dos Bois, em Goiás.

Tabela 3 – Cadastro dos estabelecimentos agropecuários, industriais, de extração mineral, do comércio, de prestação de serviços e outras atividades desenvolvidas nos municípios das bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.

<i>Municípios</i>	<i>Produtor Rural</i>	<i>Indústria</i>	<i>Comércio</i>		<i>Extração Mineral</i>	<i>Prestação de Serviços*</i>	<i>Outras Atividades</i>
			<i>Varejo</i>	<i>Atacado</i>			
Amorinópolis	448	8	22	-	-	3	-
Aurilândia	475	6	29	1	3	1	-
Buriti de Goiás	308	16	37	-	2	1	-
Cachoeira de Goiás	207	2	9	-	2	-	-
Córrego do Ouro	471	16	26	-	-	-	3
Diorama	479	4	22	1	-	-	-
Fazenda Nova	1.055	11	83	-	4	2	1
Firminópolis	716	28	96	3	-	2	5
Iporá	1.275	61	433	20	1	16	9
Israelândia	329	4	20	1	4	1	-
Ivolândia	718	4	21	1	3	1	-
Jaupaci	262	3	22	-	5	-	-
Jussara	1431	49	288	5	-	11	8
Moiporá	297	2	16	-	1	-	-
Montes Claros	1.325	10	123	1	1	2	5
Mossâmedes	866	9	46	-	-	3	3
Paraúna	1.665	17	96	5	-	8	3
Sanclerlândia	630	43	105	6	2	6	6
São João da Paraúna	255	1	20	-	2	-	-
São Luiz dos Montes Belos	1.319	64	358	19	1	19	17
Total	14.531	358	1.872	63	31	76	60

*Serviços sujeitos ao ICMS.

Fonte: SEFAZ, 2010.

Ainda segundo a Tabela 3 os municípios que possuem o maior número de estabelecimentos industriais e comerciais são: São Luiz dos Montes Belos (com 64 estabelecimentos industriais e 377 comerciais), Iporá (com 61 estabelecimentos industriais e 453 comerciais) e Jussara (com 49 e 293).

Os censos agropecuários de 1970 a 2007 (Tabela 4) permitem delinear a evolução da agropecuária na área de pesquisa nesses períodos. Verifica-se na Tabela 4, o aumento no número de cabeças do rebanho bovino de 654.341 na década de 1970 para 1.910.170 cabeças em 2007, o que significou um aumento na ordem de 200% no período, com uma taxa média anual de 5,4%.

Tabela 4 – Rebanho bovino nos municípios que compõem as bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás, no período de 1970 a 2007.

<i>Rebanho Bovino (cabeças/ano)</i>								
<i>1970⁽¹⁾</i>	<i>1980⁽²⁾</i>	<i>1992⁽³⁾</i>	<i>2000⁽⁴⁾</i>	<i>2003⁽⁴⁾</i>	<i>2004⁽⁴⁾</i>	<i>2005⁽⁴⁾</i>	<i>2006⁽⁴⁾</i>	<i>2007⁽⁴⁾</i>
654.341	1.128.587	1.602.017	1.585.695	1.788.620	1.895.460	2.031.590	1.933.530	1.910.170

Fontes: ⁽¹⁾IBGE - Recenseamento Geral, 1970; ⁽²⁾IBGE - Censo Agropecuário, 1980; ⁽³⁾IBGE - Produção Agrícola Municipal, 1992; ⁽⁴⁾IPEADATA, 2009.

Ainda com base na Tabela 4 observa-se um crescimento constante do rebanho bovino nas bacias, embora no período de 1992 a 2000 tenha se mantido o mesmo, o que pode estar relacionado ao declínio dos preços da bovinocultura. Cabe também ressaltar que a partir de 1992 foi reduzida a disponibilidade de crédito rural, fase essa foi identificada como a de desmonte da política creditícia, principalmente atrelada à política de preços mínimos para agricultura, que constituiu os pilares da política agrícola do país nas duas últimas décadas (MULLER e MARTHA JR., 2008; CARRER *et al.*, 2007). A partir de 2000 o rebanho bovino retomou o crescimento e em 2005 chega a pouco mais de dois milhões de cabeças, o que corresponde a cerca de 10% do efetivo bovino do estado. Verifica-se ainda que entre 2005 e 2007 ocorre uma pequena redução do rebanho, que pode ser um indicativo de deslocamento do rebanho para outras regiões e, ou um abate de animais maior do que a reposição no período, de acordo com a Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás - SEPLAN.

A Tabela 5 oferece informações sobre a substituição da pastagem natural e o crescimento progressivo das pastagens plantadas nos municípios na região das bacias dos rios Claro e dos Bois, que atingiu o seu pico na década de 1990. Também permite aprofundar um pouco a análise da expansão da fronteira agrícola do Cerrado, cujo primeiro momento está associado à frente pioneira onde as áreas com pastagens nativas são ocupadas de forma extensiva, sem investimentos significativos (1970 a 1975). A substituição de pastagens naturais por pastagens plantadas de forma mais significativa inclusive suplantando-a nessa área é observada na década de 1980, a partir de quando cresce exponencialmente, acompanhada de modo cada vez menos

significativo pelas pastagens naturais, que significam pouco mais de 10% das plantadas (Tabela 5).

Tabela 5 – Utilização das terras - pastagem natural e plantada dos municípios que compõem as bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.

<i>Ano</i>	<i>Área (ha)</i>					
	<i>1970</i>	<i>1975</i>	<i>1980</i>	<i>1985</i>	<i>1995</i>	<i>2006</i>
Pastagem natural	1.058.770,50	1.094.433,35	592.338,44	402.803,22	205.630,05	130.031,00
Plantada	304.777,10	668.791,18	889.870,56	1.179.447,12	1.322.544,34	1.172.882,00

Fonte: IPEADATA, 2009.

Ainda analisando os dados da Tabela 5 observa-se que entre 1995 e 2006 ocorreu uma redução na área ocupada por pastagem plantada, cuja causa pode estar na substituição da pecuária pela agricultura. No entanto, a área de pastagem plantada aumentou a uma taxa média anual de 7,91% passando de 304.777,10 para 1.172.882,00 hectares no período analisado da ordem de quase quatro vezes.

Na Tabela 6 pode se verificar que a substituição das pastagens naturais por pastagens plantadas nas bacias dos rios Claro e dos Bois proporcionou aumentos consideráveis na taxa de lotação das pastagens que em 1970 era de 0,48 passando em 2006 para 1,48 cabeças por hectare ano.

Tabela 6 – Área de pastagem e número de cabeças de gado/hectare/ano - taxa de lotação, nas bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.

<i>Pastagem</i>	<i>Ano</i>		
	<i>1970⁽¹⁾</i>	<i>1980⁽²⁾</i>	<i>2006⁽³⁾</i>
Natural	1.058.770,50	592.338,44	130.031,00
Plantada	304.777,10	889.870,56	1.172.882,00
Total	1.363.547,60	1.482.209,00	1.302.913,00
Rebanho bovino (cabeças/ano) - total	654.341 ⁽³⁾	1.128.587 ⁽³⁾	1.933.530 ⁽³⁾
Taxa de lotação (%)	0,48	0,76	1,48

Fontes: ⁽¹⁾IBGE - Recenseamento Geral, 1970; ⁽²⁾IBGE - Censo Agropecuário, 1980; ⁽³⁾IPEADATA, 2009.

A capacidade de suporte das pastagens implantadas nos Cerrados não ultrapassa 0,8 unidades animal/ano (BARCELLOS, 1996), isto porque apresentam algum nível de degradação que pode estar relacionada principalmente ao emprego inadequado de altas taxas de ocupação (ZIMMER e CORREA, 1993) e da ausência de adubação de manutenção (MUELLER e

MARTHA JR, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 1997; MACEDO e ZIMMER, 1993, SANZONOWICZ, 1986; WERNER, 1984).

Almeida *et al.* (2002) avaliaram o efeito de três taxas de lotação (0,8; 1,2; e 1,6 UA/ha), em pastagens de *Brachiaria decumbens* x *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e de *B. brizantha* cv. Marandu x *S. guianensis* cv. Mineirão, no Cerrado, sobre a produção por animal e por área, visando sugerir o manejo mais adequado. Adotaram o delineamento experimental em blocos casualizados e os resultados indicaram que a taxa de lotação mais adequada estaria entre 1,25 e 1,30 unidade animal/ha.

Como base nos dados desses mesmos autores, verifica-se que a taxa de ocupação das pastagens nas bacias dos rios Claro e dos Bois está um pouco acima do valor considerado por eles como uma taxa de lotação adequada, o que pode ser um indicativo da degradação das pastagens na área.

No entanto, Cerri *et al.* (2010) afirmam que a pastagem bem manejada pode ter uma taxa de ocupação de 2 a 4 cabeças/hectare/ano e que estas pastagens podem promover além da ciclagem de nutrientes, a captação de carbono da atmosfera, bem como a redução dos processos erosivos e do assoreamento dos canais de drenagem, lagos fundos de vales, entre outros.

Os dados de lavouras temporárias, que incluem os cultivos dinâmicos como o milho, a soja, o algodão e agora também a cana-de-açúcar, nas décadas analisadas, permitem constatar que ocorreu e ainda ocorre uma agricultura pouco representativa, com uma taxa média de crescimento anual de 1,73% passando de 79.577 hectares em 1970 para 130.519 hectares em 2007, portanto não atingindo o dobro daquele ano, mas representando um aumento de 64,02% nesse período (Tabela 7).

Tabela 7 – Área com lavouras temporárias nos municípios das bacias dos rios Claro e dos Bois em Goiás.

<i>Lavouras Temporárias</i>					
<i>Ano</i>	<i>1970⁽¹⁾</i>	<i>1980⁽²⁾</i>	<i>1992⁽³⁾</i>	<i>2000⁽³⁾</i>	<i>2007⁽³⁾</i>
Área (ha)	79.577	123.618	73.621	47.444	130.519

Fontes: ⁽¹⁾IBGE - Recenseamento Geral, 1970; ⁽²⁾IBGE - Censo Agropecuário, 1980; ⁽³⁾IBGE - Produção Agrícola Municipal, 1992, 2000 e 2007.

Vale ressaltar que esses dados apenas sinalizam a evolução da agropecuária nas bacias estudadas e nas décadas focalizadas, uma vez que os dados do censo cobrem a área total dos municípios.

1.3 – Meio Físico

O clima dominante na bacia segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical quente sub-úmido (Aw), que se caracteriza por apresentar duas estações bem definidas e contrastadas, uma seca que corresponde ao período outono-inverno e a outra úmida de primavera-verão, e temperaturas médias anuais de 23°C, que permite atribuir uma forte sazonalidade à área, (CIANCIARUSO *et al.*, 2005; DE-CAMPOS *et al.*, 2002; SARMIENTO, 1983). São comuns veranicos frequentemente em janeiro, além da seca prolongada o que demanda irrigação das culturas e problemas com a dessedentação animal, demandando fontes hídricas.

A bacia encontra-se no domínio do bioma Cerrado onde, a partir da interpretação das imagens de satélite Landsat MSS do ano de 1975, na escala adotada neste estudo (1:100.000), foram identificadas, dentre as fitofisionomias das Formações Savânicas, o Cerrado sentido restrito; das Formações Florestais, as Matas Ciliares/Galeria e das Formações Campestres, os Campos Úmidos, de acordo com a nomenclatura de Ribeiro e Walter (1998), e estas ocupavam juntas 97,23 % da área de estudo (BARBALHO e CASTRO, 2010).

Segundo estes autores, o Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, geralmente com evidências de queimadas. As folhas em geral são rígidas e coriáceas. Essas características fornecem aspectos de adaptação à condição de estação seca prolongada.

O Cerrado Denso ocorria principalmente a norte e sul da bacia, respectivamente em áreas de relevo com declives até 6%, nos terrenos mais recentes, representados pelas Coberturas detrito-lateríticas e em áreas com declives até 13%, em litologias do embasamento cristalino, que é representado pelas rochas do complexo Granito-Gnaíssico. É um tipo de vegetação predominantemente arbóreo, com cobertura de 50 a 70% e altura

média de cinco a oito metros. Os estratos arbustivos e herbáceos são ralos. Ocorre principalmente em áreas ocupadas por Neossolos Quartzarênicos órticos, Cambissolos Háplicos distróficos e eutróficos, dentre outros situados nas porções norte e centro-sul da bacia, respectivamente.

O Cerrado Ralo é um tipo de vegetação arbóreo-arbustiva, com cobertura arbórea de 20 a 50% e altura média de dois a três metros. Trata-se da forma mais baixa e menos densa do Cerrado sentido restrito. Ocorre principalmente associada às manchas de Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, Quartzarênicos órticos e Neossolos Litólicos, situados nas porções, centro-sul e norte da bacia.

O Cerrado Rupestre apresenta uma cobertura de 5 a 20% com altura média de dois a quatro metros, ocorre em áreas de afloramentos rochosos, sobretudo nas cristas da Serra Dourada.

As Matas Ciliares e Galeria apresentam-se dispostas ao longo dos cursos d'água e cabeceiras de drenagens. Quase sempre são circundadas por vegetação não florestal, em ambas as margens, ocorrendo transição para as Formações Savânicas e Campestres. As árvores variam em altura de 20 a 25 metros. Nesta faixa, os solos podem ser rasos como os Neossolos Litólicos ou profundos com Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos ou ainda pouco profundos como os Gleissolos Melânicos distróficos.

Por fim, os Campos Úmidos correspondem as fitofisionomias herbáceas, com ausência de arbustos e árvores. Ocorrem especialmente em áreas nascentes, nos fundos de vale. Na área de pesquisa encontra-se nas planícies de inundação dos Rios Araguaia, Claro e dos Bois relacionados aos Gleissolos Melânicos distróficos.

A Figura 2 mostra o mapa de cobertura e uso da terra em 2008 e na Tabela 8 tem-se os dados das classes de uso mapeadas na bacia estudada.

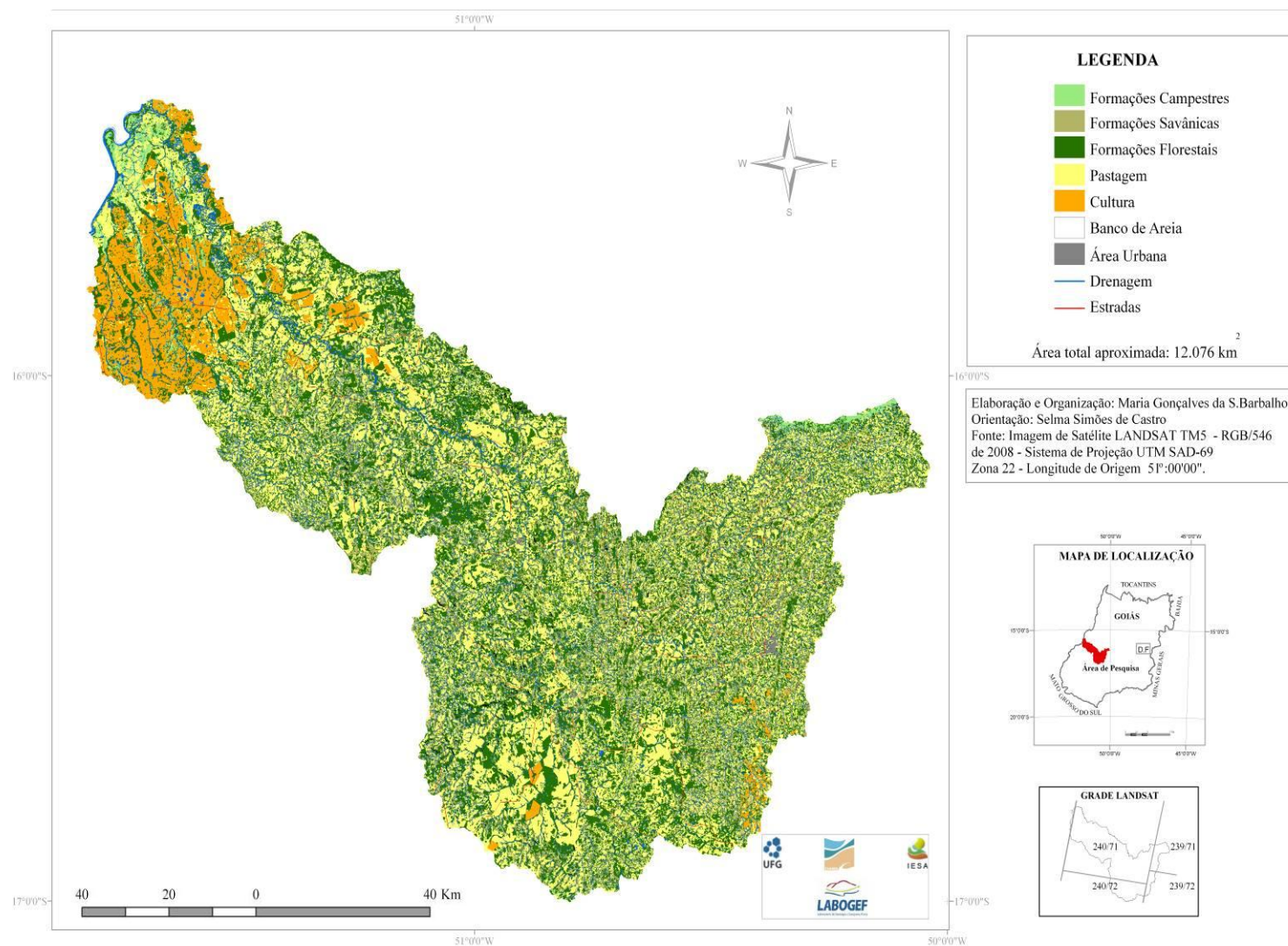


Figura 2 – Mapa de cobertura e uso da terra em 2008 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Tabela 8 – Área das classes de uso da terra de 2008 das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Classes</i>	<i>2008</i>	
	<i>Área</i>	
	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>
Formações Campestres	192,38	1,59
Formações Savânicas	1.417,04	11,73
Formações Florestais	4.540,85	37,60
Pastagem	4.830,63	40,00
Cultura	982,5	8,14
Corpos d'água	77,16	0,64
Banco de areia	1,71	0,01
Estrada	20,77	0,17
Área urbana	13,95	0,12
Total	12.076,99	100,00

Fonte: Barbalho e Castro, 2010.

As litologias (Figura 3) são bastante diversificadas relacionadas ao Embasamento Cristalino, grosso modo, ao sul e à Bacia Sedimentar do Paraná, ao norte. A parte leste e centro da área está inserida na Província do Tocantins, que é uma unidade tectônica Neoproterozóica (DELGADO *et al.*, 2003). Correspondem às rochas mais antigas de Goiás. Esta província foi dividida por Lacerda Filho e Frasca (2008), nas faixas Brasília, Araguaia e Paraguai. Das unidades que compõem a faixa Brasília, dominantes na área de pesquisa, ocorrem litologias do embasamento cristalino, representado pelas litologias dos complexos Granito-Gnaíssico, Greestone Belts e incluem suítes gabro dioríticas, intrusões graníticas e diques máfico-ultramáficos; e as do Arco Magmático de Goiás que é composto por rochas graníticas sintectônicas, sequência metavulcanossedimentar e granitos sin a tardi e pós-tectônicos e representam 51,5% da área total.

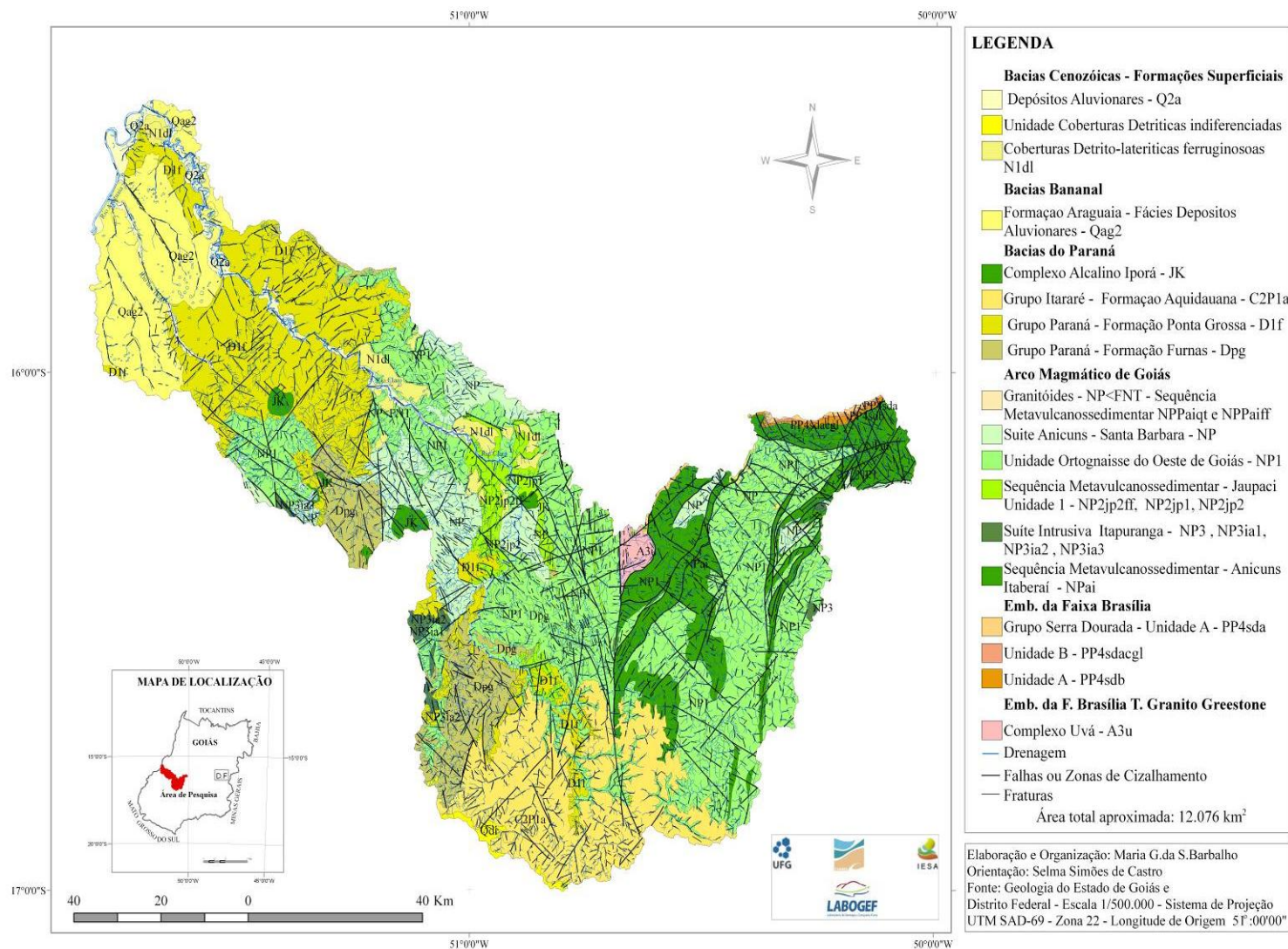


Figura 3 – Mapa geológico das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

A Bacia do Paraná domina as porções centro-norte da bacia, correspondendo a quase 35% da área total. É constituída pela Formação Furnas, composta por arenitos esbranquiçados a róseos, feldspáticos ou caoliníticos; pela Formação Ponta Grossa que é composta por folhelhos cinza a marrom-avermelhados intercalados de arenitos brancos a marrons ou esverdeados, finos a muito finos, micáceos e feldspáticos finamente estratificado; pela Formação Aquidauana, composta de arenitos médios a grossos, friáveis, às vezes feldspáticos, associados à siltitos e argilitos intercalados, de ambiente fluvial e lacustre onde a presença de diamictitos sugere a influência glacial; pelo Complexo Alcalino Iporá que compreende pequenas intrusões na Formação Furnas compostas por dunitos, peritoditos, piroxênios, serpentinitos, gabros, sienogabros, nefelina sienitos, silexistos, carbonatitos, kimberlitos e laprófilos.

Apresenta, ainda, áreas com coberturas cenozóicas da Formação Araguaia composta de conglomerado basal com seixos poligênicos em matriz areno-argilosa, seguido de arenitos vermelhos pouco compactos capeados por siltes e areias siltosas de granulometria e coloração variadas (LACERDA FILHO e FRASCA, 2008), e as Formações Superficiais, mais recentes, estão representadas: pelas Coberturas Detrito-lateríticas ferruginosas que compreendem sedimentos aluviais ou coluviais constituídos por conglomerados oligomíticos com seixos de quartzito e laterítos autóctones, com carapaças ferruginosas do Terço-Quaternário; pelos Depósitos aluvionares que compreendem as acumulações de sedimentos de calha e de planície de inundação, compostos por areias finas e grossas, cascalhos e lentes de material silto-argiloso, além de turfa, do Quaternário, que ocorrem na porção norte da bacia e correspondem a 4,34% do total. A Tabela 9 resume esses dados geológicos.

Tabela 9 – Área das unidades litoestratigráficas das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Unidades Litoestratigráficas</i>	<i>Área</i>	
	<i>(km)</i>	<i>(%)</i>
Formações Superficiais	523,66	4,34
Bacias Cenozóicas - Bacia Bananal	979,88	8,11
Bacia Paleo - Mesozóica - Bacia do Paraná	4.205,75	34,82
Arco Magmático de Goiás	6.215,19	51,46
Embasamento da Faixa Brasília - Bacia Intracontinental Paleo-Mesoproterozoica	69,7	0,58
Complexo Uva	21,89	0,18
Corpos d' Água	60,92	0,50
Total	12.076,99	100,00

A geomorfologia é caracterizada pela predominância de formas denudacionais (LATRUBESSE e CARVALHO, 2006), ou seja, residuais erosivas, onde se destacam: As Superfícies Regionais de Aplainamento - SRA, com as seguintes subunidades: SRAIIB-RT e SRAIIIA, SRAIVC1, SRAIVC2; os Morros e Colinas - MC, Hogbacks - HB, Estruturas Dobradas - ED e as Zonas de Erosão Recuante - ZER (Figura 4).

As SRA são unidades denudacionais, geradas pelo aplainamento do terreno em um intervalo de cotas e este aplainamento ocorre relativamente independente dos controles regionais (litologias e estruturas). A SRAIIB apresenta relevos de chapadões tabuliformes desenvolvidos sobre rochas sedimentares na porção sul da área com altitudes entre 760 e 860 metros, cobrindo 1.048 km² da área que corresponde a 8,69% do total. A SRAIIIA se desenvolve sobre rochas do embasamento cristalino na porção nordeste da área, com altitudes entre 460 e 560 metros, fazendo contato com unidades de Morros e Colinas e cobre uma área de 396,88 km² que corresponde a 3,29% da área de pesquisa.

A SRAIVC1 corresponde a 4.871 Km² representando 40,33% do total da área com altitudes entre 360 a 660 m. Apresenta morfologia mais acidentada e se desenvolveu sobre rochas das Formações Ponta Grossa e Furnas da Bacia Sedimentar do Paraná, areníticas, situadas nas porções norte e central, por ortognaisses do embasamento, com altitudes entre 360 e 460 m.

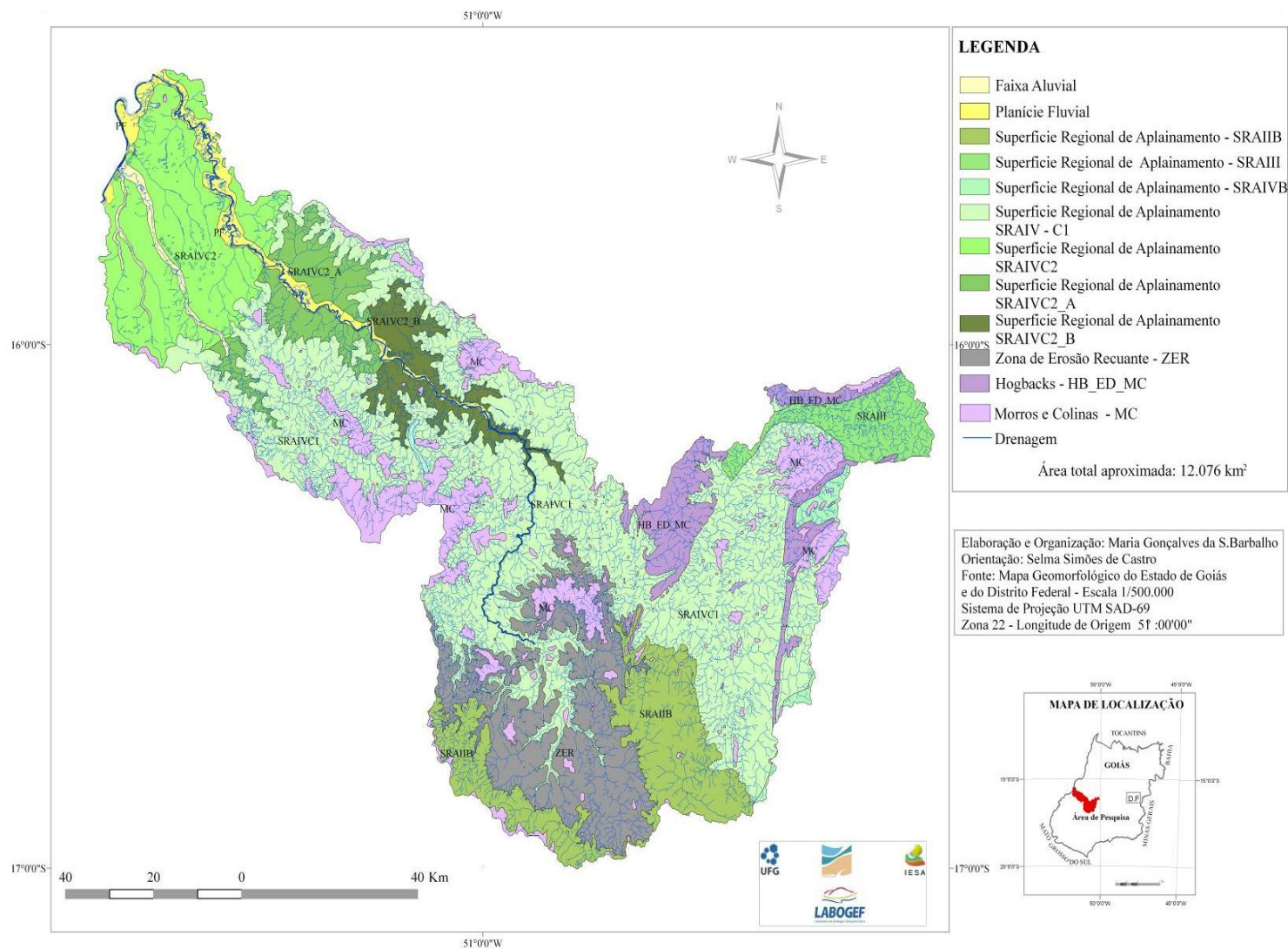


Figura 4 – Mapa geomorfológico das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Finalmente, a unidade SRAIVC2 que corresponde a 1.315 km² da área representando 10,89.% do total da área. Está associada às planícies fluviais dos rios Araguaia, Claro e dos Bois, na porção norte-noroeste das bacias, com altitudes entre 260 e 360 m e declives de 0 a 3%. Conforme mencionado anteriormente, a SRAIVC-2 foi subdividida em A e B. A SRAIVC2_A, cobre 510,31 km² representando 4,23% da área apresenta maior dissecação em relação a SRAIVC2, com declives de 3 a 8%, e é sustentada pelas rochas da Formação Furnas. A SRAIVC2_B apresenta maior dissecação em relação a SRAIVC2_A e se associa as Coberturas Detríticas lateríticas cobrindo pouco mais 413 km² da área. Tanto a SRAIVC2_A quanto a SRAIVC2_B são contornadas pela SRAIVC1 e apresentam altitudes entre 260 a 360 metros.

As Zonas de Erosão Recuante - ZER são caracterizadas como grandes reentrâncias que marcam a erosão das superfícies de aplainamento antigas a partir de um nível de base local, associado à rede de drenagem, representam 10,71% do total da área, desenvolvidos na porção sul sobre rochas sedimentares. À medida que a ZER evolui, surge uma paisagem de morros e colinas residuais.

As áreas constituídas por Morros e Colinas somam 1.161,88 km², representando 9,62% e ocorre nas porções nordeste, central e oeste da bacia, sendo sustentadas por remanescentes de litologias mais resistentes à erosão, como os ortognaisses e os granitóides, testemunhas das antigas superfícies regionais de aplainamento à medida que estas evoluíram. Apresentam altitudes entre 660 a 760 m.

Nessa mesma categoria, porém de Estruturas Dobradas têm-se os morros e as colinas que se relacionam à tectônica de dobramentos pré-cambrianos, representados pelos domos e *hogbacks*. As cristas da Serra Dourada, por exemplo, que se desenvolveram sobre as rochas do Grupo Serra Dourada, se caracterizam como um sistema de *hogbacks*. Cobrem 520,59 km² e representam 4,31 % da área.

Por fim, a Planície Fluvial e a Faixa Aluvial juntas cobrem pouco mais de 157 km² e representam apenas 3,22% da área com altitudes de 260 a 360 metros.

As SRA são amplas e suavizadas, o que favorece usos agropecuários, sobretudo relacionados a solos mais profundos e desenvolvidos. Juntas somam mais de 71% da área total da bacia, o que pode ser considerado como padrão de relevo da área. Na Tabela 10 estão os dados das áreas das classes de geomorfologia da área.

Tabela 10 – Classes geomorfológicas das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Classes</i>	<i>Área</i>	
	<i>Km²</i>	<i>(%)</i>
Superfície Regional de Aplainamento - SRA (SRAIIB, SRAIIIA, SRAIVC1, SRAIVC2)	8.648,53	71,61
Zona de Erosão Recuante - ZER	1.293,77	10,71
Morros e Colinas - MC	1.161,88	9,62
Estruturas Dobradas - HB_ED_MC	520,59	4,31
Planície Fluvial - PF	295,03	2,44
Faixa Aluvial - FA	94,13	0,78
Rio	63,06	0,52
Total	12.076,99	100,00

A análise da rede de drenagem identifica os padrões de dissecação das bacias dos rios Claro e dos Bois que variam entre baixa, moderada, alta e muito alta. Na SRAIIB predomina o padrão de dissecação baixa, na SRAIIIA predomina o padrão de dissecação muito alta, na SRAIVC1 predomina a alta dissecação, e na SRAIVC2 apresenta um padrão de dissecação baixa. Na ZER predomina o padrão de dissecação baixo. Esses dados também permitem revelar setores com maior suscetibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos e que merecem atenção especial quanto aos usos. De acordo com a hierarquia fluvial proposta por Strahler (1952), a calha principal do rio Claro pertence a 8ª ordem (Figura 5). Na Tabela 11 encontra-se a quantificação, o comprimento dos canais de drenagem.

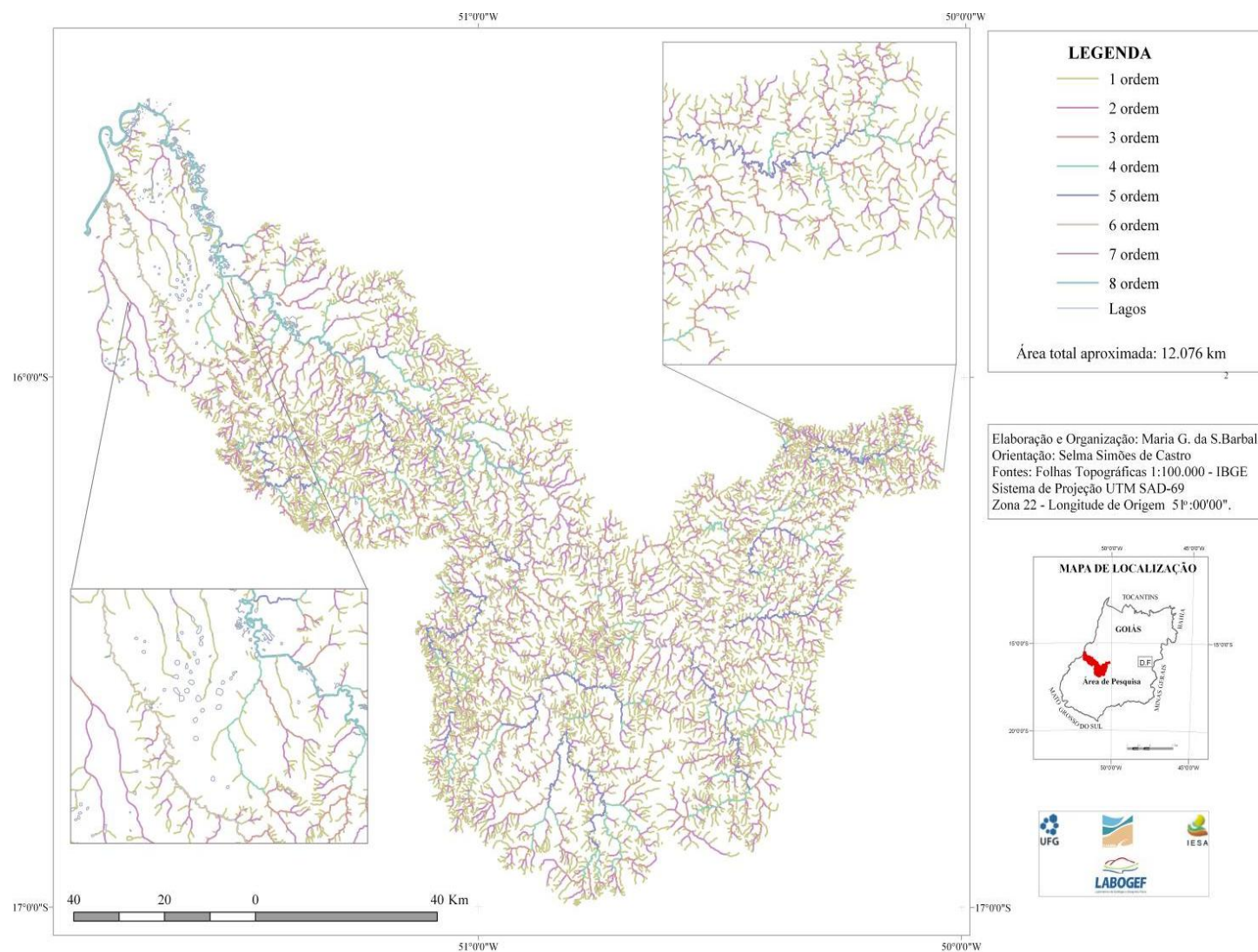


Figura 5 – Mapa da rede de drenagem das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Tabela 11 – Quantificação e comprimento dos canais de drenagem das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Ordem</i>	<i>Extensão (km)</i>	<i>Número de Canais</i>	<i>(%)</i>
1 ^a	6.383,84	6.743	56,65
2 ^a	2.483,08	2.712	22,78
3 ^a	1.366,80	1.230	10,33
4 ^a	637,93	578	4,86
5 ^a	466,56	387	3,25
6 ^a	323,9	194	1,63
7 ^a	132,23	58	0,49
8 ^a	478,4	1	0,01
Total	12.272,74	11.903	100,00

Ainda com os dados da Tabela 11 pode-se constatar o predomínio dos canais de 1^a ordem seguidos pelos de 2^a ordem, somando juntos quase 80% do número de canais, o que indica uma alta dissecação nas áreas das nascentes com morros e colinas bem desenvolvidos.

O mapa hipsométrico (Figura 6) a área foi compartimentada em 8 unidades altimétricas, com formas de relevos bem distintas e intervalos de 100 metros, considerados como adequados para representar os grandes conjuntos topográficos que relevam as unidades geomorfológicas.

O compartimento mais baixo apresenta amplitudes entre 260 e 360 m, representando basicamente a planície fluvial dos rios Araguaia, Claro e dos Bois e seus afluentes, onde dominam as formações superficiais associadas à SRAIVC2. O compartimento a seguir, com amplitudes entre 360 e 460 m, apresenta uma morfologia mais acidentada, acompanhando e contornando a planície fluvial, e é representado pela SRAIVC1. O compartimento acima com amplitude de 460 e 560 m é representado pela SRAIIIA e corresponde aos topos convexos, localizando-se na porção nordeste da área. O compartimento de 560 a 660 m é representado pela ZER situada na porção sul da área. O compartimento de 660 a 760 m é representado pelos morros e colinas. O compartimento de 760 a 860 m representado pela SRAII-B situando na porção centro-sul da área e finalmente o compartimento com cotas acima 860 m corresponde ao HB-ED-MC, representado pela Serra Dourada no limite leste da bacia. Na Tabela 12 tem-se as áreas dessas classes da hipsométricas.

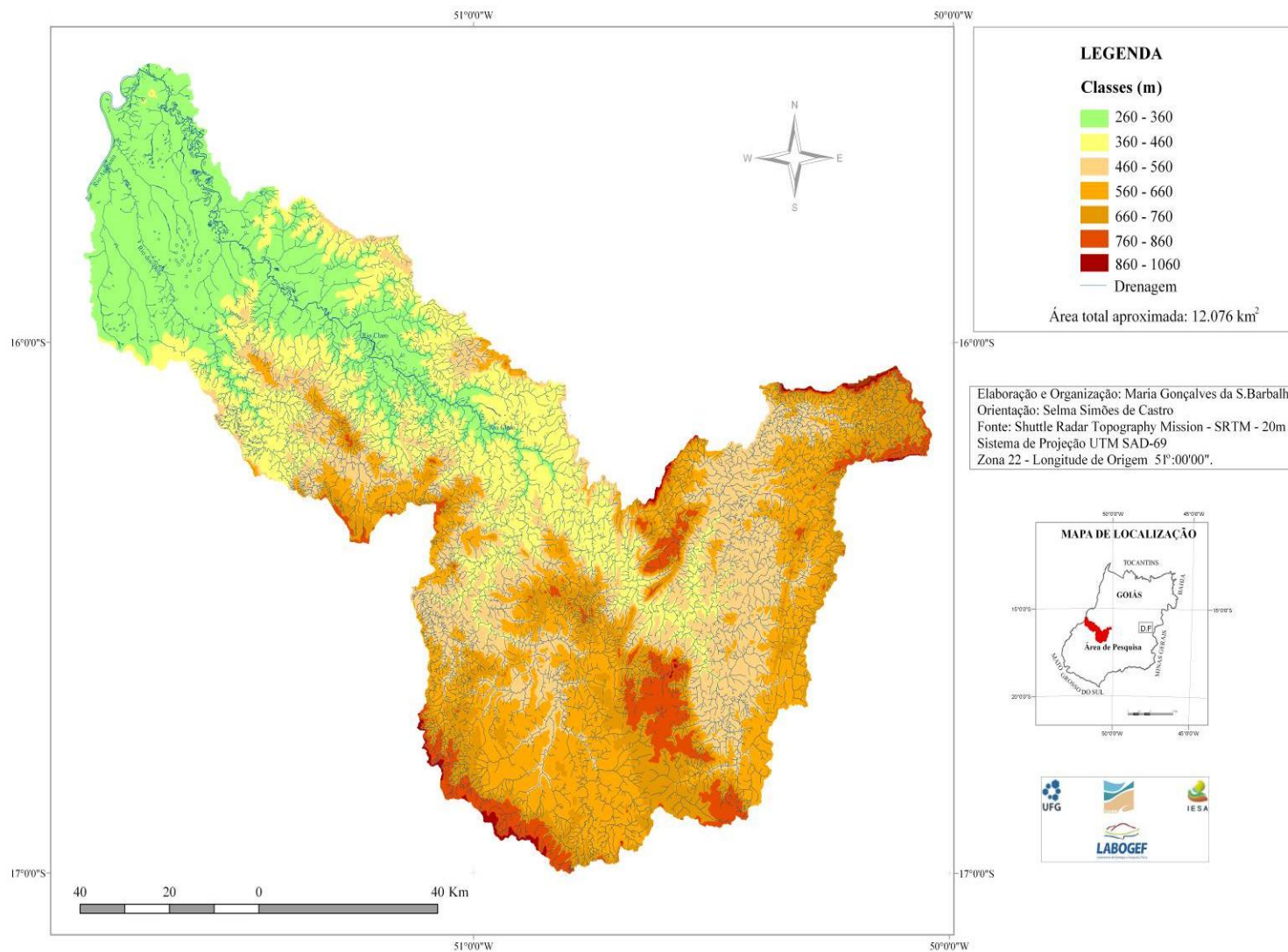


Figura 6 – Mapa hipsométrico das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Tabela 12 – Classes hipsométricas das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Altitudes</i>	<i>Área</i>		<i>Compartimentos</i>
	<i>(km²)</i>	<i>(%)</i>	
260-360	2.683,68	22,22	SRAIVC2
360-460	2.365,72	19,59	SRAIVC1
460-560	2.454,53	20,32	SRAIIIA
560-660	2.654,34	21,98	ZER
660-760	1.248,84	10,34	MC
760-860	609,95	5,05	SRAII-B
860-1060	59,93	0,50	HB-ED-MC
Total	12.076,99	100	-

Percebe-se na Tabela 12 que essa área é relativamente rebaixada em relação a Goiânia, por exemplo, cuja altitude é superior a 700 metros, e que de certa forma, representa uma sucessão escalonada de chapadas (SRA) até o divisor de águas ao sul e sudeste da bacia. O desnível total é de cerca de 800 metros da planície fluvial até a Serra Dourada em pouco mais de 300 km de eixo. Contudo, corrobora o padrão de relevo suavizado.

O mapa de declividade (Figura 7) foi elaborado a partir da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com equidistância de 20 metros, e as classes definidas em seis intervalos distintos: de 0 a 3%, relevo plano; de 3 a 8% e 8 a 13%, relevo suave ondulado; de 13 a 20%, relevo ondulado; de 20 a 45%, relevo forte ondulado e >45% relevo montanhoso, conforme sugerido por Ramalho Filho e Beek (1995), para a elaboração do mapa de aptidão agrícola das terras.

Percebe-se pela Figura 7 que há 5 compartimentos possíveis agrupando-se as classes de declive por extensão: a da depressão do rio Araguaia, a faixa oeste, a faixa leste, o conjunto sudeste e o sudoeste.

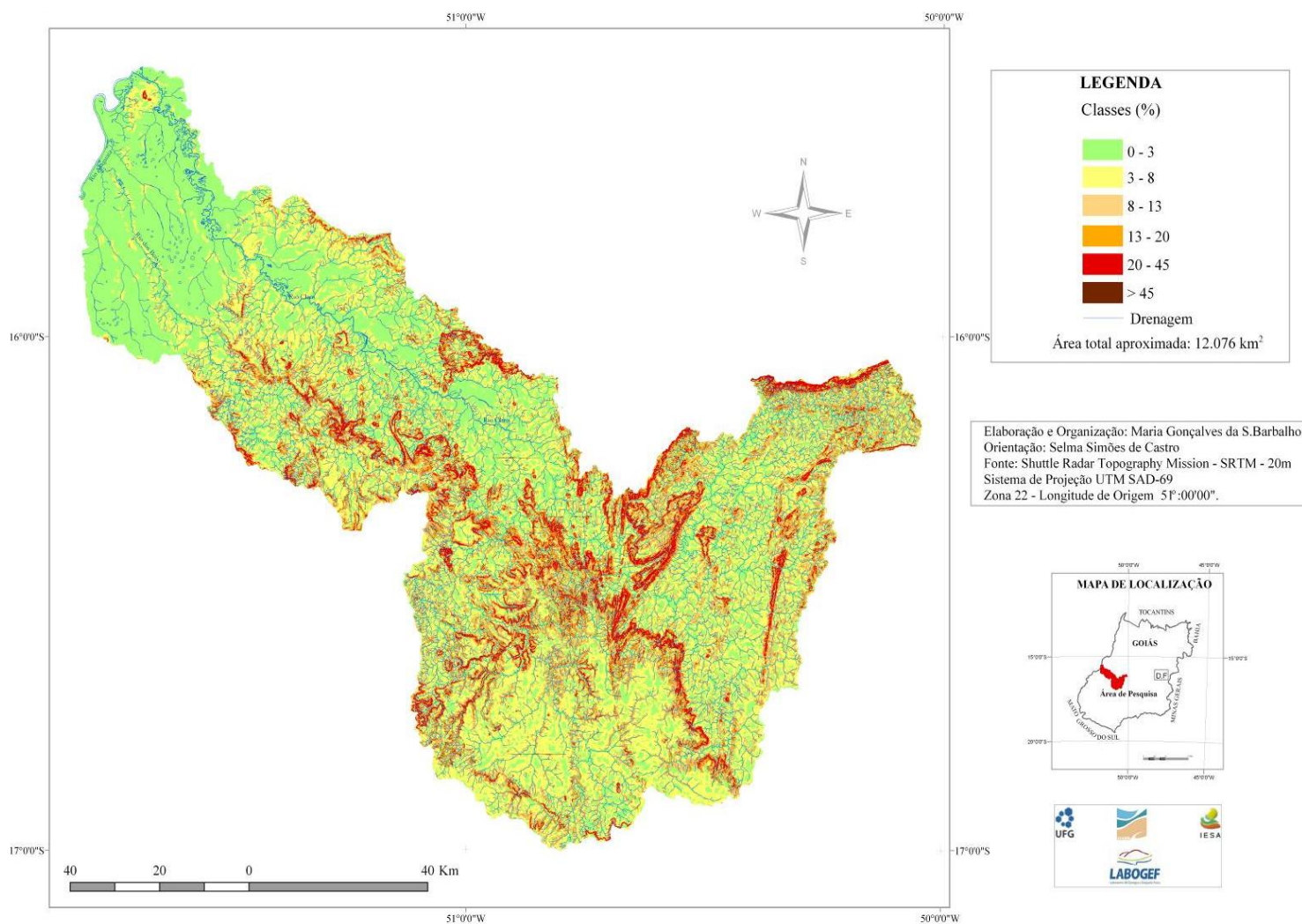


Figura 7 – Mapa de declividade das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Na Tabela 13 pode-se constatar que 85,60% da área apresentam relevo com declives com até 13%, sendo que 63% vão até 8%. Os relevos ondulados respondem por 14,21% da área e os forte ondulados representam apenas 0,19%, restringindo-se às áreas escarpadas. Isso reforça o padrão suave do relevo, ainda que escalonado, e significa que a área é amplamente favorável à atividade agropecuária.

Tabela 13 – Classes de declividade das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Relevo</i>	<i>Declividade (%)</i>	<i>Área</i>	
		<i>(ha)</i>	<i>(%)</i>
Plano	0-3	5.263,11	43,58
Suave Ondulado	3-8	2.325,93	19,26
	8-13	2.748,38	22,76
Moderadamente Ondulado	13-20	1.057,61	8,76
Forte Ondulado	20-45	658,54	5,45
Montanhoso	>45	23,42	0,19
Total		12.076,99	100,00

Fonte: Adaptado de Ramalho Filho e Beek, 1995.

As classes de solos de maior representatividade na área (Tabela 14 e Figura 8) são os Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos que ocorrem nos relevos planos a suave ondulados, situados a norte da área de pesquisa, relacionados aos Sedimentos Detrítico-lateríticos Terço-Quaternários que recobrem as SRAIVC1 e SRAIVC2, e que somam quase 24% da área. Os Latossolos Vermelho distróficos e Latossolos Vermelho distroférico ocorrem na porção oeste da SRAIVC1 e juntos somam quase 8% da área. Seguem os Neossolos Quartzarênicos álicos que ocorrem nos relevos suaves e ondulados ao sul da área, associados ao substrato arenítico da Formação Aquidauana que recobre a ZER e a SRAIIB. Os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e distróficos que ocorrem nas porções centro-leste e centro-oeste da área, associados ao substrato da Faixa Brasília e a relevos mais acidentados da SRAIVC1, ZER e MC. Os Cambissolos eutróficos e distróficos se localizam nas porções leste, centro-norte e sul nos relevos SRAIVC1 e ZER, relacionados a litologias da Faixa Brasília. Os Neossolos Litólicos distróficos ocorrem nas áreas com relevo movimentado, em situações

escarpadas nas porções centro-norte e leste da área, como na serra de Santa Marta; e por fim os Gleissolos Melânicos distróficos que ocorrem nos fundos dos vales e planícies dos rios Araguaia, Claro e dos Bois.

Tabela 14 – Áreas das classes de solo das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Classes de Solos</i>	<i>Área</i>	
	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico - LVAd	2.858,10	23,67
Latossolo Vermelho distrófico – LVd	510,61	4,23
Latossolo Vermelho distroférico – LVdF	452,81	3,75
Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico - PVAd	1.726,14	14,29
Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico - PVAe	1.972,77	16,33
Cambissolo Háplico distrófico – CXbd	938,14	7,77
Cambissolo Háplico eutrófico – Cxbe	450,18	3,73
Nitossolo Vermelho – Nve	47,13	0,39
Neossolo Litólico distrófico – RLd	1.165,98	9,65
Neossolo Quartzarênico álico – Rqa	1.456,13	12,06
Plintossolo Háptico Alumínico – FX	121,57	1,01
Gleissolo Melânico distrófico – GMPbd	377,43	3,13
Total	12.076,99	100,00

Pela Tabela 14 é possível constatar que os Latossolos somam quase 32% da área, os Argissolos cobrem outros pouco mais de 30%. Os Neossolos Quartzarênicos cobrem pouco mais de 12% e os Cambissolos somam 11,5%. Os Neossolos Litólicos não chegam a 10%. Juntos os Latossolos e Argissolos somam 62% da área e os Neossolos e Cambissolos somam mais de 23%. Os primeiros costumam ser solos de alta a boa aptidão agrícola e os segundos não, além de serem suscetíveis à erosão hídrica.

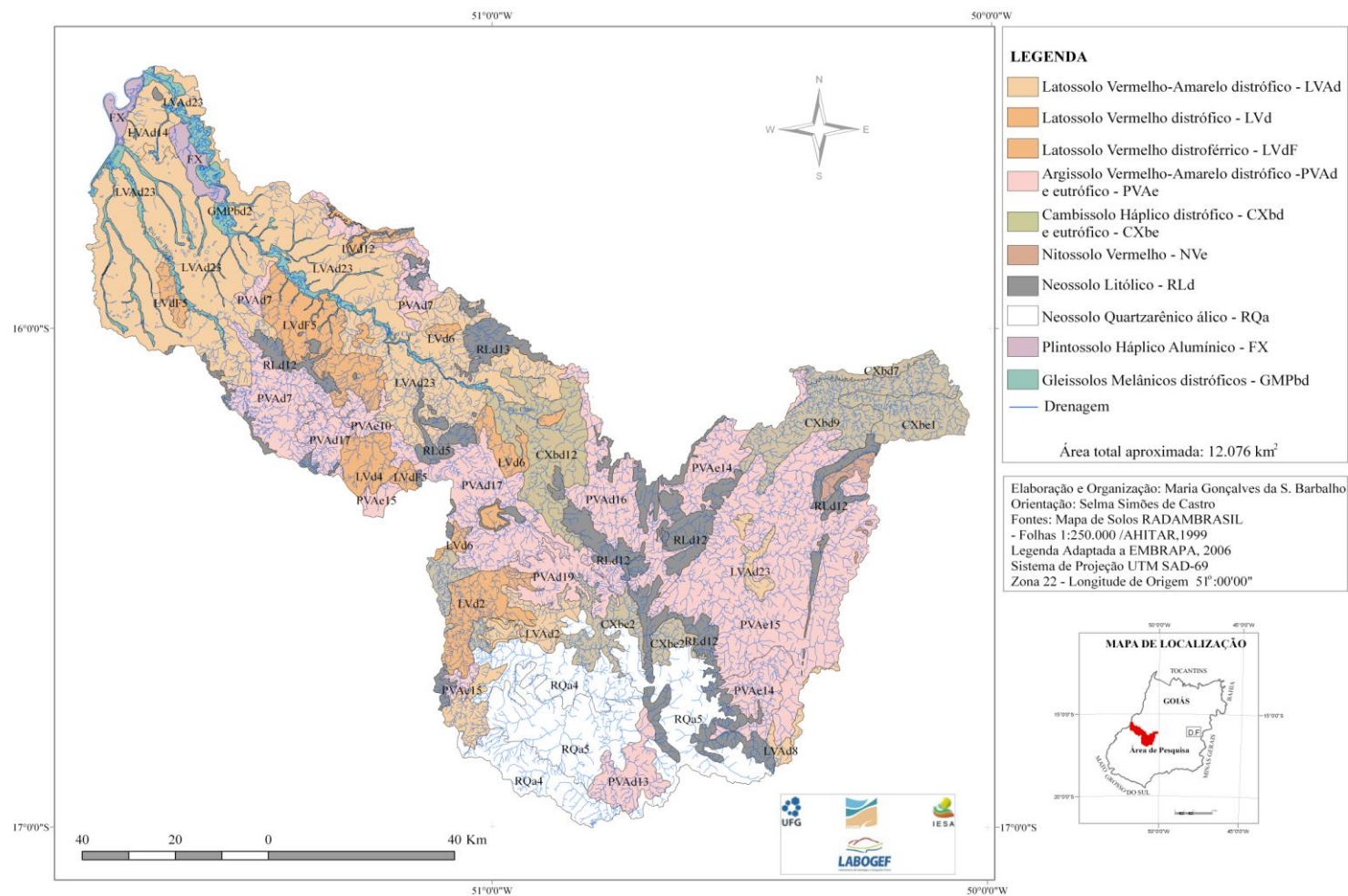


Figura 8 – Mapa de solo das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Percebe-se claramente pela Figura 8 que os solos obedecem, grosso modo, à distribuição dos cinco agrupamentos de declive, ou seja, na depressão do Araguaia predominam os LVAd; na faixa oeste os PVAd dividem espaço com os LVAd; na porção sudoeste dominam os RQd, mas os PVAd e LVAd resistem ao sul dessa área nas SRA; no sudeste há nitidamente dois subconjuntos, um com domínio quase absoluto de PVAe e outro no extremo a leste com CXbd.

Os Latossolos compreendem solos constituídos de material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto H hístico. São muito evoluídos, ácidos, distróficos e álicos, virtualmente destituídos de minerais primários menos resistentes ao intemperismo. Têm em geral baixa capacidade de troca de cátions e baixa saturação por bases, significando baixa fertilidade natural. Costumam ter aptidão agrícola necessitando de correção de acidez e adubação. São normalmente muito profundos apresentando sequência de horizontes A, B, C, com pouca diferenciação. Ocorrem normalmente em relevo plano a suave ondulado e se originam das mais diversas rochas, sob condições de climas tropicais e diferentes tipos de vegetação, desde que tropicais ou subtropicais (EMBRAPA, 2006).

Ocorrem três tipos de Latossolos na área: os Latossolos Vermelhos no matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B inclusive no B/A, cujos teores de ferro estão entre 18 e 8% nos solos argilosos ou muito argilosos. Representam apenas 7,98% distribuídos em zonas descontínuas. Geralmente apresentam textura média ou argilosa e se situam nos topos dos relevos planos a suave ondulados ao sudoeste e centro norte da área de pesquisa associados frequentemente à Formação Furnas e as SRAIVC1 e SRAIVC2, portanto nas áreas mais baixas da bacia, com menos de 500 m de altitude.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos representam 23,67% da área e diferenciam-se dos anteriores por apresentarem matiz 5YR, ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Encontram-se na porção norte e centro-

norte da área, nos relevos planos e suave ondulados, relacionados aos sedimentos Detrítico-lateríticos Terço-Quaternários que recobrem as SRAIVC1 e SRAIVC2 da planície fluvial e seu entorno. Apresentam textura média à arenosa, em geral são bem drenados. Dessa forma, espera-se poucas possibilidades de escoamento superficial e subsuperficial. Entretanto, estes solos são menos coesos e floclados do que os anteriores devidos os menores teores de ferro e permitem a remoção das partículas por escoamento das águas pluviais desde que mal manejados (EMBRAPA, 2006). Sua aptidão agrícola é boa e como os anteriores, podem requerer correção e adubação.

Os Latossolos Vermelhos distroféricos representam 3,75% da área, apresentam baixa capacidade de troca de cátions e teores de ferro entre 18 a 36%. Em geral apresentam textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Encontram-se na porção noroeste da área, nos relevos suaves a ondulados da SRAIVC.

Os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Parte dos solos dessa classe apresenta um evidente incremento no teor de argila no horizonte Bt. A transição entre o horizonte A e Bt é usualmente clara, podendo ser abrupta ou gradual. São de profundidade variável, forte a imperfeitamente drenados. A textura varia de arenosa ou argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt. São solos suscetíveis ao desenvolvimento de ravinas e voçorocas, que se desenvolvem frequentemente em função do uso e manejo inadequados (SALOMÃO, 1999). Situam-se em terrenos com declives acentuados, que possibilitam a concentração das águas pluviais, associadas ao alto gradiente textural entre os horizontes superiores do perfil (EMBRAPA, 2006; SALOMÃO, 1999). Ocorrem nas porções centro-leste e centro-oeste da área e representam 30,62% da área.

Os Cambissolos representam 11,50% da área de pesquisa e compreendem solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas do relevo e das

condições climáticas, as características destes solos variam. Assim, esta classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, variam de alta a baixa saturação de bases e atividade química na fração coloidal (EMBRAPA, 2006). Geralmente, esses solos ocorrem em áreas com declives mais acentuados, permitindo a concentração das águas pluviais, e sendo que apresentam profundidades relativamente pequenas e são considerados suscetíveis ao desenvolvimento de ravinas mas não a voçorocas (SALOMÃO, 1999). Ocorrem nas porções leste, centro-norte e sul nos relevos SRAIVC1 e ZER sobre as rochas da Bacia do Paraná e do Arco Magmático de Goiás.

Os Neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram a modificações expressivas do material originário pela resistência ao intemperismo ou composição química, ou mesmo as condições do relevo que impedem ou limitam sua evolução. Possuem sequência de horizonte: A-R, A-C-R, A-C, O-R ou H-C (EMBRAPA, 2006). Na área de pesquisa ocorrem dois tipos como exposto a seguir.

Os Neossolos Quartzarênicos, que apresentam sequência de horizontes A-C, sem contato lítico dentro dos 50 cm de profundidade, textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo. Por serem solos arenosos e profundos, a permeabilidade é relativamente alta, favorecendo a infiltração das águas pluviais. Contudo, o escoamento superficial e subsuperficial ocorrem em função e determinadas formas de uso (caminhos, trilhas, estradas, entre outros), ou quando os terrenos apresentam declividades que favoreçam o escoamento e por apresentarem baixo e/ou insignificante teor de argila, esses solos não possuem comportamento coesivo, o que facilita a remoção das partículas de areias em pequenos fluxos concentrados, sobretudo quando desprovidos de cobertura vegetal (EMBRAPA, 2006). Esses solos ocorrem na região sul da área nos relevos da ZER e SRAIIB,

representam 12,06% da área relacionados às rochas areníticas da Formação Aquidauana.

Os Neossolos Litólicos são solos com horizonte A ou hístico com menos de 40 cm de espessura, assentes diretamente sobre a rocha ou sobre horizonte C ou Cr, sobre material constituído basicamente por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm e que apresentam contato lítico dentro dos 50 cm da superfície (EMBRAPA, 2006). Em geral, estes solos ocorrem em áreas com declives mais acentuados, permitindo a concentração das águas pluviais. Entretanto, por apresentarem profundidades relativamente pequenas e com ausência de nível freático são considerados suscetíveis ao desenvolvimento de ravinas e não a voçorocas (SALOMÃO, 1999). Representam 9,65% da área e ocorrem na porção centro-norte e leste da área, como na serra de Santa Marta e se relacionam aos *hogbacks* das Estruturas Dobradas e associados a morros e colinas.

Os Gleissolos geralmente ocupam as depressões da paisagem sujeitas a saturação permanente, como fundos de vales e nascentes. Por serem mal ou muito mal drenados, ocorre com frequência, uma espessa camada de matéria orgânica mal decomposta (turfoosa) sobre uma camada acinzentada (gleizada), resultante do ambiente de oxirredução (EMBRAPA, 2006). Ocupam 3,13% da área de pesquisa principalmente nas planícies dos rios Araguaia, Claro e dos Bois, junto aos fundos de vale. Apresentam textura bastante variável ao longo do perfil, mas em geral são argilosos ou muito argilosos. Podem ser ricos quimicamente ou pobres em bases com teores de alumínio elevados. Por ocorrer próximos das nascentes e cursos de água é muito importante preservá-los para não comprometer o reservatório hídrico.

Os Plintossolos ocupam apenas 1,01% da área e ocorrem nas planícies de inundação dos rios Claro e Araguaia. São constituídos por material mineral, apresentando um horizonte plântico ou litoplântico ou concrecionário. Quando procedidos de horizontes ou camadas apresentam matizes com coloração amarelada (EMBRAPA, 2006).

Os Nitossolos ocupam 0,39% da área de pesquisa na porção nordeste. São constituídos por material mineral que apresentam horizonte

B nítico abaixo do horizonte A. O Horizonte nítico apresenta atividade baixa ou caráter alítico. (EMBRAPA, 2006). Ocorrem na porção sudeste da área de pesquisa associados a relevos da SRAIVB.

Os Latossolos somam 35,40% da área e os Argissolos outros 30,63%, juntos cobrem mais de 60% da área. Segue os Neossolos Litólicos e Quartzarênicos que juntos soma mais de 21% da área e os Cambissolos, com 11,50%.

Os Latossolos e os Argissolos são aptos as atividades agrícolas se bem manejados, mas os Argissolos são suscetíveis a erosão hídrica, enquanto que os Latossolos favorecem a infiltração se não estiverem compactados, mas são suscetíveis erosão laminar e secundariamente à linear em trilheiros de gado e caminhos, devido à compactação destes e, não raro, a posição que ocupam. Já os Neossolos e os Cambissolos são altamente suscetíveis à erosão hídrica linear e apresentam aptidão à pastagens e à preservação de fauna e flora, bem como a reflorestamentos/atividades agrícolas não intensivas, respectivamente.

No mapa de concentração de focos erosivos elaborado numa escala mais abrangente por Santana (2007), pode-se constatar que, embora com grande generalização, a bacia aqui focada apresenta grande concentração ao sul juntamente onde dominam os Neossolos Quartzarênicos, conhecidos por sua alta suscetibilidade erosiva, devido a sua textura arenosa e baixa coesão de partículas, o que lhe confere elevada erodibilidade.

Numa escala de maior detalhe como aqui utilizada, somando os solos com alguma suscetibilidade erosiva pode-se concluir que mais de 60% da área pode desenvolver esse processo de degradação ambiental, sendo que quase 1/3 (Argissolos) pode desenvolver o estágio mais grave desse processo que corresponde ao voçorocamento se mal manejados e mesmo os Latossolos suscetíveis erosão laminar e quando compactados, sobretudo os vermelho-amarelos, pelo manejo precário pode desenvolver a linear também. Se esse processo se instalar, seguramente o processo de assoreamento (sedimentação acelerada induzida pelo uso e manejo das terras) também se instalara (SALOMÃO, 1999).

Por fim, somando os solos com boa aptidão agrícola (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995) para lavouras sem necessidade de práticas conservacionistas severas, apenas pouco mais de 23% da área se enquadram nesse potencial; considerando os declives superiores a 20%, menos de 6% não teriam aptidão a lavouras, nem pastagens, considerando o restante, a pastagem parece ser a atividade que melhor se adequaria a área.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, R. G. de; NASCIMENTO JÚNIOR, D. de.; EUCLIDES, V. P. B. de; MACEDO, M. C. M.; REGAZZI, A. J.; BRÂNCIO, P. A.; FONSECA, D. M. da; OLIVEIRA, M. P. Produção animal em pastos consorciados sob três taxas de lotação, no Cerrado. R. Bras. Zootec., v.31, n.2, p.852-857, 2002 (suplemento).

BARBALHO, M. G. S.; CASTRO, S. S. Evolução do uso e cobertura da terra nas bacias dos rios Claro e dos Bois, afluentes do rio Araguaia, no Estado de Goiás, 2010.

BARCELOS, A. de O. Sistemas extensivos e semi-extensivos de produção pecuária bovina de corte nos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS, 8.; International Symposium on tropical savanas, 1., 1996, Brasília. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados. Anais... Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.130-136.

CARRER, C. C.; CARDOSO, J. L.; AFERRI, G., OLIVEIRA, M. M. de L.; OLIVEIRA, N. J. D. de. Alguns aspectos da política creditícia e o desenvolvimento da pecuária de corte no Brasil. Ciênc. Agrotec. Lavras, v. 31, n. 5, p. 1455-1461, set./out., 2007.

CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. de T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: Considerações Metodológicas. Campinas, SP. Revista GEOUSP, Nº 7, p. 27-37, 2000.

CERRADO, 8., Brasília, DF, 1996. Anais... Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1996.p.130-136.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; MAIA, S. M. F.; CERRI, C. E. P.; COSTA JUNIOR, C.; FEIGL, B. J.; FRAZÃO, L. A.; MELLO, F. F. de C.; GALDOS, M. V.; MOREIRA, C. S.; CARVALHO, J. L. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. Scientia Agricola (USP. Impresso), v. 67, p. 102-116, 2010.

CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A.; SILVA, I. A. Seasonal variation of a hyperseasonal Cerrado in Emas national park, central Brazil. *Flora* 200: 2005, pp. 345-353.

DE-CAMPOS, A. B.; Luiz, G. C.; MACEDO, R. A. R; PEIXOTO, V. M. P. Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no Estado de Goiás. In: ALMEIDA, M. G.. (org.). *Abordagens Geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade*. Goiânia: UFG, 2002, p. 91-118.

DELGADO, I. M.; SOUZA, J. D.; SILVA, L. C.; SILVEIRA FILHO, N. C.; SANTOS, R. A.; PEDREIRA, A. J.; GUIMARÃES, J. T.; ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; LACERDA FILHO, J. V.; VALENTE, C. R.; PERROTTA, M. M.; HEINECK, C. A. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H (eds.) *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. Serviço Geológico do Brasil, Brasília-DF, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro: Censo Agropecuário, 1980. Disponível em: <<http://www.IBGE.gov.br/>>. Acesso em: 28/11/09.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro: Cidades, 2008. Disponível em: <<http://www.IBGE.gov.br/>>. Acesso em: 28/11/09.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro: Produção Agrícola Municipal, 1992, 2000 e 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro: Recenseamento Geral, 1970. Disponível em: <<http://www.IBGE.gov.br/>>. Acesso em: 28/11/09.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEADATA. Disponível em: <<http://www.IPEADATA.gov.br>>. Acesso em: 28/11/09.

LACERDA FILHO, J. V. de.; FRASCA, A. A. S. Compartimentação Geotectônica. In: *Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Programa Geologia do Brasil: Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil*. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.

LATRUBESSE, E. M.; Carvalho, T. M. *Geomorfologia do Estado de Goiás e do Distrito Federal*, 2006.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: *SIMPÓSIO SOBRE*

ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2., 1993, Jaboticabal, SO. Anais... Jaboticabal: FUNESP-UNESP, 1993. p.216-245.

MUELLER, C. C.; MARTHA JR., G. B. A Agropecuária e o desenvolvimento sócio-econômico recente do Cerrado. In: FALEIRO, F. G. Embrapa Cerrados. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Ed. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008.

OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; FERREIRA, E. A baixa disponibilidade de nutrientes do solo como uma causa potencial da degradação de pastagens no Cerrado brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., Ouro Preto, 1997. Anais... Viçosa, MG: SOBRADE/UFV, 1997. p.110-117. (Trabalhos voluntários).

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília: Embrapa - SPI, 1995.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO S. M.; ALMEIDA, S. P. Eds. Cerrado: Ambiente e Flora. Planaltina: Embrapa - CPAC. 1998. p. 89-168.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO S. M.; ALMEIDA, S. P. Eds. Cerrado: Ambiente e Flora. Planaltina: Embrapa - CPAC. 1998. p. 89-168.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.

SANZONOWICZ, C. Recomendação e prática de adubação e calagem na região centro-oeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, Nova Odessa, 1985. Anais... Piracicaba: POTAFOS, 1986.p.309-334

SARMIENTO, G. The savannas of tropical America. In: Goodall, D.W. (Ed.), Ecosystems of the World: Tropical Savannas. Elsevier, Amsterdam, 1983, pp. 245-288.

Secretaria da Fazenda do Estado de Goiás - SEFAZ. Disponível em <www.sefaz.go.gov.br>. Acesso em: 03/03/2010.

Secretaria do Planejamento do Estado de Goiás - SEPLAN. Disponível em: <www.seplan.go.gov.br/sepin>. Acesso em: 03/03/2010.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Amer. Geophys. Union, 1952, 38: 913-920.

WERNER, J. C. Adubação de pastagens. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia. 1984. 49p. (Boletim Técnico, 18).

ZIMMER, A. H.; CORREA, E. S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1993. Anais... Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 1-25.

**C
A
P
Í
T
U
L
O

II

F
U
N
D
A
M
E
N
T
O
S

T
E
Ó
R
I
C
O
S

E

M
E
T
O
D
O
L
Ó
G
I
C
O
S**

2 – Pressupostos Teóricos e Metodológicos

A possibilidade do homem de visualizar conjunturas e cenários futuros em diferentes níveis de espaço-tempo levou a um novo tipo de investigação interdisciplinar e holística, destinado a prever impactos ambientais (AB’SABER e PLANTENBERG, 2006).

O impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetam indiretamente ou diretamente a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (Resolução CONAMA nº 001/1986, art. 1º).

Portanto, para se realizar estudos interdisciplinares e a respeito de impactos ambientais torna-se imprescindível a adoção de metodologias adequadas para avaliar as consequências dos diferentes níveis de interferência (maior ou menor) nas paisagens.

Compreende-se interdisciplinaridade, nesta tese, como o processo ou método de relacionar disciplinas no estudo de um objeto único e específico de pesquisa científica (LEFF, 2000). Assim, considerando-se que os impactos ambientais são produzidos pelas ações humanas, entendidos como resultantes do uso e manejo dos componentes do meio físico e biótico, tais como rochas, relevos, solos, águas, flora e fauna em diferentes escalas, pode-se dizer que seu estudo requer procedimentos metodológicos que integrem esses componentes, levando-se em conta que tanto os ambientes originais em si como os ambientes produzidos pela ação humana.

Nesse sentido os ambientes constituem estruturas que expressam organizações sistêmicas complexas, que evoluem no tempo, as quais se tornam cada vez mais complexas em consequência das alterações desencadeadas pelos usos e manejos dos ambientes (LEFF, 2000).

Portanto, estudar e avaliar ambientes no tempo e no espaço só é possível se várias disciplinas concorrerem para constituir uma abordagem que contemple todos os aspectos necessários a essa tarefa.

As Ciências Ambientais são consideradas como uma área do conhecimento que reúne e integra disciplinas afins ou conexas com a finalidade de proceder a esses estudos interdisciplinares (PHILLIPPI JR *et al.*, 2000). No contexto dessas ciências os estudos geoambientais correspondem àqueles que congregando as ciências da terra, geográficas, agrárias e climáticas, capazes de permitir a delimitação de unidades ambientais em função de uma dada escala, que se configuram como paisagens ou fisionomias que revelam as relações estabelecidas entre os componentes que as constituem (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Soma-se a esse pensamento a necessidade de levar em conta o cenário preexistente de ocupação e de qualidade ambiental como testemunha da natureza primeira e da paisagem natural, para que se possam estabelecer possíveis cenários evoluídos até os existentes no presente ou a serem criados em diferentes tempos futuros, de modo a compatibilizar o desenvolvimento com uma correta postura de proteção ecológica. O termo paisagem é aqui usado como suporte geoecológico e bioecológico modificado por uma infinidade variável de obras humanas. Essa junção entre os diferentes sistemas (ecossistemas naturais, agroecossistemas e ecossistemas urbanos) e os elementos das relações humanas é que permite visualizar o espaço em sua integração plena (AB'SABER, 2006).

A maior das dificuldades para a realização de estudos interdisciplinares é a integração de procedimentos metodológicos disciplinares decorrentes das várias disciplinas envolvidas no estudo do meio físico e biótico (geologia, geomorfologia, pedologia, clima e vegetação), logo dos indicadores selecionados, e depende do grau de entendimento que possibilite melhorar o controle do uso e ocupação das unidades do meio físico, em especial dos solos e relevo, fundamentado em modelos mais adequados à sua realidade têmporo-espacial, portanto dinâmica (PHILLIPPI JR *et al.*, 2000; TRICART, 1977, dentre outros). Daí a oportunidade que as imagens orbitais de sensoriamento remoto oferecem como ferramenta significativa para a compreensão dos sistemas ambientais, estes como pressupostos.

O sensoriamento remoto é concebido como a disciplina do conhecimento que trabalha com a obtenção de dados e a análise de informações sobre materiais, objetos e fenômenos que ocorrem na superfície

da terra a partir de dispositivos (sensores remotos) situados à distância, sejam aéreos ou orbitais. Os sensores remotos aéreos consistem da tomada de fotos aéreas em geral pancromáticas, por pares, que permitem a visão estereoscópica dos alvos. Os sensores orbitais captam as informações resultantes das interações da radiação eletromagnética proveniente do sol e/ou do próprio sensor com os alvos da superfície terrestre. Essas informações captadas resultam em imagens que são fonte de dados que se apóiam, fundamentalmente, em um sistema de informação geográfica, e podem ser aplicados em trabalhos e pesquisas nas diversas áreas do conhecimento (LEUKERT, 2005; SCHEIWE e TUFFE, 2005).

Entende-se que os produtos do imageamento por sensoriamento remoto e o geoprocessamento são aqui tomados como ferramentas fundamentais para a identificação dos diferentes riscos ao uso e ocupação. Entende-se aqui riscos como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e a suas propriedades (CERRI *et al.*, 1998), os quais dependem do uso e do manejo dos ambientes e da sua resposta em termos de fragilidades representadas pelos diferentes graus de suscetibilidade que lhes são intrínsecos. Considera-se, no entanto, que a suscetibilidade, seja o risco que uma unidade ambiental apresenta e que sempre a avaliação é posta em relação a um dado fenômeno (erosão, sedimentação, poluição, etc.) ou finalidade (uso, ocupação, qualquer que sejam estes).

No que se refere à paisagem, Tricart e Kilian (1979) procuraram estabelecer uma tipologia das paisagens e analisar a sua extensão e limites, a um tipo de paisagem que corresponde a um modo de adaptação fisionômico específico e estrutural de um conjunto formado pela vegetação natural, ou transformada pela ação antrópica. Para os referidos autores, a paisagem e sistemas são ecossistemas e como tal se integram na lógica sistêmica que é a própria origem de sua formulação. Este vínculo entre o estudo do meio físico com a ecologia permite unificar os conceitos e os enfoques metodológicos. Assim, introduziram o termo eco-geografia como “(...) *um ponto de vista que consiste em estudar como o homem se integra nos ecossistemas e como essa integração é diversificada em função do espaço terrestre*”.

Christofolletti (1999), retomando a noção de geossistemas, distingue-os como unidades naturais, portanto voltando a excluir a variável antrópica em

sua delimitação e utiliza o conceito de sistemas ambientais, como as unidades que incorporam as mudanças resultantes das ações antrópicas, pelo fato de que nem sempre se ajustam perfeitamente às unidades naturais.

A delimitação de compartimentos morfopedológicos (CASTRO e SALOMÃO, 2000) a partir do intercruzamento dos mapas geológico, geomorfológico e pedológico, permite identificar também, ao só os padrões resultantes da integração dessas variáveis, como também deles com o mapa de focos e de suscetibilidade e risco à erosão (ou qualquer outro impacto) podem revelar como as vertentes se comportam em relação aos processos. Castro *et al.* (2004), Barbalho (2002) identificaram compartimentos marcados pela presença de substrato arenítico e Neossolos Quartzarênicos órtico seguidos dos hidromórficos, como os mais suscetíveis à erosão hídrica do tipo voçoroca.

Marinho *et al.* (2007), Marinho e Castro (2003) identificaram como o escoamento superficial e subsuperficial respondem pela suscetibilidade e o risco desse sistema, comum na alta bacia do rio Araguaia, onde dominam substratos areníticos e vertentes longas e suaves, embora as sucessões de Latossolos - Argissolos - Gleissolos e Latossolos - Neossolos Quartzarênicos - Gleissolos, também sejam suscetíveis e se encontrem sob risco de instalação e desenvolvimento do processo erosivo dessa natureza. Oliveira e Castro (2006) ao identificarem os prováveis sistemas pedológicos da alta bacia do rio Araguaia corroboram essa interpretação e Xavier (2003) chega a propor as que as unidades ambientais sejam função desses sistemas morfopedológicos, de suas suscetibilidades e riscos, transformando-os em unidades de planejamento que demandam diferentes graus de intervenção necessária para controle do fenômeno.

Xavier, Castro e Barbalho (2005) e Oliveira e Castro (2005) mapearam os graus de riscos à erosão linear e laminar, respectivamente, também para a alta bacia do rio Araguaia, setor das suas nascentes, e concluem que há elevado risco na posição que contorna os divisores e é dominada por esses sistemas pedológicos. Santana *et al.* (2007) apresentam o mapa de concentração de focos de erosão linear para a alta bacia como um todo e esses sistemas e posição geomorfológica, mais uma vez se revelam a de maior suscetibilidade, até porque a erodibilidade, ou capacidade do solos em erodir,

dos Neossolos Quartzarênicos é a maior, dentre os demais solos que ocorrem na alta bacia do rio Araguaia. Portanto, trata-se não apenas de solos, mas de relevo e de usos e manejos dos solos. Nesse sentido, os usos mais impactantes costumam ser as pastagens e as lavouras (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1995). Assim, espera-se que onde esses sistemas morfopedológicos e usos se encontrem, é que se situe também o maior número de focos erosivos lineares, desde que os usos e sobretudo os manejos sejam inadequados, como expressam numerosos autores.

Tais estudos e abordagens podem servir, assim, para subsidiar as ações necessárias à recuperação das condições de equilíbrio dinâmico, numa perspectiva socioambiental, através do estímulo à resiliência de alguns de seus setores e ao reajuste de outros, que já ultrapassaram de modo irreversível essa possibilidade, visando à desaceleração dos fenômenos, neste caso de erosão, conduzindo-os a um comportamento de evolução normal, no sentido da erosão geológica ou normal, teoricamente mais lento. Entende-se aqui como resiliência a capacidade intrínseca de um sistema em voltar às condições originais após ser impactado por forças naturais ou por impactos antropogênicos (HOLLING, 1996).

A abordagem cartográfica e/ou método de superposição de mapas vem sendo utilizada, discutida e aperfeiçoada há algum tempo em Ciências Ambientais. Segundo alguns pesquisadores, além de ganhos em termos de recursos e tempo, possibilitam uma rápida e eficaz avaliação do meio físico, quanto à distribuição de fatos e fenômenos que se deseja mapear e evidenciar devidamente nos mapas, como particularmente face à erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas), aonde vem sendo aplicada com inúmeras vantagens em relação a outros métodos utilizados (CASTRO e SALOMÃO, 2000; SALOMÃO, 1994; TRICART e KILIAN, 1979).

Assim, nesta tese a abordagem metodológica utilizada baseia-se no estudo integrado dos elementos que compõe o meio físico e biótico (substrato geológico, relevo, solos, clima e vegetação), das relações de interdependência existentes entre esses elementos, uma vez que esta possibilitam conhecer as dinâmicas relativas aos seus potenciais de uso em relação aos usos atuais, para evitar que as ações humanas ultrapassem a capacidade de suporte desses sistemas ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1999; BERTRAND, 1971). Como

também, permite estabelecer prognósticos (cenários) sócio-ambientais calcados nos pressupostos de potencialidade e fragilidade dos ambientes naturais (ROSS, 1994).

Nesse sentido e, por exemplo, cartas de suscetibilidade natural, de potencial de uso das terras comparadas com o uso atual podem revelar algumas das prováveis causas de desequilíbrios. Entretanto, para se conhecer até mesmo o grau de discrepância entre o meio físico e o uso, torna-se necessário trabalhar os dois aspectos separadamente e depois relacioná-los.

Assim, se forem correlacionados ao uso da terra¹ histórico e atual e a um problema específico decorrente e relativo a um ou mais dos seus componentes físicos e suas consequências de modo mais abrangente, então passam a contribuir para além da explicação genético-evolutiva e processual relativa à dinâmica dos componentes que os delimitam, afetados que foram pelas inter-relações temporais e espaciais específicas entre a sociedade e a natureza.

Os problemas erosivos que ocorrem nas bacias dos rios Claro e dos Bois, área da pesquisa, correspondem à erosão frequentemente interpretada como acelerada porque resulta da ação antrópica, sendo principalmente do tipo hídrico linear (sulcos, ravinas e voçorocas), (SALOMÃO, 1999; IPT, 1989). Diante disso, a revisão apresentada a seguir dará destaque para essa forma de erosão.

A erosão acelerada, para diversos autores como Queiroz Neto (2001), Guerra (1999), Drew (1998) entre outros, é um dos fatores de degradação mais negativo da ação do homem sobre os solos. Ela se estabelece quando são destruídos os elementos naturais de equilíbrio constituindo em um fenômeno de grande significado, principalmente devido à rapidez em que se processa.

Erosão é o processo de degradação e remoção das partículas do solo ou rocha, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais) (IPT, 1989). A erosão pode ser natural ou

¹Considera-se terra como “segmento da superfície do globo terrestre definido pelo espaço e reconhecido em função de suas características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado das atividades futuras e atuais humanas até o ponto que estes atributos exerçam influência significativa no uso presente ou futuro da terra pelo homem” (FAO, 1976 *apud* LEPSCH, 1991).

geológica, a qual se desenvolve em condições de equilíbrio com a pedogênese, e acelerada ou antrópica quando a sua intensidade e evolução são superiores à da pedogênese, causando um desequilíbrio no relevo, reesculturando-o.

Dependendo da forma em que se dá o escoamento superficial ao longo da vertente, podem-se desenvolver dois tipos de erosão: linear ou linear. O primeiro é causado pelo escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção dos horizontes superficiais do solo. O segundo é provocado pelo escoamento superficial concentrado das águas de chuva resultando em incisões na superfície do terreno na forma de canais que podem evoluir por aprofundamento a ravinas.

Geralmente, a ocorrência de ravinas está relacionada às diferentes formas de uso e ocupação da terra, que geram a concentração das águas pluviais tais como as estradas, as trilhas, os caminhos, as cercas, entre outros (SALOMÃO, 1999). Com a evolução e aprofundamento da ravina, e interceptação do lençol freático tem-se a voçoroca, que constitui a manifestação máxima da erosão do solo.

Para ocorrer o fenômeno denominado de “*piping*”, ainda segundo o mesmo autor, é necessário o estabelecimento, em uma determinada porção da vertente, de altos níveis de concentração de fluxo de água superficial, associados a valores elevados de gradiente hidráulico, o que permite a remoção de partículas de solo (formando vazios) na zona de percolação do lençol. Quando esses vazios atingem determinadas proporções podem ocorrer abatimentos no terreno, alargando as voçorocas e/ou criando novos ramos. A esses processos associam-se também os descalçamentos e solapamentos nas paredes das voçorocas que provocam desmoronamentos ou escorregamentos de solos. Idéias similares também foram expostas por e Oliveira (1999).

Quando da instalação dos processos erosivos lineares em função da ocupação do solo, diversos fatores relacionados às condições naturais e antrópicas atuam na sua evolução (sulcos, ravinas e voçorocas). Dentre os fatores naturais destacam-se os tipos de clima, de relevo, de solo, de substrato geológico e da cobertura vegetal (SALOMÃO, 1999; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1994; SALOMÃO, 1994; IPT, 1989).

No que se refere ao clima, a precipitação pluvial é o elemento que pode desencadear o processo erosivo. Os processos iniciam-se com os impactos das gotas de chuva (efeito “*splash*” ou salpicamento) que acabam por causar o desprendimento das partículas e sua remoção pelas águas de escoamento pluvial. A maior ou menor aceleração da erosão vai depender da sua intensidade, duração e frequência das chuvas e uma das avaliações frequentes da capacidade da chuva em promover erosão é a erosividade (BOIN, 2000; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1994). A chuva torrencial constitui-se na forma mais agressiva de impacto da água no solo.

As características das chuvas aliadas às dos solos e do relevo é que resultam em erosões laminar ou linear, conforme exposto. Durante esses eventos as ravinas e voçorocas ativas existentes avançam rapidamente, criando, muitas vezes situações emergenciais nas periferias das cidades, atingindo edificações e/ou interrompendo estradas (IPT, 1989).

O relevo, representado pela topografia do terreno, contribui no processo erosivo como o fator que comanda a velocidade e o volume da enxurrada. Os aspectos da topografia que mais influenciam na erosão são a declividade, o comprimento de rampa ou vertente e a forma da vertente. As maiores declividades favorecem a concentração e o aumento da velocidade das águas superficiais, contribuindo para a capacidade erosiva, ocorrendo o contrário em declividades menores. Mantidas as demais variáveis que condicionam o processo erosivo, o comprimento de rampa é importante porque quanto maior é o caminho percorrido pela água maior é a velocidade que ela atinge e maior será a sua capacidade erosiva. Quanto à forma da vertente. Resende *et al.* (1995), afirmam que sua variação gera escoamentos superficiais diferenciados, promovendo uma ação erosiva maior ou menor. As vertentes convexas correspondem aparentemente à forma em equilíbrio, uma vez que possibilitam o escoamento superficial difuso, favorecendo assim, a retirada de terra por igual, em toda a extensão o que favoreceria mais a erosão laminar. Já as vertentes com forma côncava apresentam comportamento contrário, uma vez que essa forma favorece a concentração das águas superficiais, levando à retirada de terra, principalmente nos canais definidos.

Os tipos de solos estão diretamente relacionados ao relevo e ao substrato rochoso que lhes deram origem, o que, por sua vez, determina a sua

maior ou menor suscetibilidade à erosão. Nos solos que se desenvolvem em relevos planos ou quase planos, há uma tendência à infiltração das águas pluviais, que em contato com o substrato, favorecerá nas regiões tropicais o desenvolvimento de solos profundos (Latosolos) em geral mais resistentes aos processos erosivos, enquanto que nos relevos mais acidentados, onde se predomina o escoamento superficial os solos são rasos (litossolos e cambissolos), menos evoluídos e assim menos resistentes aos processos erosivos.

Já a natureza do substrato geológico favorecerá o desenvolvimento de solos com textura argilosa, média, arenosa, siltosa, etc., o que determina a sua erodibilidade, ou seja, a sua maior ou menor facilidade de serem erodidos. Solos arenosos, sobretudo grossos, por exemplo, são geralmente mais porosos, permitindo a infiltração rápida das águas de chuvas, dificultando o escoamento superficial. No entanto, como possuem baixa porção de partículas argilosas, que atuam como um agente de ligação entre as partículas maiores apresentam maior facilidade para a remoção das partículas, que se verifica, mesmo em pequenas enxurradas. Solos arenosos finos, devido a uma porosidade mais fina permitem também a infiltração, mas de modo mais lento, o que aliado ao volume dos episódios chuvosos, se excede à capacidade de infiltração, poderá causar a concentração de água na superfície.

Além da textura, outras características dos solos condicionam a atuação diferenciada dos processos erosivos como: a estrutura, a permeabilidade, a densidade, as características químicas, mineralógicas e biológicas.

A estrutura refere-se ao modo como se arranjam as partículas do solo (laminar, poliédrica, prismática, etc.) que condicionam a frequência, a morfologia e os graus de conexão da porosidade. Como a textura, influencia na capacidade de infiltração e absorção da água da chuva, bem como na capacidade de arraste das partículas do solo. Solos com estrutura granular, como os latossolos, apresentam alta porcentagem de poros em especial de macroporos fortemente comunicantes, interagregados e, conseqüentemente, alta permeabilidade, favorecendo a infiltração das águas das chuvas, contribuindo para a recarga do aquífero freático. Apresentam também agregação entre as partículas, o que aumenta a resistência do solo ao arraste.

A estabilidade da estrutura em contato com a água depende do grau de desenvolvimento de agregação e do grau de floculação da argila. Esta depende dentre outros, da natureza mineralógica das argilas (1:1 ou 2:1), dos tipos de cátions que a complexam (mono, bi ou trivalentes), da presença ou não de matéria orgânica (mineralizada). As estruturas mais estáveis são aquelas com argilas monossialíticas, fortemente complexadas por cátions bi ou trivalentes e/ou húmus (RUELLAN e DOSSO, 1993).

A permeabilidade está relacionada com a porosidade do solo. Ela determina a maior ou menor capacidade de infiltração das águas de chuva no solo. Geralmente, solos arenosos (areias médias ou grossas) são mais permeáveis que os argilosos ou arenosos finos e siltosos por serem mais porosos. No entanto, em alguns casos dependendo da estruturação, solos argilosos podem apresentar-se altamente porosos e até mais permeáveis que certos solos arenosos, como naqueles já citados em que a estrutura é granular (denominada frequentemente de microagregada).

A densidade do solo é a relação entre a sua massa total e o volume, que é inversamente proporcional à porosidade e permeabilidade. Com a compactação do solo, observa-se um aumento da densidade e, como resultado incorre na diminuição dos macroporos e em função disso o solo torna-se mais erodível, já que a água não infiltrada irá se acumular na sua superfície ou logo abaixo dela (compactação por pé-de-grade) empoçando ou, sob o declive, escorrendo vertente abaixo.

As características químicas, biológicas e mineralógicas do solo influem no estado de agregação entre as partículas, aumentando ou diminuindo a resistência do solo à erosão. Setzer (1949) classificou originalmente os solos do estado de São Paulo em 22 grupos pedológicos, e destacou os mais sensíveis aos fenômenos erosivos como aqueles que apresentam as seguintes características: arenosos, profundos, permeáveis, ácidos e pobres em elementos químicos e em matéria orgânica, onde a agregação é ausente ou insignificante ou ainda muito instável.

No que se refere à vegetação natural ou determinada pelo tipo de cultura agrícola, o seu efeito pode ser assim relacionado: diminui consideravelmente o impacto das gotas de chuva contra a superfície do solo, o que reflete diretamente sobre a desagregação da estrutura, reduzindo o

selamento superficial e, conseqüentemente, aumentando a infiltração da água no solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1994).

Segundo Salomão (1999), nos estudos de erosão linear além do entendimento dos fatores naturais acima descritos, é fundamental conhecer o comportamento da água da chuva e do lençol, uma vez que a ocorrência de fenômenos de ravinamento e voçorocamento podem estar relacionados tanto as características hidráulicas dos materiais da zona de percolação das águas superficiais ou subsuperficiais, quanto ao comportamento piezométrico do lençol. Ainda segundo esse autor, essas características podem ser determinadas em coberturas pedológicas desde que a abordagem se estenda na vertente como um todo, pelo estudo das topossequências. Esta abordagem é conhecida por análise estrutural da cobertura pedológica e permite a identificação dos horizontes pedológicos e a relação espacial entre eles.

A aplicação da abordagem em termos de cobertura pedológica, através de seções longitudinais de solos ao longo da topografia, isto é, em topossequências, permite identificar as áreas nas vertentes com diferentes suscetibilidades ao desenvolvimento de ravinas e voçorocas. Essa abordagem é indicada para estudos detalhados em pequenas e médias escalas até 1:100.000, recomendando-se a aplicação da análise integrada por sobreposição temática, como a morfopedologia (CASTRO e SALOMÃO, 2000; TRICART, 1977).

O manejo e os sistemas de cultivo são fatores determinantes para o surgimento de processos erosivos notadamente ravinas e voçorocas, quando são ausentes ou inadequados, ou ainda quando ocorrem sobre áreas de preservação permanentes. Quaisquer solos submetidos a cultivos tendem a perder a estrutura original dos agregados, como consequência ocorre uma redução dos macroporos e o aumento dos microporos e da densidade. A intensidade das alterações vai depender do tipo de solo e do manejo utilizados.

Bacellar *et al.*, (2005), estudando os processos erosivos na bacia do Maracujá no estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil, afirma que estes surgiram devido às práticas de má gestão do solo no início da colonização européia, no final do século 17, e hoje ainda estão evoluindo, mas em um ritmo mais lento, esclarecendo que as voçorocas ocorrem em áreas de

saprólitos mais espessos, em locais de concentração natural de águas superficiais e subterrâneas (depressões) e que as ravinas são mais comuns nas cabeceiras de drenagem em forma de anfiteatro. Encontrou turfas no interior das várias voçorocas escalonadas, de diferentes épocas, indicando que algumas das mais antigas tinham sido reativadas pelo uso, às vezes mais do uma vez. Augustin e Aranha (2006), encontraram também em Minas Gerais, na região de Gouveia, fenômenos de *piping* associados tanto a processos de recuo das cabeceiras de drenagem, quanto ao de alargamento das paredes das voçorocas, em áreas com cobertura vegetal predominante de cerrado (desde campo sujo até o cerrado propriamente dito) com vários níveis de degradação.

Há uma concordância entre os autores sobre os danos causados pelos desmatamentos seguidos pelas queimadas como sendo um dos fatores decisivos para o surgimento de ravinas e voçorocas (SALOMÃO, 1994; SETZER, 1949). A destruição da cobertura vegetal e de matéria orgânica influi nas alterações da velocidade e volume de infiltração e de escoamento superficial, pelo revolvimento do solo e o impacto direto das gotas sobre estruturas destruídas contribuindo para o surgimento das erosões lineares (SALOMÃO, 1994). Muitas vezes as chuvas que caem sobre solos suscetíveis, mas em áreas densamente vegetadas, não são tão desastrosas como quando caem, com o mesmo volume e intensidade, sobre as mesmas áreas equivalentes, porém desmatadas.

Garantir a máxima infiltração e menor escoamento superficial é a concepção fundamental das práticas conservacionistas de controle dos processos erosivos. Nesse sentido, as técnicas de conservação do solo adotadas na agricultura podem ser agrupadas em práticas edáficas, vegetativas e mecânicas. As técnicas de caráter edáfico e vegetativo são as menos dispendiosas e de fácil aplicação, pois ajustam o sistema de cultivo de forma a evitar perdas de água e solo (SALOMÃO, 1999; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

As práticas edáficas mantêm ou melhoram as condições de fertilidade do solo e, indiretamente controlam a erosão. Entre essas práticas destacam-se o controle do fogo, a adubação verde, a adubação química, adubação orgânica, e o plantio direto, rotação de culturas e a calagem. As práticas vegetativas utilizam a cobertura vegetal como critério básico para reduzir os impactos das

gotas de chuva sobre os agregados dos solos, o que reflete diretamente sobre a desagregação da estrutura, reduzindo o selamento superficial e, conseqüentemente, diminuindo o escoamento superficial e o transporte de sedimentos. Destacam-se as seguintes: plantas de cobertura normalmente utilizadas em culturas permanentes como café, laranja, etc.; cultura em faixas, intercalando culturas anuais ou semi-perenes (cana-de-açúcar); cordões de vegetação; alternância de capinas e quebra-ventos. As práticas mecânicas utilizam estruturas artificiais para interceptar o escoamento superficial. Destacam-se o plantio em nível; o terraceamento e os canais escoadouros (SALOMÃO, 1999; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

Pelo exposto, pode-se perceber que além dos fatores naturais que condicionam as diferentes suscetibilidades do solo ao desenvolvimento dos processos erosivos, as formas inadequadas de uso e manejo do solo são as principais causas dos problemas erosivos, já que os mesmos podem (e devem) ser prevenidos. Percebe-se também que uma vez instaladas as feições erosivas aceleradas, sua evolução depende também de fatores intrínsecos do próprio material e do reajuste hidráulico ao novo nível de base após a liberação do freático e seu rebaixamento. Uma voçoroca evolui remontantemente até encontrar esse equilíbrio (SALOMÃO, 1999; IPT, 1986).

Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. Bases conceituais e o papel do conhecimento na previsão de impactos. In: AB'SABER, A. N. e PLANTENBERG C. M. (org.) Previsão de Impactos: O estudo do impacto ambiental no leste, oeste e sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

AB'SABER, A. N.; PLANTENBERG C. M. (org.) Previsão de Impactos: O estudo do impacto ambiental no leste, oeste e sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. *Piping* em área de voçorocamento, nordeste de Minas Gerais. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 7, nº 1, 2006.

BACELLAR, L. de A. P.; LACERDA, W. A.; COELHO NETO, A. L.; Controlling factors of gullyng in the Maracujá Catchment, Southeastern Brazil; Earth Surf. Process. Landforms 30, 1369-1385 (2005) Published

online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/esp.1193.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Livro CERES, 368 pág. 1985.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Controle de voçorocas in: Manual técnico de manejo e conservação do solo e água. Tecnologias disponíveis para a implementação de técnicas complementares no solo, vol. V, Campinas-SP: Centro de Comunicação Rural - CECOR - CATI/SAA 1994.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. Caderno de Ciências da Terra, n. 13, USP. São Paulo, 1971.

BOIN, M. N. Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, 2000.

CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. de T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: Considerações Metodológicas. Campinas, SP. Revista GEOUSP, Nº 7, p. 27-37, 2000.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P.; Riscos Geológicos. In: Geologia de Engenharia. Associação Brasileira de Geologia, 1998.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. 1ª ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher. 1999.

DREW, D. Processos interativos homem-meio ambiente. 4ª ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. T. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1999.

HOLLING, C. S. Surprise for Science, resilience for ecosystems, and incentives for People. Ecological Applications 6(3) 733-735. 1996.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. Controle de Erosão: Bases Conceituais e Técnicas. Diretrizes para o Planejamento Urbano e Regional, Orientação para o Controle de Boçorocas Urbanas. São Paulo: Secretaria de Energia e Saneamento, Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo, 1989.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. Relatório Investigação da Fenomenologia e Diretriz para o Controle corretivo e Preventivo de Nove Feições Erosivas Lineares e Respectivas Bacias de Contribuição - Bacia Hidrográfica do Alto Araguaia, GO/MT, São Paulo: 1998.

LEFF, E. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental: PHILLIP JR., A. Interdisciplinaridade em ciências ambientais. São Paulo, Signus, 2000.

LEPSCH, I. Manual para o levantamento do meio físico de classificação das terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: Soc. Bras. de Ciência do Solo. 1991.

LEUKERT, K. Utilização de dados de SIG para obtenção de objetos. In: Sensoriamento Remoto e SIG Avançados. BASCHKE, T e KUX, H.(org.). Oficina de Textos. São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, C. J. F. A Suscetibilidade dos solos aos processos erosivos lineares nas sub-bacias do alto rio Araguaia e rio Babilônia. Monografia (Bacharelado em Geografia), Goiânia: UFG/IESA, 1999.

PHILIPPI, JR. A.; TUCCI, C. E. M.; HOGAN, D. J.; NAVEGANTES, R. (Editores). Interdisciplinaridade em ciências ambientais. São Paulo, Signus Editora, 2000. 318p.

QUEIROZ NETO, P. J. Erosão dos solos tropicais e seu controle: o exemplo do estado de São Paulo. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Anais... Goiânia. maio, 2001.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S, B de; CORRÊA, G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995.

Resolução CONAMA nº 001 23/01/1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 24/01/2010.

ROSS, J. L. S. Análise empírica dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia - FFLCH-USP, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

RUELLAN, A., DOSSO, M. Regards sur le sol, Foucher-AUF, Dijon-Paris: 1993.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.

SALOMÃO, X. F. Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1994.

SCHEIWE, J.; TUFTE, L. O Potencial dos procedimentos baseados em regiões para avaliação integrada de dados de SIG e sensoriamento remoto. In: Sensoriamento Remoto e SIG Avançados. BASCHKE, T. e KUX, H. (org.). Oficina de Textos. São Paulo, 2005.

SETZER, J. 1949. Os solos do Estado de São Paulo. Biblioteca Geográfica Brasileira, série A, publicação n. 6, IBGE, Rio de Janeiro.

TRICART, J. In: Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1977.

TRICART, J.; KILIAN, J. La ecogeografia y la ordenacion del medio natural. Barcelona: Editorial Anagrama, 1979.

C
A
P
Í
T
U
L
O

III

A
R
T
I
G
O
S

Neste capítulo são apresentados os três artigos produzidos no contexto desta tese:

Artigo 1 – Cobertura vegetal e mudanças de uso da terra nas bacias dos rios Claro e dos Bois, afluentes do rio Araguaia, no Estado de Goiás.

Artigo 2 – Aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás e avaliação dos conflitos de uso.

Artigo 3 – Impactos erosivos lineares: distribuição, fatores condicionantes naturais e antrópicos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás - uma contribuição metodológica.

A ordem dos artigos inicia-se pela temática relativa à cobertura vegetal e uso da terra passando para a temática relativa aos conflitos entre aptidão e uso, e finaliza com a identificação e quantificação das erosões lineares e do assoreamento que são os principais processos decorrentes do desmatamento e conversão das terras ao uso agropecuário que ocorrem na área de pesquisa. Essa lógica revela a fundamentação teórica adotada em que os impactos ambientais resultam do uso e manejo inadequados das terras, algumas delas até sem aptidão agropecuária e submetida ao manejo intensivo.

ARTIGO 1

**COBERTURA VEGETAL E MUDANÇAS DE USO DA TERRA NAS BACIAS DOS
RIOS CLARO E DOS BOIS, AFLUENTES DO RIO ARAGUAIA, NO ESTADO DE
GOIÁS**

Cobertura vegetal e mudanças de uso da terra nas bacias dos rios Claro e dos Bois, afluentes do rio Araguaia, no Estado de Goiás¹

Maria Gonçalves da Silva Barbalho²

Selma Simões de Castro³

Resumo

Analisa-se a evolução do uso da terra nas sub-bacias dos rios Claro e dos Bois integrantes da alta bacia do rio Araguaia, estado de Goiás, a partir das imagens dos sensores MSS2 e TM5 e auxílio do programa SPRING/INPE. Sendo uma área pouco estudada até o momento e que sofreu maior taxa de desmatamento, nas últimas três décadas, objetiva-se caracterizar a evolução da conversão da cobertura original em uso agropecuário com base na análise dos mapas de uso da terra na escala 1/100.000 dos anos de 1975, 1981, 1985, 1990, 2000 e 2008, por marcarem o início, a evolução e o estado de uso atual da área. Os resultados revelaram taxas de conversão de 2,62% em 1975 para mais de 40% em 1990, mantendo-se estável até 2008 e que a conversão foi em pastagem, uso ainda hoje dominante, mas, que a partir de 1990 inicia-se sua reconversão em agricultura ao norte, antes Campos Úmidos, com inúmeros lagos. É quando se instalam também as erosões lineares e assoreamento, que somados à perda da biodiversidade pelo desmatamento, caracterizam os processos resultantes dos impactos do uso da terra.

Palavras-chave: evolução do uso da terra, sensoriamento remoto, erosão, alta bacia do rio Araguaia, Estado de Goiás, Brasil.

¹Parte da tese de doutorado da primeira autora.

²Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - Nível Doutorado, da Universidade Federal de Goiás - UFG.

³Prof^a. Titular de Geografia Física do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás.

Abstract

The evolution of the use and land cover in sub-basins of the rivers Bois and Claro, belongings of the upper Araguaia river basin in the State of Goiás, from the image sensor MSS2 and TM5 with the aid of SPRING/INPE was analyzed. Being an area with few studies so far and has suffered the highest rate of deforestation in the last three decades, the study aimed to characterize the evolution of the original cover conversion in agricultural use based on analysis of maps of land use on the scale of 1/100.000 years 1975, 1981, 1985, 1990, 2000 and 2008, by scoring the beginning, evolution and current use of the area. The results showed conversion rates from 2.62% in 1975 to over 40% in 1990 and remained stable until 2008 and that the conversion to pasture, the dominant use today, but that from 1990 begins a conversion of agriculture to the north, before the wet grassland, with numerous lakes. It's also when installing the linear erosion and siltation, which added to the loss of biodiversity, deforestation, characterize the processes resulting from the impacts of land use.

Keywords: land and use evolution, remote sensing, erosion, upper Araguaia river basin, Goiás State, Brazil.

Introdução

Na alta bacia do rio Araguaia o ritmo acelerado da conversão das terras para o desenvolvimento das atividades agropecuárias nos últimos 40 anos, tem sido relatado por vários pesquisadores preocupados com as consequências do desmatamento intensivo e indiscriminado dos Cerrados. Fomentada pelo próprio Governo Federal através do Programa de Desenvolvimento dos Cerrados - POLOCENTRO (1975-1979), visando a expansão da uma nova fronteira agrícola no país, a partir da modernização das atividades agropecuárias e da instalação de infra-estrutura (estradas e energia), nem sempre considerando as modernas práticas de manejo e conservação do solo, favoreceu a ocupação rápida das melhores terras e de pastagens nas demais, desencadeando vários impactos ambientais negativos, sobretudo nas áreas

mais frágeis, muitas vezes irreversíveis, como a perda da biodiversidade devido aos desmatamentos intensivos e posteriormente outros relacionados aos usos e manejos solos e dos recursos hídricos, como a erosão hídrica (CASTRO e QUEIROZ NETO, 2009; BARREIRA, 2004; CUNHA, 1994; NOVAES PINTO, 1993).

Assim, as atividades agropecuárias desenvolvidas na região, com extensas lavouras para a produção de grãos, sobretudo soja, voltadas para atender ao mercado externo (FARIA e CASTRO, 2007; e SANTANA *et al.*, 2007), vem sendo relacionados à discrepância de uso e manejo das terras frágeis de baixa aptidão a lavouras, indutoras da proliferação de focos erosivos lineares e laminares, inclusive associados a processos de arenização (desertificação induzida) que foram mais recentemente evidenciados por Faria e Castro (2007); Santana *et al.* (2007); Silva e Castro (2006); Castro (2005); Xavier, Castro e Barbalho (2005); Marinho e Castro (2003); Barbalho *et al.* (2001).

No lado goiano da alta bacia do rio Araguaia, onde se localizam as sub-bacias dos rios dos Peixes, Caiapó, Claro e dos Bois, estas duas objeto deste artigo, ocorre uma fragmentação das Formações Savânicas e Florestais em remanescentes pequenos e dispersos, cuja taxa de fragmentação está próxima daquela ($\approx 50\%$) apontada para o Cerrado como um todo (FARIA e CASTRO, 2007), e pela conversão em uso agropecuário, sobretudo em pastagem. Para o setor sul da referida bacia onde se localiza a nascente do rio Araguaia, próxima a uma grande unidade de conservação federal, o Parque Nacional das Emas, esse e outros estudos também revelaram uma notável taxa de conversão das fitofisionomias originais em favor da pastagem e agricultura, onde os fragmentos de vegetação encontram-se sob forte ameaça, mas ainda são passíveis de recuperação, devido seu grau de conservação e a proximidade entre si (CABACINHA e CASTRO, 2009), como anteriormente sugerido por Castro, Xavier e Macedo (2004) no Plano de Controle de Erosão Linear elaborado para a área, que contém uma proposta dos mini corredores ecológicos para a recomposição ambiental dessa área.

A importância do levantamento e mapeamento do uso e cobertura das terras pode subsidiar análises e avaliação de tendências, quando feito com base em séries históricas, e assim detectar taxas de desmatamento, de conversão, os tipos de uso e as chaves-padrão das mudanças de uso, o que pode auxiliar na tomada de decisão, em termos de planejamento regional ou local quando permite projeção de cenários a partir de tendências.

Paralelamente, análises concomitantes a essas, relativas aos processos e estágios de desenvolvimento dos impactos ambientais desencadeados em consequência dos desmatamentos e características da conversão ao uso agropecuário intensivo de alguns solos e recursos hídricos, além da sua capacidade de suporte, e cumulativamente no tempo, considerando os diferentes tipos de manejo adotados, podem, da mesma forma, auxiliar na identificação de áreas suscetíveis e sua relação com os riscos, bem como dos processos relacionados.

As séries históricas de imagens de satélite correspondem a um conjunto delas em datas sucessivas de uma dada área, e sua análise e tratamento estatístico podem contribuir para identificação do momento em que surgiram esses processos, onde se instalaram, e para onde se propagaram ou propagarão, de modo a subsidiar ações de controle visando a sustentabilidade ambiental (MAEDA *et al.*, 2008; SANO *et al.*, 2008a; ARAÚJO FILHO *et al.*, 2007; ASSAD e SANO, 1998; ALVES e SKOLE, 1996; PINTO *et al.*, 1988; SHIMABUKURO *et al.*, 1982; MENDONÇA, 1981; entre outros).

Outra vantagem da utilização de imagens de satélite e das técnicas de geoprocessamento para os mapeamentos, é a rapidez e precisão, inclusive quantitativa, na obtenção das informações, o que, vem tornando-as cada vez mais requisitadas e amplamente empregadas para os estudos ambientais, inclusive de sistemas de monitoramento visando alertas, sobretudo de desmatamentos e queimadas ilegais (SANO *et al.*, 2008b; NOVO *et al.*, 2005; BORGES *et al.*, 1993; SHIMABUKURO *et al.*, 1982). Como exemplo destaca-se o SIAD (Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos), desenvolvido a partir de uma parceria entre o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) e a Universidade Federal de Goiás (UFG), que possibilita que os desmatamentos

detectados sejam analisados quanto a suas causas, impactos e tendências (FERREIRA *et al.*, 2007a e 2007b).

O presente trabalho partiu do suposto de que o ritmo acelerado e a intensidade da ocupação das terras podem ser quantificados e qualificados através de uma série histórica de produtos de sensoriamento remoto orbital, como um instrumento de análise dos processos de degradação ambiental, como os constatados na área de estudo. Some-se a isso a possibilidade que facilitem o cálculo das taxas de mudanças de uso de modo a avaliar as alterações espaciais (areolares) num período considerado nos ecossistemas existentes, através do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Além disso, este tipo de trabalho, quando feito em uma escala de semidetalhe (1:100.000 ou maior) pode fornecer informações mais consistentes sobre a evolução do uso de bacias hidrográficas de médio porte, como a focada neste artigo (CUNHA, 2002; CHRISTOFOLETTI, 1981).

Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar a cobertura vegetal e as mudanças de uso da terra nas bacias dos rios do Claro e dos Bois afluentes da margem direita do rio Araguaia, estado de Goiás, a partir das imagens do sensor MSS e TM dos Satélites LANDSAT em seis datas sucessivas: em 1975, quando teve início o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados - POLOCENTRO, indutor de intensa ocupação dessa área, caracterizada como parte da nova fronteira agrícola no país; nos anos de 1981 e 1985, onde já era evidente o forte desmatamento iniciado na década anterior, relacionado à expansão dessa fronteira; em 1990 e 2000 já convertida em pleno uso agropecuário, uma vez consolidada a fronteira; e 2008, onde se verifica o uso atual da terra. Esse período de análise corresponde a mais de 30 anos.

Área de Pesquisa

As bacias dos rios Claro e dos Bois possuem juntas uma área de aproximadamente 12.100 km² e se localizam entre as coordenadas geográficas de 17°01'23" e 15°22'07" de latitude sul e entre 51°58'18" a 49°54'34" de longitude oeste (Figura 1).

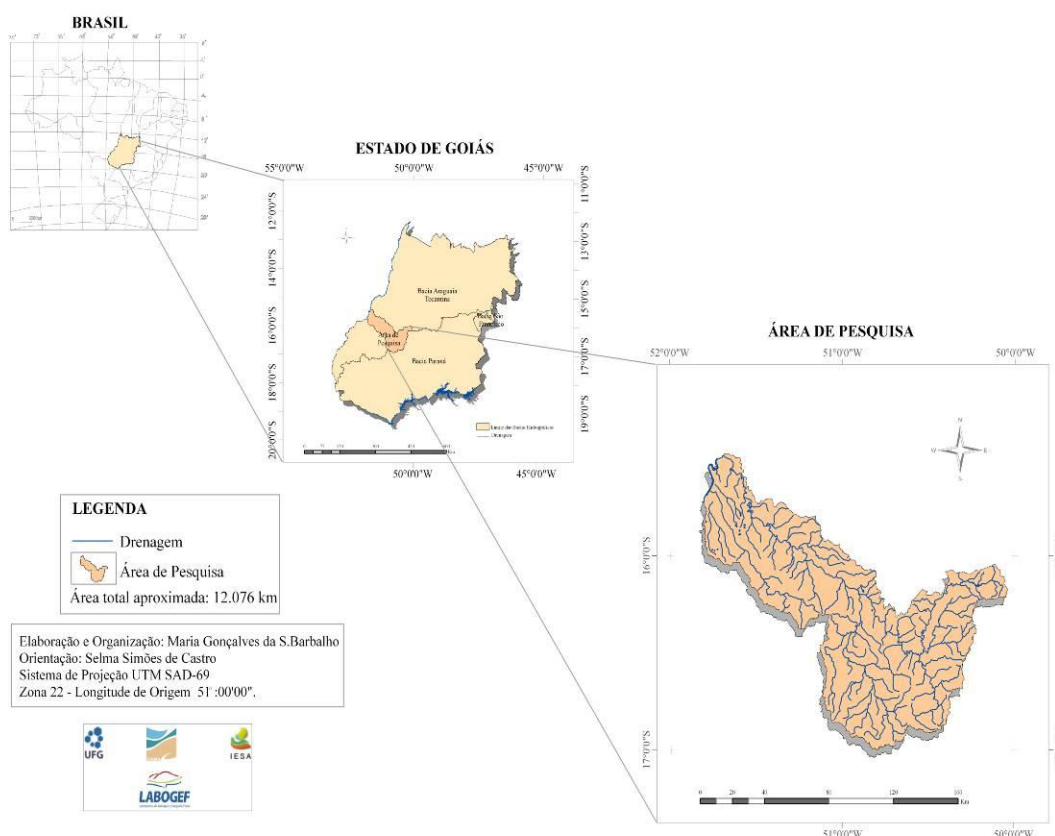


Figura 1 – Localização das bacias dos rios Claro e dos Bois, no Estado de Goiás.

O clima dominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente sub-úmido (Aw) que se caracteriza por apresentar duas estações bem definidas e contrastadas, uma seca que corresponde ao período outono-inverno e a outra úmida de primavera-verão, e temperaturas médias anuais de 23°C, o que permite atribuir uma forte sazonalidade à área (CIANCIARUSO *et al.*, 2005; De-CAMPOS *et al.*, 2002; SARMIENTO, 1983) e avaliar comportamentos e impactos distintos de cada estação.

Dominam as coberturas e ecossistemas do bioma Cerrado onde, a partir da interpretação das imagens de satélite LANDSAT MSS (1975) foram originalmente identificadas Formações Savânicas através do Cerrado sentido restrito; Formações Florestais através das Matas Ciliares e Mata Galeria e Formações Campestres representados pelos Campos Úmidos, de acordo com a classificação de Ribeiro e Walter (1998).

Segundo estes autores, o Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações

irregulares e retorcidas, geralmente com evidências de queimadas. As folhas em geral são rígidas e coriáceas. Essas características fornecem aspectos de adaptação à condição de estação seca prolongada. Dentre as subdivisões fisionômicas do Cerrado sentido restrito, foram identificadas na área o Cerrado Denso, o Cerrado Ralo e o Cerrado Rupestre.

O Cerrado Denso é um tipo de vegetação predominantemente arbóreo, com cobertura de 50 a 70% e altura média de cinco a oito metros. Os estratos arbustivos e herbáceos são ralos. Ocorre principalmente em áreas ocupadas principalmente por Neossolos Quartzarênicos órticos, Cambissolos Háplicos distróficos e eutróficos, situado nas porções norte e centro-sul da bacia, respectivamente.

O Cerrado Ralo é um tipo de vegetação arbóreo-arbustiva, com cobertura arbórea de 20 a 50% e altura média de dois a três metros. Trata-se da forma mais baixa e menos densa do Cerrado sentido restrito. Ocorre principalmente associada às manchas de Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, Neossolos Quartzarênicos órticos e Neossolos Litólicos, situados nas porções centro-norte, sul e leste da bacia.

O Cerrado Rupestre apresenta uma cobertura de 5 a 20% com altura média de dois a quatro metros, ocorrendo em áreas de afloramentos rochosos, sobretudo nas cristas da Serra Dourada.

As Matas Ciliares e Galeria apresentam-se dispostas ao longo dos cursos d'água e cabeceiras de drenagens. Quase sempre são circundadas por vegetação não florestal, em ambas as margens, em transição para as Formações Savânicas e Campestres. As árvores variam em altura de 20 a 25 metros. Nesta faixa, os solos podem ser rasos como os Neossolos Litólicos ou profundos com Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos ou ainda pouco profundos como os Gleissolos Melânicos distróficos.

Os Campos Úmidos correspondem às fitofisionomias herbáceas, com ausência de arbustos e árvores. Ocorre ao norte da área, nas planícies de inundação dos rios Araguaia, Claro e dos Bois nos Gleissolos Melânicos distróficos.

As litologias são bastante diversificadas relacionadas ao Embasamento Cristalino grosso modo ao sul e à Bacia Sedimentar do Paraná, ao norte. A parte leste e centro da área está inserida na Província do Tocantins, que é uma unidade tectônica Neoproterozóica (DELGADO *et al.*, 2003). Correspondente às rochas mais antigas de Goiás. Esta província foi dividida por Lacerda Filho e Frasca (2008), nas faixas Brasília, Araguaia e Paraguai. Das unidades que compõem a faixa Brasília, dominantes na área de pesquisa, ocorrem litologias do embasamento cristalino, representado pelas litologias dos complexos Granito-Gnaíssico, Greestone Belts e incluem suítes gabro dioríticas, intrusões graníticas e diques máfico-ultramáficos; e as do Arco Magmático de Goiás que é composto por rochas graníticas sintectônicas, sequência metavulcanossedimentar e granitos sin a tardi e pós-tectônicos.

A Bacia do Paraná está representada na área nas porções centro-noroeste: pela Formação Furnas, composta por arenitos esbranquiçados a róseos, feldspáticos ou caoliníticos; pela Formação Ponta Grossa composta por folhelhos cinza a marrom-avermelhados intercalados de arenitos brancos a marrons ou esverdeados, finos a muito finos, micáceos e feldspáticos, finamente estratificado; pela Formação Aquidauana, composta de arenitos médios a grossos, friáveis, às vezes feldspáticos, associados à siltitos e argilitos intercalados, de ambiente fluvial e lacustre e a presença de diamictitos sugere a influência glacial; pelo Complexo Alcalino Iporá que compreende pequenas intrusões na Formação Furnas e é composto por dunitos, peritoditos, piroxênios, serpentinitos, gabros, sienogabros, nefelina sienitos, silixistos, carbonatitos, kimberlitos e laprófilos. Apresenta ainda, áreas com coberturas cenozóicas da Formação Araguaia, compostas de conglomerado basal com seixos poligênicos em matriz areno-argilosa, seguido de arenitos vermelhos pouco compactos capeados por siltes e areias siltosas de granulometria e coloração variadas (LACERDA FILHO e FRASCA, 2008).

As Formações Superficiais, mais recentes, estão representadas pelas Coberturas Detrito-lateríticas ferruginosas que compreendem sedimentos aluviais ou coluviais constituídos por conglomerados oligomíticos com seixos de quartzito e lateritos autóctones, com carapaças ferruginosas do Terço-

Quaternário; e pelos Depósitos aluvionares que compreendem as acumulações de sedimentos de calha e de planície de inundação, compostos por areias finas e grossas, cascalhos e lentes de material silto-argiloso, além de turfa, do Quaternário, que ocorrem na porção norte da bacia.

A geomorfologia é caracterizada pela predominância de formas denudacionais (LATRUBESSE e CARVALHO, 2006), ou seja, residuais erosivas, onde se destacam: a Superfície Regional de Aplainamento – SRA, com as seguintes subunidades: SRAIIB, SRAIIIA e SRAIVC1, SRAIVC2; os Morros e Colinas - MC; as Estruturas Dobradas - ED e as Zonas de Erosão Recuante - ZER. As SRA são amplas e suavizadas, o que favorece usos agropecuários, sobretudo relacionados a solos mais profundos e desenvolvidos. As áreas constituídas por Morros e Colinas são sustentadas por remanescentes de litologias mais resistentes à erosão, como os ortognaisses e os granitóides, testemunhas das antigas superfícies regionais de aplainamento à medida que estas evoluíram. As Estruturas Dobradas relacionam-se à tectônica de dobramentos pré-cambrianos, representados pelos domos e *hogbacks*. As Zonas de Erosão Recuante - ZER são caracterizadas como grandes reentrâncias que marcam a erosão das superfícies de aplainamento antigas a partir de um nível de base local, associado à rede de drenagem, desenvolvidos sobre rochas sedimentares. À medida que a ZER evolui, surge uma paisagem de morros e colinas residuais. E, finalmente a Planície Fluvial e a Faixa Aluvial.

As classes de solos de maior representatividade na área são os Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos que dominam nos relevos planos a suave ondulados das SRAIVC1 e 2, situados a norte da área, relacionados aos Sedimentos Detrítico-lateríticos Terço-Quaternários que recobrem essas superfícies; os Neossolos Quartzarênicos álicos que ocorrem nas áreas com relevos suaves e ondulados da SRAIIB e ZER, situados ao sul da área, associados ao substrato arenítico da Formação Aquidauana; os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e distróficos que ocorrem nas porções centro-leste e centro-oeste da área, associados ao substrato da Faixa Brasília e a relevos mais acidentados da SRAIVC1, ZER e MC. Os Cambissolos eutróficos

e distróficos se localizam nas porções leste, centro-norte e sul nos relevos SRAIVC1 e ZER, sustentados também, por litologias da Faixa Brasília. Os Neossolos Litólicos distróficos ocorrem nas áreas com relevo movimentado, em situações escarpadas nas porções centro-norte e leste da área, nos relevos de estruturas dobradas, morros e colinas - HB_ED_MC, como na Serra de Santa Marta; e por fim os Gleissolos Melânicos distróficos que ocorrem nos fundos dos vales e planícies dos rios Araguaia, Claro e dos Bois nos relevos das SRAIVC1 e SRAIVC-2.

Metodologia

Foram utilizadas imagens LANDSAT, inicialmente do sensor MSS, mais antigas, com resolução de 80 metros para o ano 1975 e 1981. Para 1985, 1990, 2000 e 2008 foram utilizadas imagens do sensor TM5, mais recente, já com resolução de 30 metros. As bandas selecionadas dos sensores MSS e TM são respectivamente 456/GRB e 345/RGB. As imagens foram baixadas gratuitamente do site do INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, compondo quatro cenas para cobrir a área, localizadas nas órbitas 239 e 240 e pontos 71 e 72 do sensor MSS e órbitas 222 e 223 e pontos 71 e 72 do sensor TM. As datas foram: 03/08 e 20/08/1975; 01/07 e 02/07/1981; 12/06, 21/06 e 14/07/1985; 10/06, 19/06 e 05/07/1990; 06/05 e 13/05/2000; 10/05/2008 e 06/05/2008, respectivamente, selecionadas em função da melhor visibilidade que coincide com o outono-inverno.

As imagens foram registradas para o sistema de projeção cartográfica UTM (*Universal Transverse Mercator*) e datum horizontal SAD69, através da cena ortorretificada do Landsat ETM+ (geocover) no programa ENVI 4.3 e realçadas pela técnica de expansão linear de contraste no programa SPRING 4.2/INPE.

Para o mapeamento dos diversos tipos de uso das terras da área estudada, na escala 1:100.000, foi realizada a segmentação das imagens (BLASCHKE e KUX, 2005; CRÓSTA, 1993; EARTHAL *et al.*, 1991). O limiar de similaridade e área de pixel utilizados nas imagens foram de 5 e 10 respectivamente. Esses valores foram adotados após a realização de vários testes. O procedimento do processo de segmentação está representado na Figura 2.

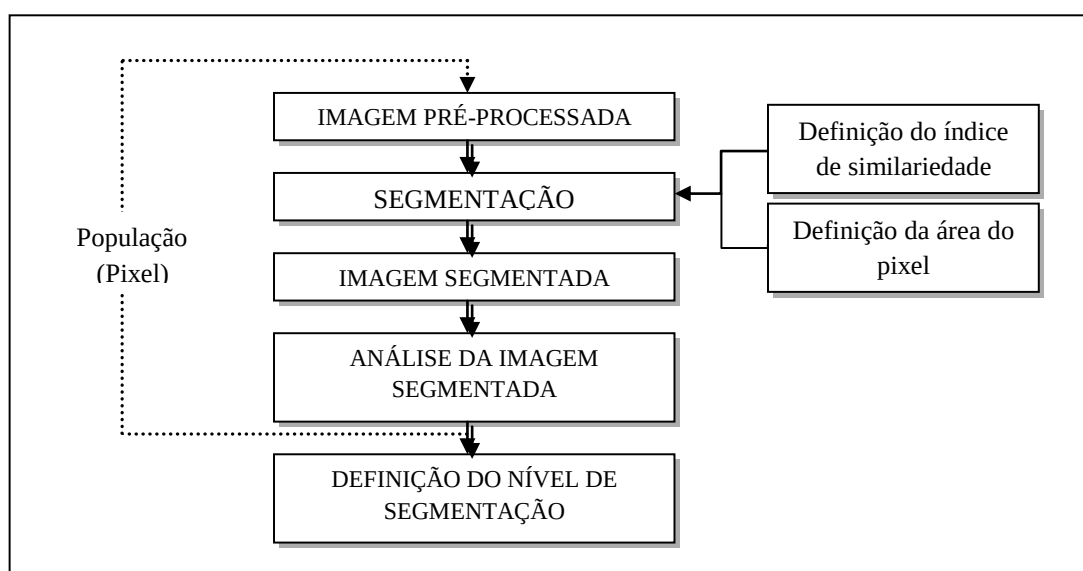


Figura 2 – Processo de segmentação (adaptado de COUTINHO, 1997).

Posteriormente, foi realizada a classificação, cuja qualidade da separação entre os diversos tipos de cobertura e usos da terra é dependente direta do resultado da segmentação. Foi utilizado o classificador Battacharya, que é um dos algoritmos disponíveis no SPRING/4.2 para classificar regiões de uma imagem segmentada. Ele requer a interação do usuário para identificar/classificar as regiões formadas na segmentação de imagens. Os erros de classificação foram corrigidos em edição vetorial e interpretação visual no ARCGIS 9.4 onde foram finalizados os mapas. A classificação do uso da terra foi realizada identificando as classes a partir da interpretação das imagens coloridas, e seguiu a proposta metodológica utilizada por Santos *et al.* (1981) que consiste em identificar as classes espectrais na imagem em função dos diferentes critérios de interpretação relacionados com a tonalidade, a textura e a forma geométrica.

No Quadro 1 apresenta-se a chave para a interpretação visual utilizada para o mapeamento dos usos das terras e as classes identificadas nas imagens LANDAST TM e MSS, composição colorida RGB/543 e 456.

Quadro 1 – Chave para interpretação das imagens LANDSAT⁴.

<i>Uso da terra</i>	<i>Cor e tonalidade</i>	<i>Textura</i>	<i>Limite</i>	<i>Forma</i>	<i>Observações</i>
Área urbana	Tons claros	Grosseira	Definido	Irregular	Apresenta um conjunto de pequenas feições/objetos que se caracterizam pela grande variação de níveis de cinza.
Corpos d'água	Preto	Fina	Definido	Irregular	
Formações Florestais	Verde escuro	Média	Definido	Regular/Irregular	Nesta categoria foram agrupadas a Mata Seca, Mata Ciliar e Cerradão, os quais apresentam características similares dos níveis digitais.
Formações Savânicas	Verde claro/Marrom	Fina/Média	Indefinido	Irregular	Nesta categoria foram agrupadas o Cerrado Ralo, o Cerrado Típico, o Parque Cerrado e o Palmeiral.
Formações Campestres	Verde escuro	Média/Grosseira	Indefinido	Irregular	Nesta categoria foram agrupadas o Campo Úmido e o Campo Rupestre.
Pastagem	Amarelo/Verde claro	Média	Definido	Regular	Nesta categoria não foi possível diferenciar pastagem natural de cultivada.
Cultura	Verde	Média	Definido	Regular	Foram incluídas nesta categoria todas as culturas de ciclo longo e de curto (cana, milho, etc.), uma vez que é muito difícil a separação porque apresentam resposta espectral semelhante. Como também as áreas preparadas para cultivo e/ou colhidas.
Rede Viária	Tons claros	Média	Definido	Regular	
Sombra/Nuvem	Tons escuros /claros	Fina/Média	Indefinido	Irregular	

A vegetação natural que ainda ocorre na área da bacia foi classificada segundo a proposta de Ribeiro e Walter (1998), exceto para as manchas, com baixa resolução espacial das imagens e grande variação de níveis de cinza que apresentam. Para os anos de 1975 a 1981 todas as áreas desmatadas foram

⁴Adaptado de Azevedo e Mangabeira, 2001.

classificadas como pastagem, uma vez que não foram identificadas lavouras na interpretação, fato convalidado pelos dados censitários do IBGE do período.

Cabe ressaltar que as cores utilizadas para o mapeamento das classes de uso e cobertura foram escolhidas para permitir uma melhor visualização das classes nos mapas através dos contrastes.

Seguiram-se trabalhos de campo para a validação do mapa atual, sobretudo para identificação das fitofisionomias e distinção das pastagens naturais e plantadas, com base em roteiros que abrangeram quase a totalidade da área de estudo, por representatividade. Com a utilização do GPS (*Global Positioning System*) foram registrados, no campo, os pontos que permitiram as correções do mapeamento. Também foram tiradas várias fotos dos usos e fitofisionomias, com o fim de ilustração dos padrões de cobertura.

Resultados e Discussões

As imagens do sensor MSS possibilitaram, de forma satisfatória, a identificação do uso e cobertura da terra, para os anos de 1975 e 1981, apesar da baixa resolução espacial, conforme pode ser observado nos mapas apresentados nas Figuras 3 e 4.

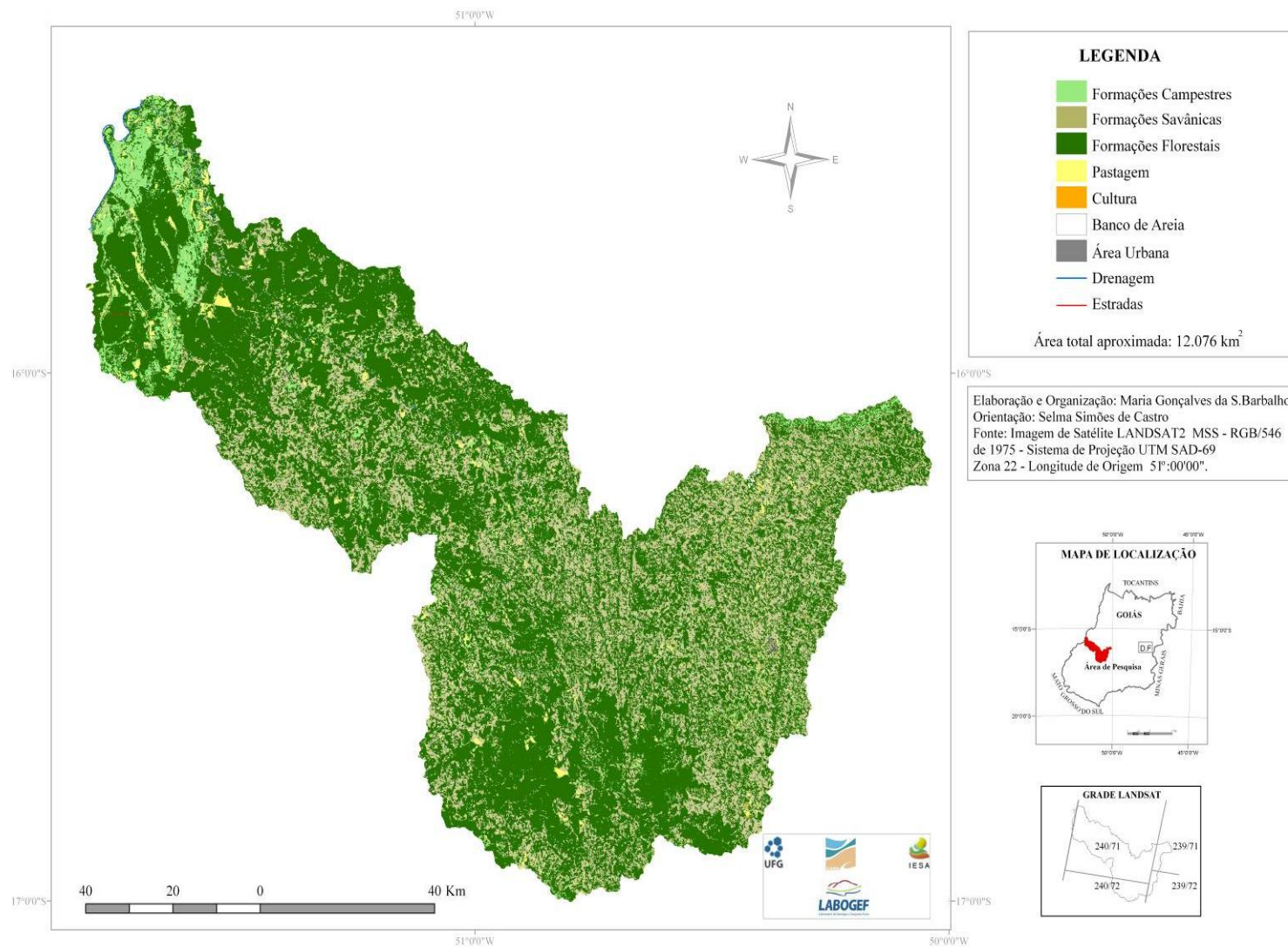


Figura 3 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra de 1975 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

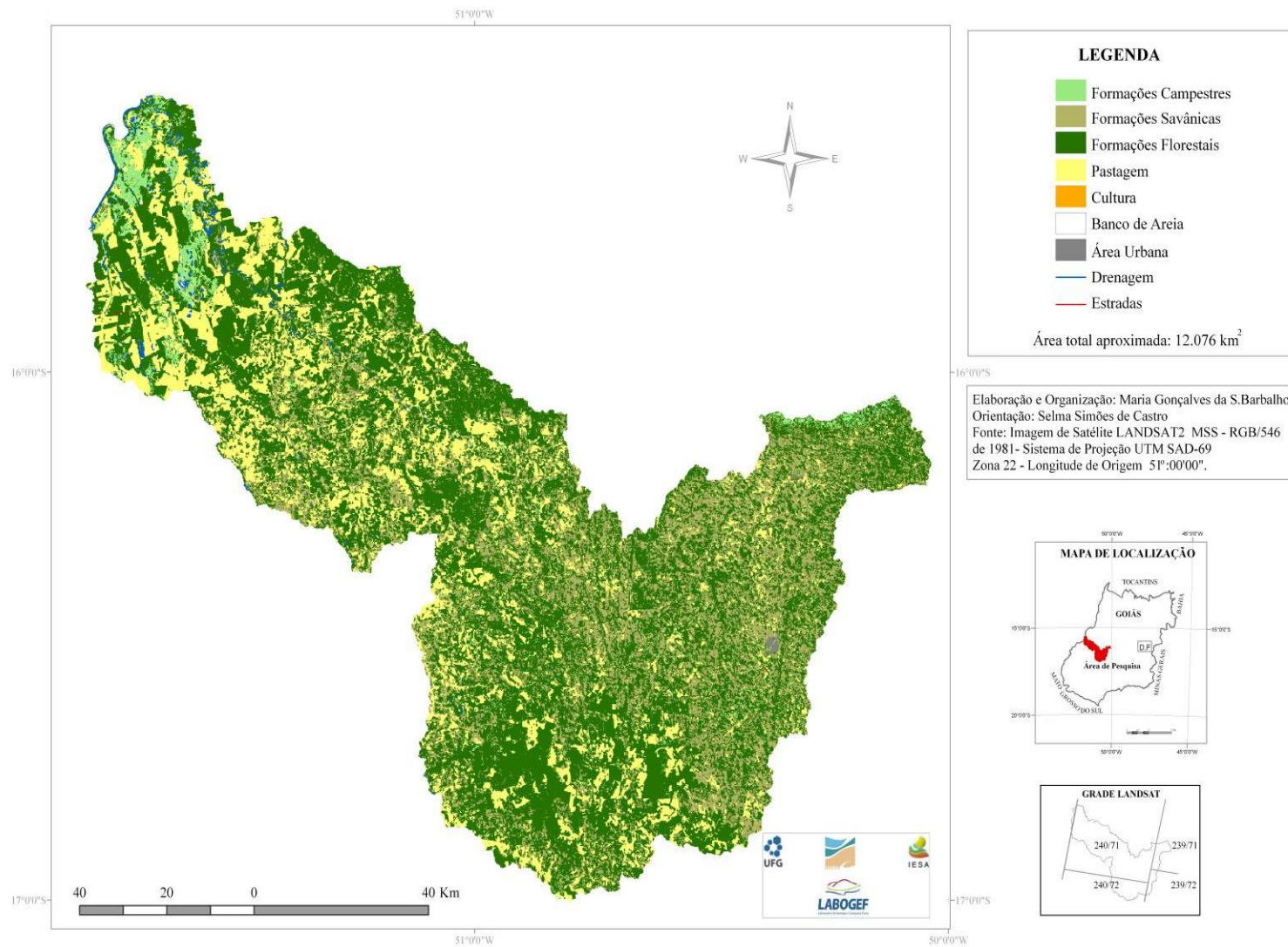


Figura 4 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra de 1981 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

No ano de 1975 (Figura 3) apenas 2,62% da cobertura vegetal original da área havia sido convertida em áreas de pastagens plantadas e estas se localizavam a norte da área de estudo, nas planícies de inundação dos rios Araguaia, Claro e dos Bois bem como ao sul da área. Portanto, pode-se concluir que nesse ano a área era praticamente inexplorada. Em 1981 (Figura 4) torna-se evidente o desmatamento, mostrando uma área desmatada e convertida em pastagem com 2.772 km², o que representa um aumento de aproximadamente 10 vezes de área convertida em relação ao ano de 1975.

Na Tabela 1, a seguir, são apresentadas as classes de uso para 1981 comparativamente a 1975. Verifica-se que ocorreu uma redução expressiva nas Formações Florestais e Formações Campestres (Áreas Úmidas) localizadas principalmente na porção norte da bacia, próximo ao rio Araguaia. Já a pastagem aumentou consideravelmente passando de 2,62% em 1975 para 22,66% em 1981. As lavouras não foram reconhecidas nessa escala.

Tabela 1 – Área das classes de cobertura vegetal e de uso da terra em 1975 e 1981 nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Classes</i>	<i>1975</i>		<i>1981</i>	
	<i>Área</i>		<i>Área</i>	
	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>
Formações Campestres	546,88	4,53	341,87	2,83
Formações Savânicas	3.354,20	27,77	2.768,53	22,92
Formações Florestais	7.842,07	64,93	6.149,36	50,92
Pastagem	316,87	2,62	2.737,07	22,66
Corpos d'água	15,92	0,13	70,93	0,59
Banco de areia	0,64	0,01	0,4	-
Estrada	0,41	-	0,71	0,01
Área urbana	-	-	8,12	0,07
Total	12.076,99	100,00	12.100,43	100,00

Em 1985 (Figura 5), aproximadamente 4.667,92 km² da área da bacia tinham sido convertidas em pastagem, o que, em relação ao ano de 1981, mostra um aumento da taxa de conversão da ordem de 58%. Constatou-se que a área de conversão corresponde, sobretudo, aquelas das referidas Formações Florestais, as que foram desmatadas preferencialmente no período.

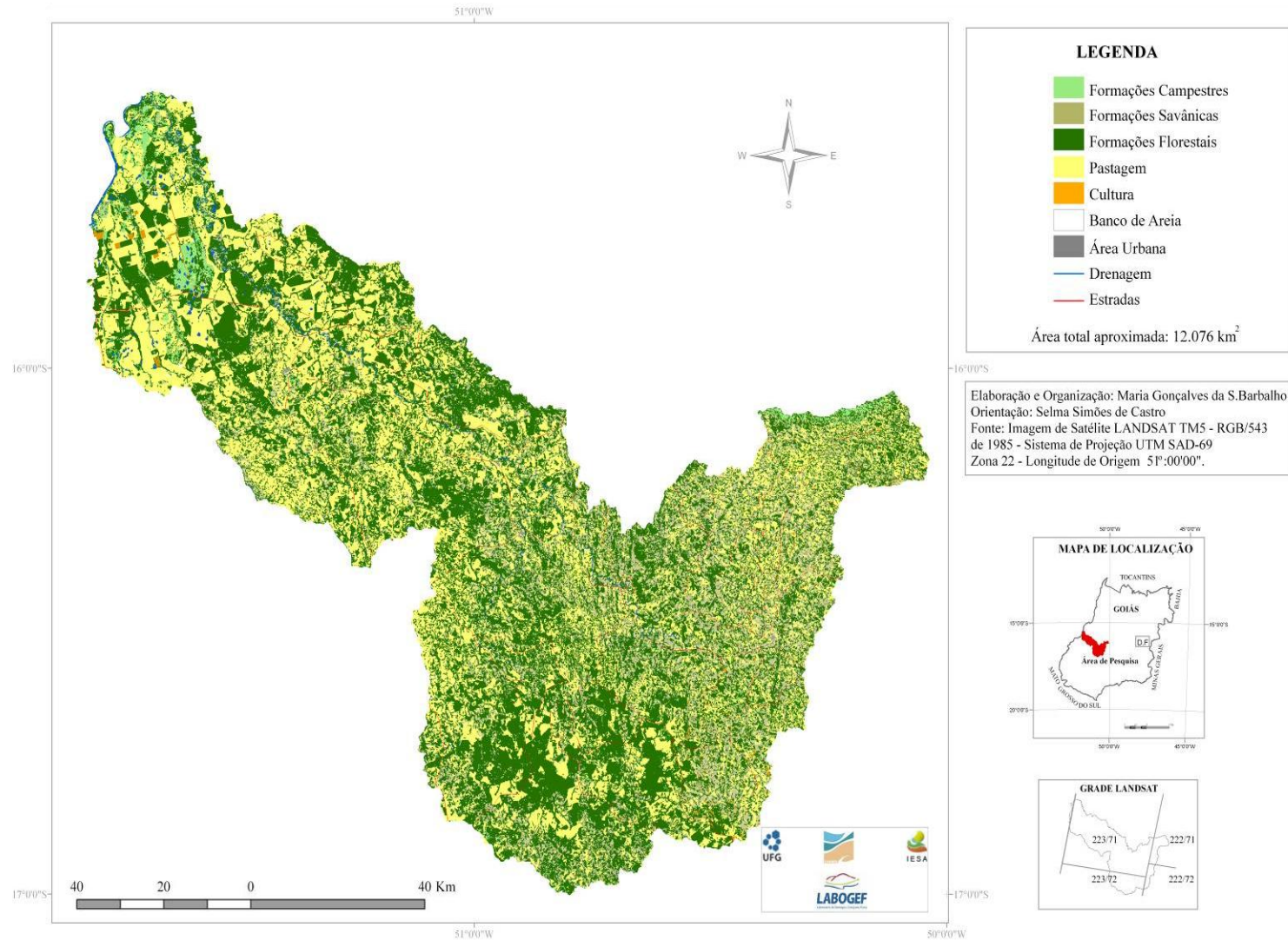


Figura 5 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 1985 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Na Tabela 2 apresenta-se a quantificação das classes de uso da terra em 1985 e 1990, que permite ressaltar que em 1990 teve início a agricultura irrigada com um pivô que é visível na imagem que está localizado próximo ao rio Claro, na região central da bacia, como também a ocorrência de focos erosivos localizados na porção sul da área (Figuras 5 e 6).

Entre 1985 e 1990 o desmatamento e a conversão em pastagem prosseguem, no entanto, com um ritmo mais lento que no período anterior. As Formações Florestais, novamente, são as que mais reduzem em área, em cerca de 23%. As Formações Savânicas também sofreram uma redução significativa, de 15% entre 1975 e 1985, mas estabilizando-se no período seguinte, entre 1985 e 1990.

Tabela 2 – Área das classes de cobertura vegetal e de uso da terra em 1985 e 1990 nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Classes</i>	<i>1985</i>		<i>1990</i>	
	<i>Área</i>		<i>Área</i>	
	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>
Formações Campestres	228,48	1,89	215,30	1,78
Formações Savânicas	1.726,12	14,29	1.581,55	13,10
Formações Florestais	5.321,24	44,06	4.971,85	41,17
Pastagem	4.674,04	38,70	4.919,52	40,73
Cultura	28,86	0,24	284,56	2,36
Corpos d'água	70,58	0,58	75,27	0,62
Banco de areia	1,93	0,02	1,3	0,01
Estrada	20,15	0,17	20,25	0,17
Área urbana	5,59	0,05	7,39	0,06
Total	12.076,99	100,00	12.076,99	100,00

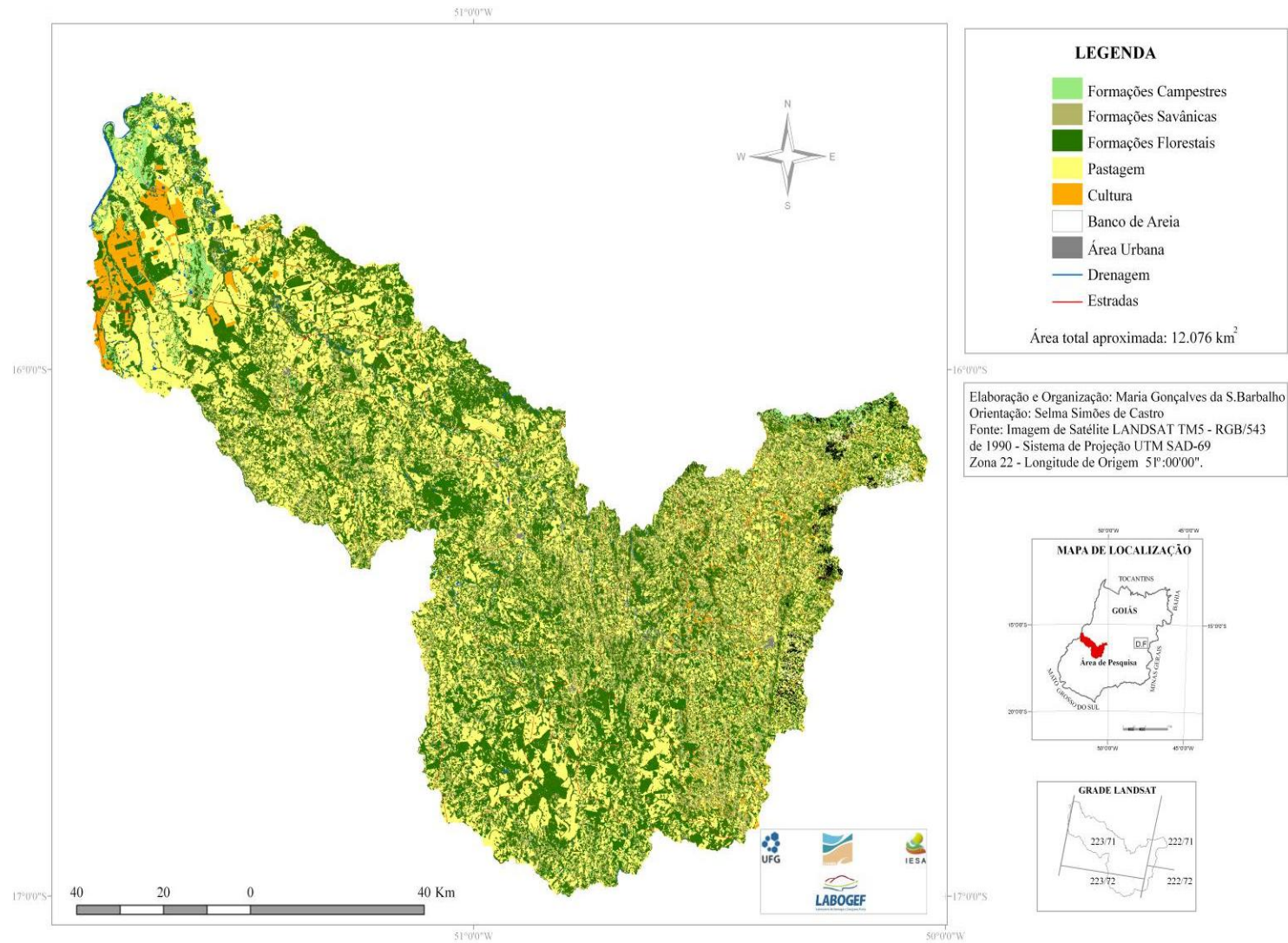


Figura 6 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra de 1990 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Entre 1990 e 2000 a área de pastagem prossegue aumentando, também em ritmo mais lento. Em 2000, (Figura 7) a agricultura que começou a aparecer em 1985 com cerca de 0,24% da área, embora tenha aumentado no período, continua representando pouco (6,84%) e com manejo irrigado com três pivôs centrais. Em 2008 (Figura 8) o incremento da agricultura é mais notável, pois já representa 8,14% e aumenta ainda mais o número pivôs. Em contrapartida, há uma redução das Formações Campestres em relação a 1975, devido à sua conversão, conforme pode ser verificado na Tabela 3.

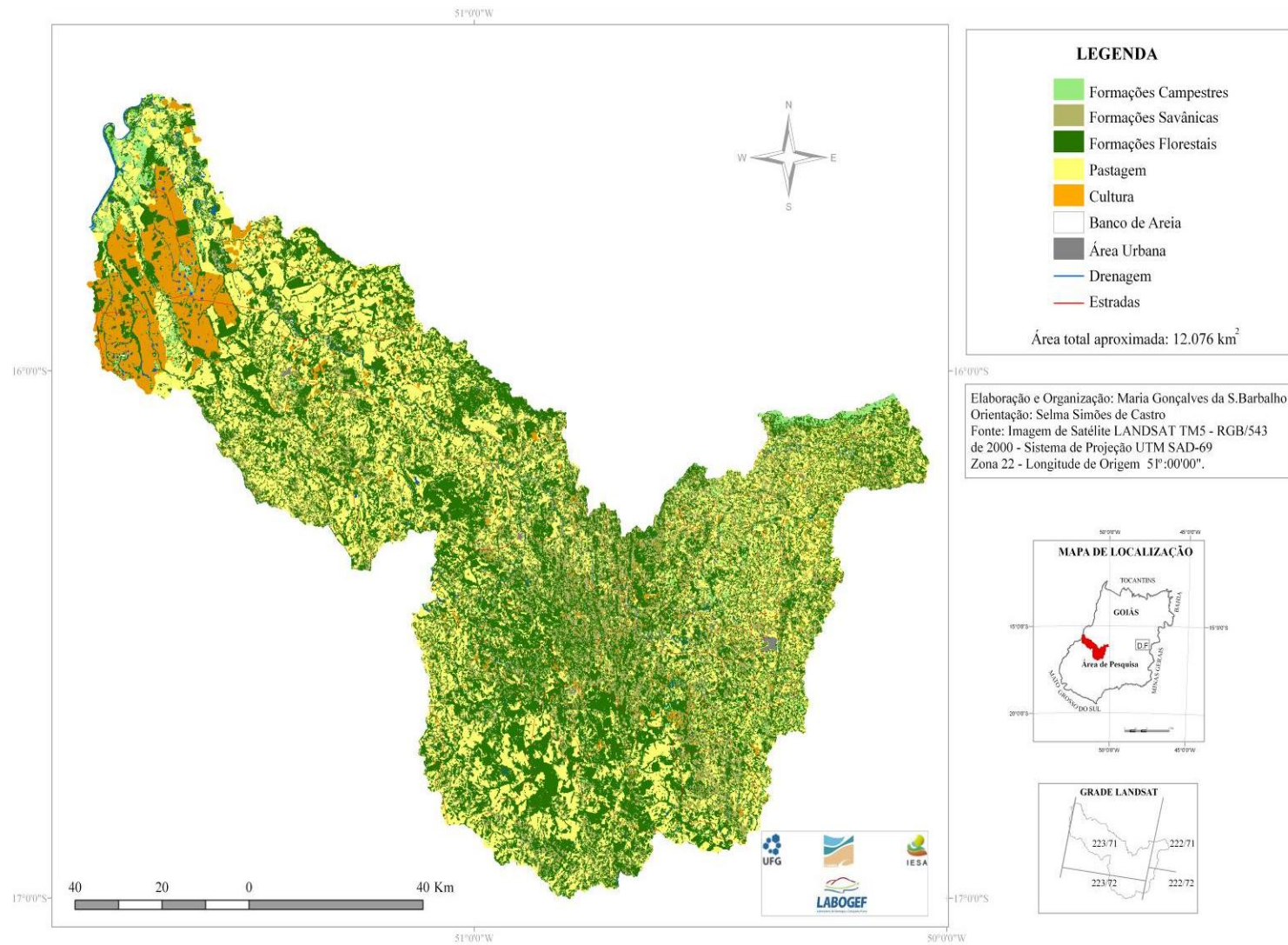


Figura 7 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra de 2000 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

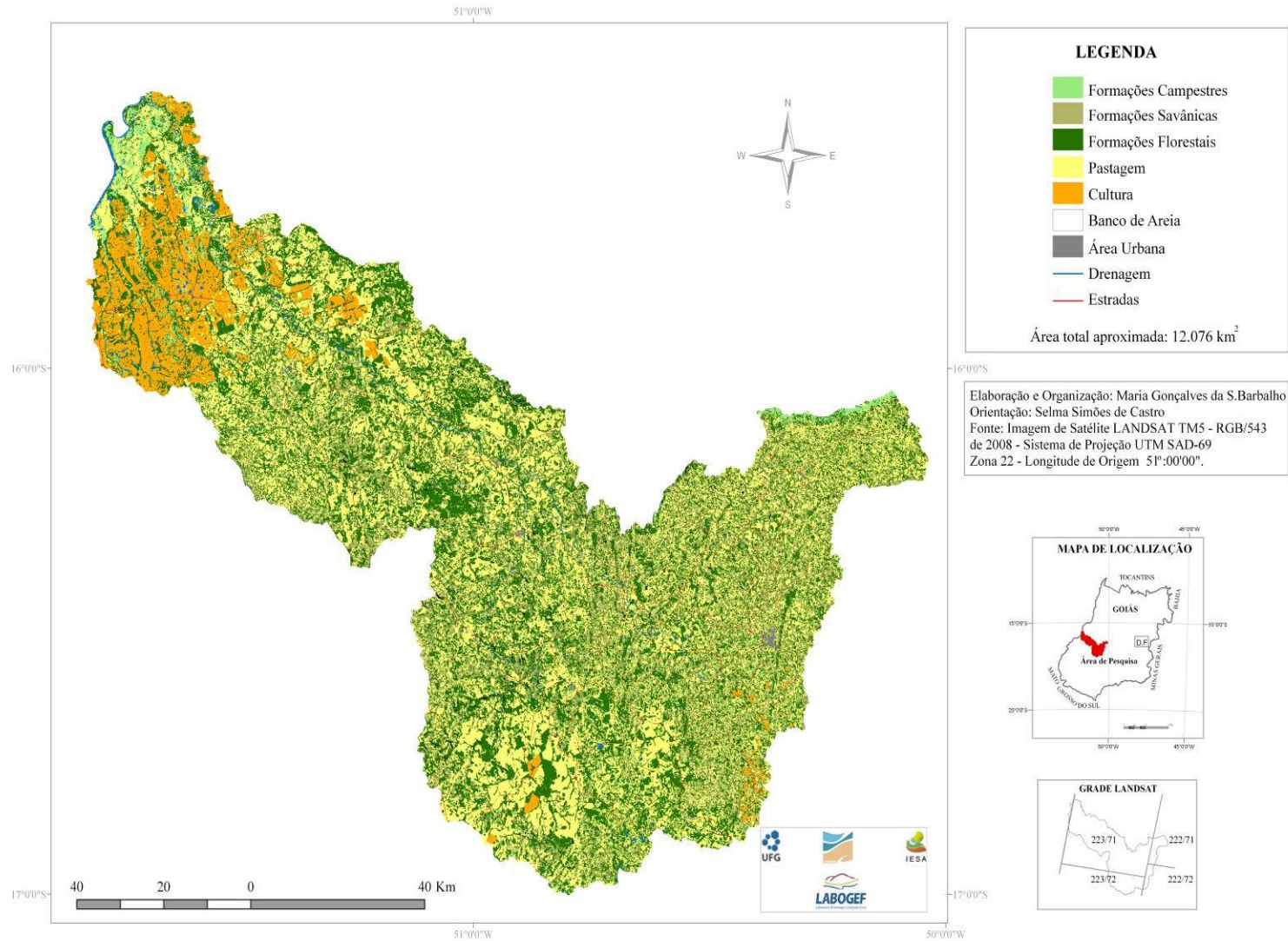


Figura 8 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra de 2008 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Tabela 3 – Área das classes de cobertura vegetal e de uso da terra em 2000 e 2008 nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

Classes	2000		2008	
	Área		Área	
	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)
Formações Campestres	206,50	1,71	192,38	1,59
Formações Savânicas	1.502,78	12,44	1.417,04	11,73
Formações Florestais	4.837,73	40,06	4.540,85	37,60
Pastagem	4.578,70	37,91	4.830,63	40,00
Cultura	826,52	6,84	982,50	8,14
Corpos d'água	89,49	0,74	77,16	0,64
Banco de areia	1,64	0,01	1,71	0,01
Estrada	20,16	0,17	20,77	0,17
Área urbana	13,47	0,11	13,95	0,12
Total	12.076,99	100,00	12.076,99	100,00

Ainda com base na Tabela 3, entre 2000 e 2008 o que se percebe é uma redução mais lenta das Formações Florestais que dessa vez cobrem pouco mais de 37% da área (em 1975 cobriam 64,93%). As Formações Savânicas também diminuíram pouco (11,73%) embora em 1975 cobrissem quase 28% da área. As Formações Campestres também tiveram uma pequena redução. A pastagem mantém seu ritmo relativamente constante de crescimento e sua área global cresce notavelmente, cerca de 16 vezes aquela observada no período de 1975 a 2008. A Figura 9 sintetiza o exposto para o período todo, de 1975 a 2008.

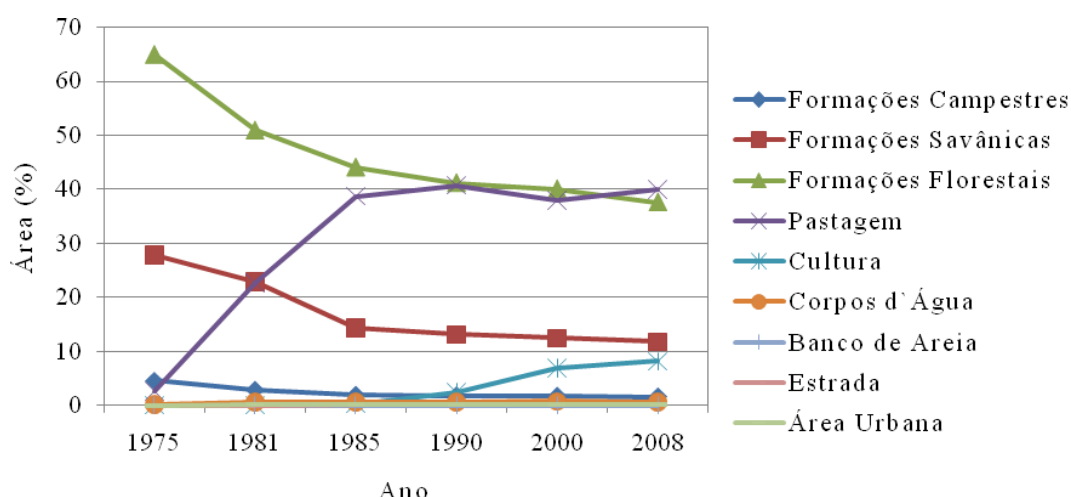


Figura 9 – Classes de cobertura vegetal e de uso da terra de 1975 a 2008 em relação à área total das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Globalmente, na Figura 9, pode-se concluir que: a pastagem aumentou num ritmo relativamente constante e ocupa em 2008 quase 40% da área total; as Formações Savânicas, Florestais e Campestres foram as penalizadas pelo desmatamento e diminuíram também de modo regular; os outros usos não se apresentam relevantes no período. Observando a Figura 8 (2008) pode-se concluir que as áreas de pastagem estão distribuídas por toda bacia embora predominem manchas mais contínuas ao sul num eixo centro-leste. As áreas agrícolas predominam principalmente próximas das planícies de inundação dos rios Araguaia, Claro e dos Bois, onde se concentram os pivôs centrais.

A conversão para agricultura pode ser observada na década de 1985, mas permanece tímida até os dias atuais (<9%), o que pode ser explicado pela aptidão agrícola das terras. Predominam nos Latossolos Vermelho-Amarelos, embora estes apresentem baixa fertilidade, nos demais solos da área não há áreas agrícolas notáveis, corroborando a interpretação de que a pastagem domina largamente no restante da área. Comparando a área agrícola de 2008 com a cobertura vegetal dos anos anteriores (Figuras 3 a 7) percebe-se que o histórico de uso apresenta a sucessão Formações Florestais - Pastagem - Agricultura, muito comum nas áreas de expansão da fronteira agrícola.

Observando-se com mais detalhe esse processo nota-se que a evolução espacial do uso (Figuras 3 a 8) permite constatar zonas preferenciais em áreas contínuas e descontínuas de desmatamento e conversão em pastagem. Entre 1975 e 1981 distinguem-se duas zonas ao norte, próximas à planície do rio Araguaia, em Campos Úmidos, mais Ciliares/Mata Galeria, no restante da bacia ocorre o mesmo tipo de conversão, mas em áreas descontínuas, o que significa uma fragmentação possivelmente maior na primeira, do que na segunda zona, o que poderia se justificar pelo relevo plano e pela abundância de água.

Entre 1985 e 1990 a primeira zona situada ao norte prossegue com a mesma dinâmica intensa até 1985 e depois mais lenta entre 1985 e 1990, consolidando-se como área de pastagem até 2008, quando é convertida fortemente para agricultura, tornando-se atualmente a zona

predominante nessa atividade em relação à área total da bacia. Ainda em 1985 a área que no período anterior (1981) estava sendo convertida em pastagens descontínuas, passou a ser mais contínua em 1985, na porção mais central da bacia⁵, enquanto que ao sul e a leste, apesar de ter aumentado a taxa de conversão, as áreas com maior dimensão e continuidade restringem-se mais ao centro-leste, enquanto que ao sul e leste propriamente dito as áreas de pastagens continuam descontínuas e menores, significando menor fragmentação das coberturas naturais. Contudo, entre 1985 e 1990 essa última, no que se refere ao sul, aumentou drasticamente o desmatamento e a conversão em pastagem, repetindo o fenômeno observado entre 1981 e 1985, na porção norte. Entre 1990, 2000 e 2008 a área de pastagem apresenta uma redução pouco significativa, associada à reconversão para agricultura.

Nota-se no centro-leste próximo ao limite da bacia que as áreas convertidas tornam-se mais coalescentes, portanto mais contínuas e globalmente maiores entre 1990 e 2000, fato que ocorre também na posição a oeste da bacia. Essa tendência foi interpretada como provavelmente resultante do deslocamento dos rebanhos expulsos da pastagem do norte, que se reconverte em área agrícola, para o sul, das terras com menor aptidão agrícola.

Essa análise da dinâmica espacial permite concluir que o eixo geral do desmatamento e conversão em pastagem se deu de norte para sul, com projeções intermediárias para leste e oeste e que a agricultura parece ter-se iniciado obedecendo à mesma tendência. Entretanto, como ela depende da melhor aptidão de uso dos solos, dos recursos da tecnologia de manejo agrícola e dos custos de produção, já que é mais exigente que a atividade de pastagem, certamente seu crescimento, embora forte, não é generalizado e nem significativo para bacia como um todo, já que os solos apresentam maior restrição ao uso intensivo com lavouras comerciais, sobretudo pela baixa fertilidade e suscetibilidade erosiva, embora o declive não pareça restritivo.

⁵Observações em campo em 2008 e 2009 permitiram constatar o plantio de soja, milho, feijão e sementeira de capim.

É conveniente chamar a atenção para o fato de que a ocupação inicia-se, então, pelo norte e prossegue para o sul e depois para o oeste, contrariando os eixos conhecidos da expansão da agricultura (BARREIRA, 2004; FRANCO, 2003). Esse fato pode estar relacionado às facilidades de acesso e de exportação dos produtos, pois ao sul (sudeste) o relevo torna-se mais movimentado (Serra Dourada, e outras) e ao norte encontra-se o rio Araguaia.

Os dados apresentados apesar de serem representativos do processo de ocupação que está ocorrendo no Cerrado como um todo, sobretudo a partir da década de 1970 do século passado, com a expansão da moderna agropecuária que converteu fitofisionomias por pastagem e depois agricultura, mas apenas nas áreas de solos com maior aptidão.

Também revelaram que quase a metade da área encontra-se ainda com coberturas de fitofisionomias originais do Cerrado, mas aparentemente correspondem às áreas de maior declive e das margens fluviais, como também observado por Carvalho *et al.*, (2008). Os dados indicam ainda que estes correspondem as Formações Savânicas e que as Formações Florestais, embora as primeiras continuem sendo convertidas em pastagem, foram às preferidas desde o início do processo, certamente pela ocorrência de solos menos restritivos em seus domínios, mas que já não dispõem mais de grande oferta de terras.

Em síntese, em 2008 para caracterizar o uso e a conversão agropecuária conforme a série histórica foram reconhecidas três zonas:

a) Norte - noroeste submetido a duas conversões: Formações Campestres - Pasto - Agricultura, sobre solos mais aptos à agricultura;

b) Bordas leste e oeste, que se encontra tardiamente em consolidação, ainda com apenas uma conversão: Formações Savânicas - Pasto, sobre áreas com solos menos aptos à agricultura;

c) Sul, que mantém ainda relativa cobertura original, inclusive de machas mais contínuas, sobre áreas de maior declividade e maiores restrições tanto à agricultura quanto à pastagem.

Corroborando com o exposto, Miller e Martha Jr. (2008), consideram que nas regiões de ocupação consolidada a pecuária vem cedendo espaço para a agricultura comercial moderna a partir da alocação preferencial de recursos no sentido das lavouras, em detrimento da pecuária bovina, com um provável estímulo a substituição de pastagens por lavouras. Comentário similar também é feito por Vilar e Ferreira (2005).

Ainda segundo Miller e Martha Jr. *op cit.* as políticas públicas vigentes durante o período da rápida ocupação do Cerrado das décadas de 1970 e 1980 contribuíram decisivamente para disponibilidade de terras baratas, e sendo abundante a terra, provavelmente faltaram estímulos à adoção de inovações poupadoras desse fator (CUNHA *et al.*, 1994).

Os remanescentes das fitofisionomias originais como das Formações Florestais e Savânicas, encontram-se mais fragmentadas, sem conectividade com possível efeito de borda, sobretudo na primeira e segunda zona. Na terceira a situação melhora, porém as fitofisionomias são outras, menos exuberantes e mais adaptadas às condições de relevo mais movimentado. Fatos similares também foram identificados por Cabacinha e Castro (2009) e Faria e Castro (2007).

Conclusões

No período de 1975 a 2008, a taxa global de desmatamento foi da ordem de 50% sendo mais penalizadas as Formações Florestais (Cerradão, Mata Seca, Mata Ciliar), seguidas pelas Formações Savânicas (Cerrado Ralo, Cerrado Típico, Parque Cerrado, Palmeiral). A conversão das áreas desmatadas deu-se em favor da pastagem que domina largamente a área até 2008.

A agricultura começa na década de 1980, timidamente, sendo mais notável a partir de 1985, e embora tenha crescido muito, ainda hoje não é significativa na bacia e corresponde à conversão da área de pastagem, portanto tratar-se-ia mais de reconversão.

Os eixos de expansão da pecuária deram-se de norte para sul, com incursões para leste e oeste, aparentemente contrariando os eixos usuais

de sul para norte e de leste para oeste no Cerrado, fato associado às condições mais movimentadas do relevo ao sul.

A fragmentação das fitofisionomias do Cerrado é fato incontestável, na porção centro-norte da bacia, o que requer estudos mais detalhados para avaliar o grau de conservação dos remanescentes e as reais possibilidades de restauração dessas áreas, de modo a aplicar-se os princípios de uso sustentável dos seus recursos naturais.

Referências Bibliográficas

ALVES, D. S.; SKOLE, D. L. Characterizing land cover dynamics using multitemporal imagery. *International Journal of Remote Sensing*, v. 17, n. 4, p. 835-839, 1996.

ARAÚJO FILHO, M. da C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso da cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. *Revista Brasileira de Cartografia* nº 59/02, ago., 2007.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998.

AZEVEDO, E. C. de; MANGABEIRA, J. A. de C. Mapeamento de uso das terras utilizando processamento digital de imagem de sensoriamento remoto. Embrapa. Comunicado Técnico nº 7. Campinas, dez., 2001.

BARBALHO, M. G. S.; MEDEIROS, C. M.; XAVIER, L., CASTRO, S. S. Caracterização Geo-Ambiental: uso e ocupação das terras - região do alto curso do rio Araguaia-GO/MT. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais... Recife, nov., 2001.

BARREIRA, C. M. A. As políticas públicas implementadas em Goiás, a partir de 1966, no contexto dos planos nacionais, 2004.

BLASCHKE, T.; KUX, H. Sensoriamento Remoto e SIG: novos sistemas sensores: métodos inovadores. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

BORGES, M. H.; PFEIFER, R. M.; DEMATTÊ, J. A. M. Evolução e mapeamento de uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Barbara d'Oeste (SP) *Sci. Agric. Piracicaba*, 50 (3): 365-371, out./dez., 1993.

CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S. Relationships between floristic diversity and vegetation indices, Forest structure and landscape metrics

of fragments in Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, v. 257, p. 2157-2165, 2009.

CARVALHO, F. M. V. de; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F; BINI, L. M. Padrões de autocorrelação espacial de índices de vegetação MODIS no bioma cerrado. *Rev. Árvore* [online]. 2008, vol.32, n.2, pp. 279-290. ISSN 0100-6762. doi: 10.1590/S0100-67622008000200011.

CASTRO, S. S. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, 2005.

CASTRO, S. S.; XAVIER, L. S.; MACEDO, M. Plano de controle de erosão linear nas nascentes dos Rios Araguaia e Araguainha. 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgar Blucher Ltda., 1981.

CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A.; SILVA, I. A. Seasonal variation of a hyperseasonal cerrado in Emas National Park, central Brazil. *Flora* 200: 2005, pp. 345-353.

COUTINHO, A. C. Segmentação e classificação de imagens LANDSAT-TM para o mapeamento dos usos da terra na região de Campinas, SP. 1997. 150 p. São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 1997.

CRÓSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Ed. Ver. Campinas-SP: IG/UNICAMP, 1993.

CUNHA, A. MUELLER, C. C.; ELISEU, R. A. A.; SILVA, J. E. da. *Uma Avaliação da Sustentabilidade da Agricultura nos Cerrados*. Brasília, IPEA. 1994.

CUNHA, A. S. *Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos Cerrados*. IPEA, Brasília, 1994.

CUNHA, S. B. *Geomorfologia Fluvial*. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs.) *Geomorfologia exercícios técnicas e aplicações*. 2ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002, pp.157 - 189.

DE-CAMPOS, A. B.; LUIZ, G. C.; MACEDO, R. A. R; PEIXOTO, V. M. P. Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no Estado de Goiás. In: ALMEIDA, M. G. (org.). *Abordagens Geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade*. Goiânia: UFG, 2002, p. 91-118.

DELGADO, I. M.; SOUZA, J. D.; SILVA, L. C.; SILVEIRA FILHO, N. C.; SANTOS, R. A.; PEDREIRA, A. J.; GUIMARÃES, J. T.; ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; LACERDA FILHO, J. V.; VALENTE, C. R.; PERROTTA, M. M.; HEINECK, C. A. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H (eds.) Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Serviço Geológico do Brasil, Brasília-DF, 2003.

EARTHAL, J. G.; FONSECA, L. M.; VELASCO, F. R.; MONTEIRO, A. M. Um sistema de segmentação e classificação de imagens. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1991. (INPE-5291-PRE/1696).

FARIA, K. M. S.; CASTRO, S. S. Caracterização dos remanescentes de Cerrado das sub-bacias rio Claro (GO) e rio das Garças (MT). In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2007, Natal. Anais... XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2007.

FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; SANO, E. E.; SHIMABUKURO, Y. E. Spectral linear mixture modeling approaches for land cover mapping of tropical savanna areas in Brazil. Int. J. Remote Sens., Basingstoke, v. 28, n. 2, p. 413-429, 2007a.

FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R.; FERREIRA, M. E. An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis. Int. J. Remote Sens., Basingstoke, v. 28, n. 1, p. 47-62, 2007b.

FILHO, J. V. de L.; FRASCA, A. A. S. Compartimentação Geotectônica. In: Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Programa Geologia do Brasil: Integração, atualização e difusão de dados da geologia do Brasil. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.

FRANCO, S. M. O grande vale do oeste as transformações da Bacia do Araguaia em território goiano. Goiânia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2003.

INPE. Satélite Landsat. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>> Acesso em: 10/08/2008.

LACERDA FILHO, J. V.; FRASCA, A. A. S. In: Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal - escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.

LATRUBESSE M. E.; CARVALHO M. T. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Secretaria da Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2006.

MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E. Análise Histórica das transformações da Floresta Amazônica em áreas agrícolas na bacia do rio Suia-Miçu. Soc. Nat. 2008, vol.20, n.1, p. 5-24.

MARINHO, G. V.; CASTRO, S. S. Caracterização físico-hídrica e de suscetibilidade a voçorocamento dos solos da sub-bacia do córrego Queixada na alta bacia do rio Araguaia. In: X SBGFA, 2003, Rio de Janeiro.

MENDONÇA, F. J. Sensoriamento remoto aplicado à agricultura: princípios básicos, metodologia e aplicações. São José dos Campos: INPE, 81p., 1981.

MILLER, C. C.; MARTHA JR., G. B. A agropecuária e o desenvolvimento sócio-econômico recente no Cerrado. In: Simpósio Nacional Cerrado, 9.: Simpósio Internacional das Savanas Tropicais, 2. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008.

NOVAES PINTO, M. Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. 2ª ed. Brasília: Ed. UnB, 1993.

NOVO, M. L. de M.; FERREIRA, L. G.; BARBOSA, C.; CARVALHO, C.; SANO, E. E.; SHIMABUKURO, Y.; HUETE, A.; POTTER, C.; ROBERTS, D. A.; HESS, L. L.; MELACK, J. J.; YOSHIOKA, H.; KLOOSTER, S.; KUMAR, V.; MYNENI, R.; RATANA, P.14; DIDAN, K.; MIURA, T. Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. Acta Amazônica. Vol. 35(2) 2005:259-272.

PINTO, S. dos A. F.; VALÉRIO FILHO, M.; GARCIA, G. J. Utilização de imagens Landsat-TM na análise comparativa entre os dados de uso da terra e aptidão agrícola. São José dos Campos: INPE, 1988.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO S. M.; ALMEIDA, S. P. Eds. Cerrado: Ambiente e Flora. Planaltina: Embrapa - CPAC. 1998. p. 89-168.

SANO, E. E.; LIMA, C. A.; BEZERRA, H. S. Mapeamento semi-automatizado de fitofisionomias do cerrado com imagens Landsat: vantagens e limitações. In: Simpósio Nacional Cerrado, 9.: Simpósio Internacional das Savanas Tropicais, 2. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008a.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do bioma Cerrado. Pesq. Agropec. Bras. Jan 2008b, vol.43, nº1, p.153-156.

SANTANA, M. P.; CASTRO, S. S.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso da terra e suas relações com focos

erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, 19(2): p. 103-121, dez., 2007.

SANTOS, A. P.; FORESTI, C.; NOVO, E. M. L.; NIERO, M.; LOMBARDO, M. A. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento no uso da terra. São José dos Campos: INPE, 1981.

SARMIENTO, G. The savannas of tropical America. In: GOODALL, D. W. (Ed.), *Ecosystems of the world: Tropical Savannas*. Elsevier, Amsterdam, 1983, pp. 245–288.

SHIMABUKURO, Y. E.; SANTOS, A. P.; AQUINO, L. C. S. Avaliação da cobertura vegetal e uso da terra nas áreas programa do PDRI-AM, através de técnica de sensoriamento remoto. São José dos Campos: INPE, 1982. 7p. (INPE-2409-PRE/118).

SILVA, R. A. A. Arenização/Desertificação no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT): distribuição e fatores condicionantes de formação dos areais. Goiânia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2006.

SILVA, R. A. A.; CASTRO, S. S. Relação entre Relevo e Arenização no Setor Sul da Alta Bacia do Rio Araguaia (GO-MT-MS). In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology*. Goiânia: CEGRAF, 2006. v. 1.

VILLAR, P. M. d.; FERREIRA, C. M. As dinâmicas de ocupação do espaço e a exploração dos recursos e imposições agronômicas e ambientais nas áreas sensíveis dos Cerrados brasileiros, nos planos ecológico e econômico. Projeto Cirad. Embrapa, 2005.

XAVIER, L. S.; CASTRO, S. S.; BARBALHO, M. G. S. Linear erosion in the region of the source area of Araguaia river. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, 2005.

ARTIGO 2

**APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS DAS BACIAS DOS RIOS CLARO E DOS
BOIS, ESTADO DE GOIÁS E AVALIAÇÃO DOS CONFLITOS DE USO**

**Aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois,
Estado de Goiás e avaliação dos conflitos de uso¹**

Maria Gonçalves da Silva Barbalho²

Selma Simões de Castro³

Resumo

A avaliação da aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois, alta bacia do rio Araguaia no Estado de Goiás, foi elaborada de acordo com o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras proposto por Ramalho Filho e Beek (1995), para subsidiar a análise do grau de conflito atual em que se encontra o uso do solo nessa área e avaliar sua relação com os impactos ambientais aí constatados, sobretudo erosivos. Os dados obtidos revelaram o predomínio da classe 2 (bc, (b) e (bc)), como 45,52% da área, que correspondem à aptidão regular para as lavouras de ciclo curto e ciclo longo nos níveis de manejo B e C, ou seja, moderada ou alta tecnologia. Segue-se a classe 4 com 21,7% que corresponde às terras com aptidão boa, regular ou restrita para pastagem plantada, no nível de manejo B. A classe 1 apresenta 7,27% da área com aptidão boa para lavouras de ciclo curto ou longo em pelo menos um dos níveis de manejo. Apenas 24,74% da área foram consideradas como terras sem aptidão agrícola e/ou de preservação, conforme legislação ambiental brasileira e estadual. Conclui-se que a área, no entanto, apresenta um elevado potencial de uso agropecuário, que se mostra em acordo com o uso atual, logo os impactos existentes não derivariam do uso, mas do manejo.

Palavras-chave: aptidão agrícola, conflitos de uso da terra, alta bacia do rio Araguaia, bacias dos rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás, Brasil.

¹Parte da tese de doutorado da primeira autora.

²Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - Nível Doutorado, da Universidade Federal de Goiás - UFG.

³Prof^a. Titular de Geografia Física do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás.

Abstract

The evaluation of agriculture suitability of lands on the basins on the rivers Bois and Claro, on upper Araguaia river basin in the State of Goiás, was elaborate in accordance with the evaluation system of agricultural land suitability proposed by Ramalho Filho and Beek (1995), to help analyze the degree of conflict that is present in the land use in this area and assess its relationship with environmental impacts found there, especially erosion the ones. The data's reveal the predominance of class 2 (bc, (b) and (bc)), as 45.52% of the area, that corresponding to the regulate suitability farming for short-cycle and long-cycle management levels in B and C, *i.e.* moderate or high technology. Followed by the class 4 with 21.7% that are the lands with good, moderate or restricted suitability for planted pasture, on management level B. The class 1 shows 7.27% of the area was with good suitability for farmings with short or long cycle at least in one of the management levels. Just 24.74% the area was considered as land without agricultural suitability and/or with preservation, according brazilians and state of Goiás environmental laws. It concludes, however, that the area has a high potential for agricultural use, which is shown in accordance with actual use, so the existing impacts are not deriving from the use, but from the management.

Keywords: agricultural suitability, conflicts of land use, upper Araguaia river basin, basins on the rivers Bois and Claro, Goiás State, Brazil.

Introdução

Na alta bacia do rio Araguaia verifica-se nos últimos 40 anos, uma redução progressiva das coberturas originais do bioma Cerrado, frequentemente relacionada ao ritmo acelerado da conversão das terras para atividades agropecuárias. Constata-se que quando praticadas em solos frágeis de baixa aptidão a lavouras, associam-se a fenômenos de degradação ambiental relacionados, sobretudo, à erosão hídrica (sulcos, ravinas, voçorocas) e à arenização (formas de areais ou desertificação induzida). Além

da incontestável perda de biodiversidade, também vem acarretando comprometimento das áreas agricultáveis como foram evidenciados por Faria e Castro (2007), Santana *et al.* (2007), Silva (2006), Castro (2005), Xavier *et al.* (2005), Marinho e Castro (2003), Barbalho e Campos (2001).

Estudos recentes (FARIA e CASTRO, 2010) revelaram ainda uma notável taxa de conversão das fitofisionomias originais em favor da pastagem e agricultura no setor sul dessa bacia, onde se localiza a nascente do rio Araguaia, próxima a uma das duas grandes unidades de conservação situadas em Goiás (Parque Nacional das Emas), onde os fragmentos de vegetação encontram-se sob forte ameaça, mas ainda são passíveis de recuperação, devido seu grau de conservação e a proximidade entre si segundo estudo de Cabacinha e Castro (2009), como anteriormente sugerido por Castro *et al.* (2004), no Plano de Controle de Erosão Linear dos rios Araguaia e Araguainha, o qual apresenta uma proposta dos mini-corredores ecológicos para a sua recomposição ambiental.

Analizando a evolução do uso e cobertura da terra nas bacias dos rios Claro e dos Bois, nos anos de 1975, 1981, 1985, 1990, 2000 e 2008, a partir das imagens orbitais, verificaram que $\approx 50\%$ da cobertura original tinham sido convertidas à pastagem, dominante até hoje, mas revelando também a introdução da agricultura que cresce lentamente substituindo áreas de pastagem, concentrada na planície do rio Araguaia, ao norte dessas bacias. No ano de 2006 os impactos ambientais desse processo nos solos e recursos hídricos, como erosão e assoreamento, além de arenização já são visíveis, conforme se pode deduzir dos estudos feitos por Barbalho e Castro (2010), Santana *et al.* (2007), Silva *et al.* (2006).

Diante dessa situação, torna-se imprescindível, dentre outras análises, verificar se as relativas às características do meio físico e biótico da área e a avaliação da aptidão agrícola e o uso atual das terras podem revelar discrepâncias que pudessem revelar os impactos ambientais observados. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo identificar o potencial de uso nas bacias dos rios Claro e dos Bois, a partir da avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), com vistas a detectar eventuais

conflitos de uso atual, de modo a contribuir com informações voltadas à compreensão dos impactos ambientais e subsidiar ações de planejamento e gestão ambiental sustentável.

Segundo Ramalho Filho e Beek (1995), o objetivo do método de avaliação da aptidão agrícola das terras, é promover a sustentabilidade de uso das terras, através do planejamento racional de seu uso e manejo, apesar de mencionarem aspectos econômicos como a relação custo-benefício e a tendência em longo prazo. Nesse aspecto, o uso das terras não compatível com a sua real aptidão agrícola pode ocasionar a além da degradação dos agrossistemas, a perda de competitividade do setor agrícola e a deterioração da qualidade de vida da população (CURI *et al.*, 1992).

Assim, a utilização desse tipo de avaliação pode favorecer uma agricultura sustentável, uma vez que possibilita avaliar o grau de adaptabilidade da terra para um tipo específico de utilização agrícola, pressupondo um ou mais níveis diferentes de tecnologia de manejo, variando do mais elementar, frequentemente associado a padrões de subsistência, aos mais sofisticados de alta tecnologia de produção, voltada para o grande mercado. As terras sem aptidão agrícola são classificadas, em geral como de preservação de fauna e flora (CURI *et al.*, 1993).

Área de Pesquisa

As bacias dos rios Claro e dos Bois possuem juntas uma área de aproximadamente 12.100 km² e se localizam entre as coordenadas geográficas de 17°01'23" e 15°22'07" de latitude sul e entre 51°58'18" a 49°54'34" de longitude oeste (Figura 1).

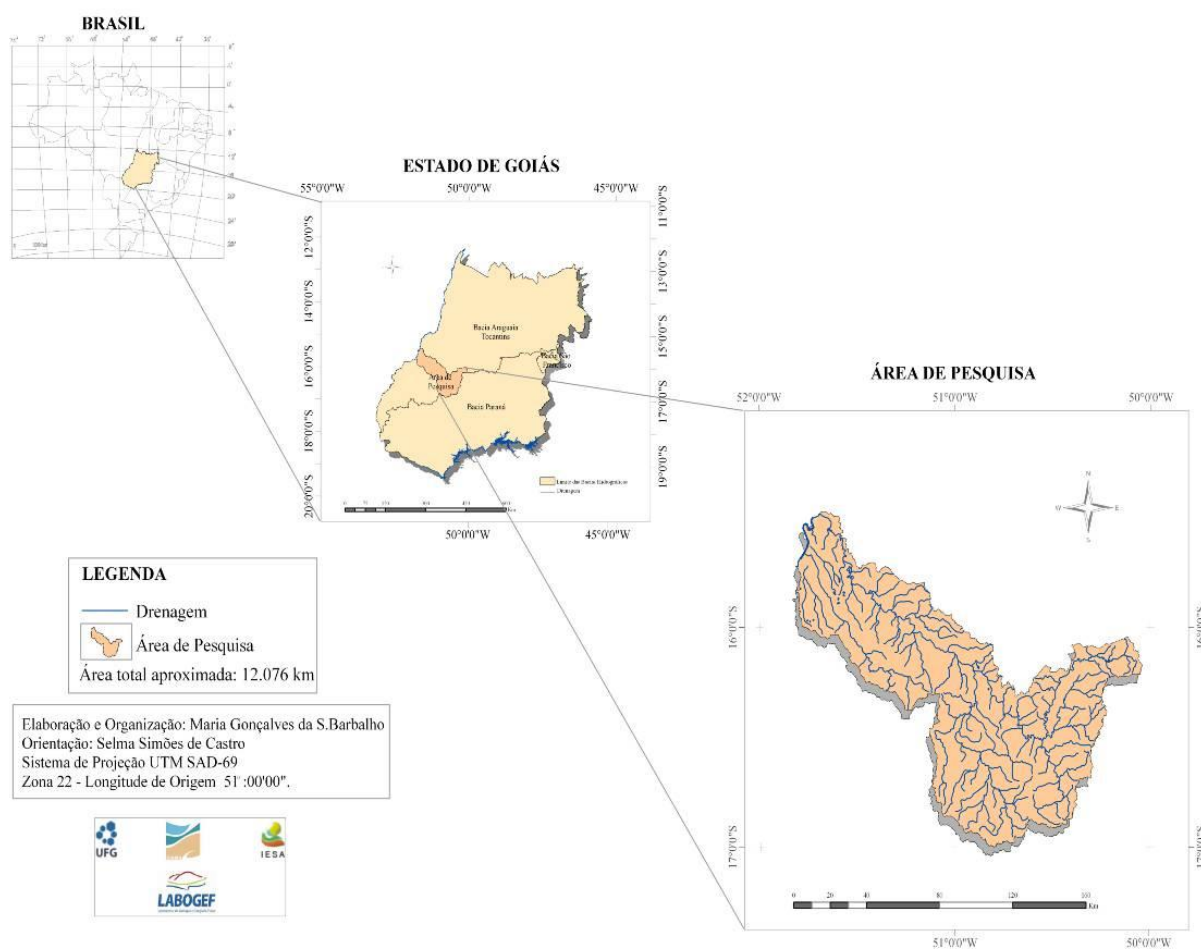


Figura 1 – Localização das bacias dos rios Claro e dos Bois, no Estado de Goiás.

O clima dominante na bacia segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical quente sub-úmido (Aw), que se caracteriza por apresentar duas estações bem definidas e contrastadas, uma seca que corresponde ao período outono-inverno e a outra úmida de primavera-verão, e temperaturas médias anuais de 23°C, que permite atribuir uma forte sazonalidade à área, (CIANCIARUSO *et al.*, 2005; De-CAMPOS *et al.*, 2002; SARMIENTO,

1983). São comuns veranicos frequentemente em janeiro, além da seca prolongada o que demanda irrigação das culturas e problemas com a dessedentação animal, demandando fontes hídricas.

Encontra-se no domínio do bioma Cerrado onde, a partir da interpretação das imagens de satélite LANDSAT MSS e TM5, foram identificados remanescentes das fitofisionomias Formações Savânicas representadas pelo Cerrado sentido restrito; Formações Florestais representadas pelas Matas Ciliares/Galeria e Formações Campestres representadas pelos Campos Úmidos, de acordo com a classificação fitofisionômica proposta por Ribeiro e Walter (1998). Vale ressaltar que os remanescentes cobrem cerca de 50% da área total da bacia, mas de forma bastante fragmentada, tendo sido as florestas e as savanas arbóreas as mais penalizadas (FARIA e CASTRO, 2007).

As litologias são bastante diversificadas relacionadas ao embasamento cristalino ao sul e a Bacia Sedimentar do Paraná, ao norte. A parte leste e centro da área está inserida na Província do Tocantins, que correspondente às rochas mais antigas de Goiás, foi dividida por Lacerda Filho e Frasca (2008), nas faixas Brasília, Araguaia e Paraguai. Das unidades que compõem a faixa Brasília, na área de pesquisa, ocorrem litologias dos complexos Granito-Gnaíssico, Greestone Belts, e incluindo suítes gabro dioríticas, intrusões graníticas e diques máfico-ultramáficos; e do Arco Magmático de Goiás, composto por rochas graníticas sintectônicas, sequências metavulcanossedimentares e granitos sin a tardi e pós-tectônicos. São formações que permitem elevado intemperismo em condições tropicais

favorecendo a ocorrência de latossolos e argissolos e relevos suavizados.

A Bacia do Paraná está representada nas porções centro-noroeste da área pela Formação Furnas, dominada por arenitos esbranquiçados a róseos, feldspáticos ou caoliníticos; pela Formação Ponta Grossa dominada por folhelhos cinza a marrom-avermelhados intercalados de arenitos brancos a marrons ou esverdeados, finos a muito finos, micáceos e feldspáticos; pela Formação Aquidauana, dominada por arenitos médios a grossos, friáveis, às vezes feldspáticos, associados à siltitos e argilitos intercalados, de ambiente fluvial e lacustre e diamictitos de origem glacial e, finalmente pelo Complexo Alcalino Iporá dominado por rochas intrusivas alcalinas. Apresenta ainda, áreas com coberturas cenozóicas da Formação Araguaia, compostas de um conglomerado basal com seixos poligênicos em matriz areno-argilosa, seguido de arenitos vermelhos pouco compactos capeados por siltes e areias siltosas de granulometria e coloração variadas (LACERDA FILHO e FRASCA, 2008). As litologias areníticas favorecem ocorrência de térreos mais frágeis em áreas tropicais, com suscetibilidade erosiva.

As Formações Superficiais, mais recentes, estão representadas pelas Coberturas Detrito-lateríticas ferruginosas que compreendem sedimentos aluviais ou coluviais constituídos por conglomerados oligomíticos com seixos de quartzito e laterítos autóctones, com carapaças ferruginosas do Terço-Quaternário e pelos Depósitos aluvionares que compreendem as acumulações de sedimentos de calha e de planície de inundação, compostos por areias finas e grossas, cascalhos e lentes de material silto-argiloso, além de turfa, do Quaternário, que ocorrem na porção norte da bacia, próximo e nas planícies

dos rios Araguaia, Claro e dos Bois. Essas formações favorecem a formação de latossolos os topos e de solos aluviais de textura média/argilosa os fundos de vale.

O relevo é caracterizado pela predominância de formas denudacionais (LATRUBESSE e CARVALHO, 2006), ou seja, residuais erosivas, onde se destacam: As Superfícies Regionais de Aplainamento - SRA, com as seguintes subunidades: SRAIIB, SRAIIIA e SRAIVC1, SRAIVC2; os Morros e Colinas - MC, Estruturas Dobradas - ED e as Zonas de Erosão Recuante - ZER. As SRA são amplas e suavizadas, o que favorece usos agropecuários, sobretudo relacionados a solos mais profundos e desenvolvidos. As áreas constituídas por Morros e Colinas são sustentadas por remanescentes de litologias mais resistentes à erosão, como os ortognaisses e os granitóides, testemunhas das antigas superfícies regionais de aplainamento à medida que estas evoluíram. As Estruturas Dobradas relacionam-se à tectônica de dobramentos pré-cambrianos, representados pelos domos e *hogbacks*. As Zonas de Erosão Recuante - ZER são caracterizadas como grandes reentrâncias que marcam a erosão das superfícies de aplainamento antigas a partir de um nível de base local, associado à rede de drenagem, desenvolvidos sobre rochas sedimentares. À medida que a ZER evolui, surge uma paisagem de morros e colinas residuais. E, finalmente a Planície Fluvial e a Faixa Aluvial. Portanto dominam relevos suavizados.

As classes de solos de maior representatividade na área são os Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos que ocorrem nos relevos planos a suave ondulados, situados a norte da área de pesquisa, relacionados aos

Sedimentos Detrítico-lateríticos Terço-Quaternários que recobrem as Superfícies Regionais de Aplainamento - SRAIVC1 e SRAIVC 2; os Neossolos Quartzarênicos álicos que ocorrem nas áreas com relevos suaves e ondulados, situados ao sul da área, associados ao substrato arenítico da Formação Aquidauana; os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e distróficos que ocorrem nas porções centro-leste e centro-oeste da área, associados ao substrato da Faixa Brasília e a relevos mais acidentados da SRAIVC1, e da Zonas de Erosão Recuante - ZER e de Morros e Colinas - MC. Os Cambissolos eutróficos e distróficos se localizam nas porções leste, centro-norte e sul nos relevos SRAIVC1 e ZER, sustentado também, por litologias da Faixa Brasília. Os Neossolos Litólicos distróficos ocorrem nas áreas com relevo movimentado, em situações escarpadas nas porções centro-norte e leste da área, como na Serra de Santa Marta; e por fim os Gleissolos Melânicos distróficos que ocorrem nos fundos dos vales e planícies dos rios Araguaia, Claro e dos Bois, cujas principais características desses solos (Figura 2) segundo a EMBRAPA (2006) estão descritas a seguir:

Os Latossolos (LV, LVA, LVdF) compreendem solos constituídos de material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto H hístico. Apresentam avançado estágio de intemperização. São virtualmente destituídos de minerais primários e tem baixa capacidade de troca de cátions e de saturação em bases. Variam de fortemente drenados a bem drenados. São normalmente muito profundos, geralmente ácidos, distróficos ou álicos.

Ocorrem em relevo plano a suave ondulado. Na área de pesquisa ocorrem as seguintes classes:

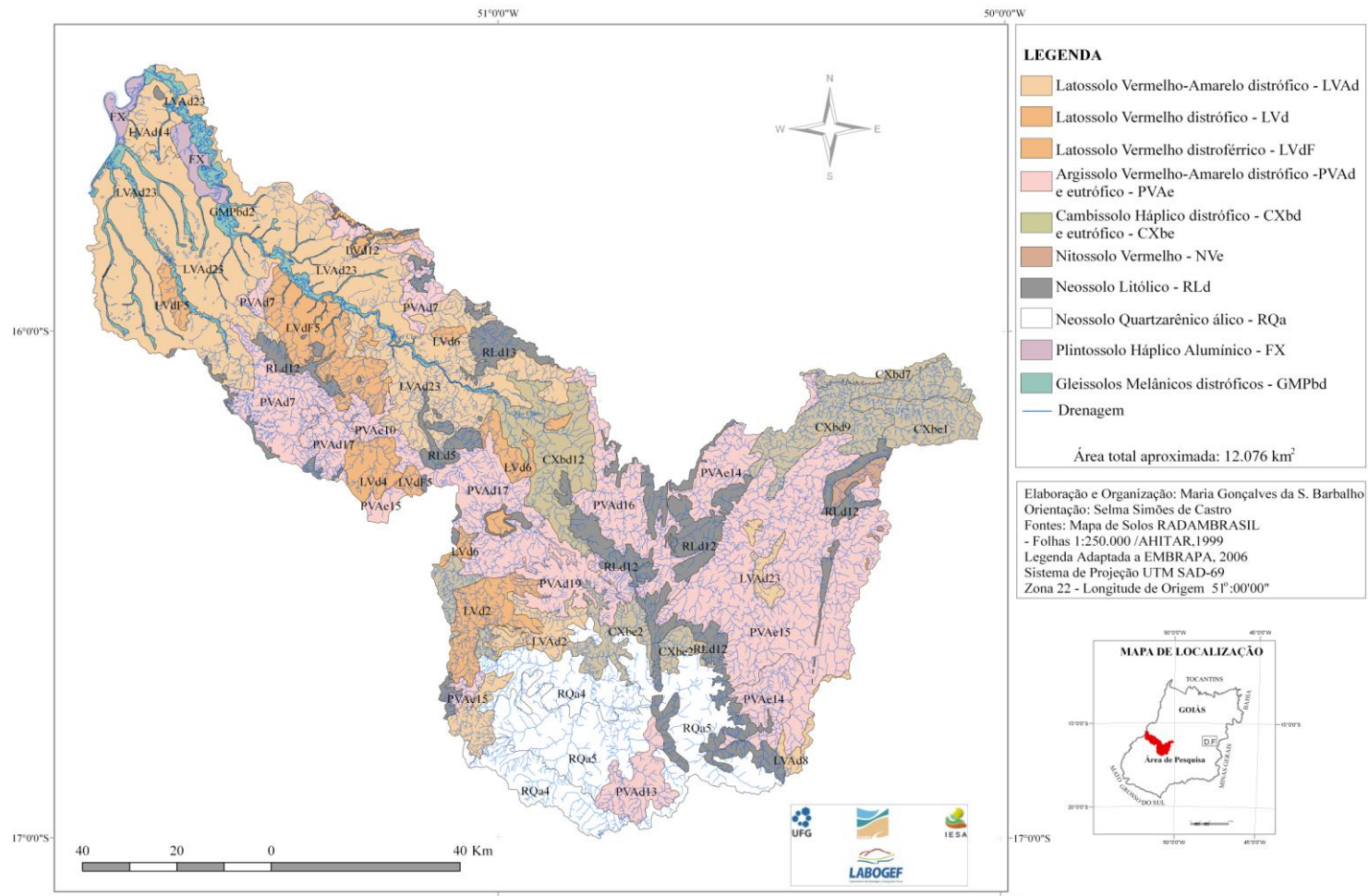


Figura 2 – Mapa de solo das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

- Os Latossolos Vermelhos (LV) apresentam matiz 2,5YR e teores de ferro estão entre 18 e 8% nos solos argilosos ou muito argilosos, representando 7,97% da área. Situam-se na região sudoeste da área de pesquisa. E os Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) representam 23,68% da área diferenciando-se por serem mais amarelos, com matiz 5YR, ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), por serem menos argilosos, em geral apresentando textura média, e dominam o setor noroeste da bacia. Os Latossolos Vermelhos distroféricos (LVdF) representam 3,75% da área, apresentam baixa capacidade de troca de cátions e teores de ferro entre 18 a 36%, em geral apresentam textura argilosa. Situam-se na região noroeste da área de pesquisa.
- Os Argissolos (PVA) compreendem solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Apresentam um evidente incremento no teor de argila no horizonte Bt, cuja transição para o horizonte A é notável (clara, abrupta ou gradual). Tem profundidade variável, variam de forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas a mais raramente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa ou argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt. Na área de pesquisa ocorre a subordem dos Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos (PVAd) com argila de atividade baixa, cascalhento, textura média a argilosa, intermediários para os Neossolos Quartzarênicos álicos (RQa) e para o LVAd. E os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos (PVAe) com textura média a argilosos, intermediários para os Nitossolo Vermelho eutrófico (NVe) e o Neossolos Litólico eutrófico (RLe). Dominam nas porções centro-leste e centro-oeste da área e representam 31,03% da bacia.
- Os Cambissolos (C) compreendem solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. São forte a imperfeitamente drenados, variando de rasos a profundos, de cor bruna ou bruna amarelada até o vermelho escuro, e de

alta a baixa saturação de bases e atividade química na fração coloidal. Na área ocorre a subordem dos Cambissolo distróficos (CXd) e eutróficos (CXe), argila de atividade baixa, cascalhento e pedregoso, textura média a argilosa, relevo ondulado e forte ondulado, intermediários com PVAd, argila de atividade baixa, cascalhento. Ocorrem nas porções leste, centro-norte e sul da área e representam 11,53%.

- Os Neossolos (R) são solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, não apresentam horizonte B devido à baixa atuação dos processos pedogenéticos ou por características do material de origem, ou por condicionamento do relevo. Na área de pesquisa ocorrem as seguintes subordens: Neossolos Quartzarênicos álico (RQ), textura média em relevo suave ondulado, intermediários com LVAd e LV e PVAd, ocorrem na região sul e representam 12,11% da área. E os Neossolos Litólicos (RL) que são solos pouco desenvolvidos, muito rasos ou rasos com horizonte A assentes diretamente sobre a rocha ou sobre horizonte C ou Cr e que apresentam contato lítico dentro dos 50 cm da superfície, representam 12,04% da área.
- Os Gleissolos (G) ocupam as depressões sujeitas às inundações como fundos de vale e nascentes. São mal ou muito mal drenados, ocorrendo com frequência, uma espessa camada de matéria orgânica mal decomposta sobre uma camada acinzentada (gleizada), resultante do ambiente de oxirredução. Na área ocorre a subordem dos Gleissolos Melânicos Distróficos (GMPd) que ocupam 3,12% da área de pesquisa e ocorrem nos fundos dos vales e planícies dos rios Araguaia, Claro e dos Bois. Apresentam textura muito argilosa, e são pobres em bases com teores de alumínio elevados.
- Os Plintossolos (P) ocupam 1,0% da área e ocorrem nas planícies de inundação dos rios Claro e Araguaia. São constituídos por material mineral, apresentando um horizonte plântico ou litoplântico ou ainda concrecionário.
- Os Nitossolos (N) são constituídos por material mineral com presença de horizonte B nítico abaixo do horizonte A. O Horizonte nítico apresenta atividade baixa ou caráter alítico. Na área ocorre a subordem dos

Nitossolos Vermelhos (NV) em relevo ondulado a forte ondulado e ocupam 0,39% da área de pesquisa na porção nordeste.

- Os Latossolos apresentam aptidão agrícola regular e baixa suscetibilidade erosiva linear, mas alta laminar, porém pode sofrer compactação e esta induzir esses processos. Os Argissolos apresentam aptidão agrícola menor e são mais suscetíveis a erosão sobretudo linear. Os Cambissolos e os Neossolos Litólicos e Quartzarênicos apresentam restrições ao uso intensivo e costumam ser suscetíveis à erosão linear. Os Plintossolos e os Gleissolos apresentam restrições devido ao excesso de água, sazonal ou anual, respectivamente, exceto se desmatados, podendo ainda ser assoreados por sedimentos trazidos das encostas, e os Nitossolos costumam ter boa aptidão e baixa suscetibilidade erosiva.

Metodologia

Para a avaliação do potencial de uso das terras na área de pesquisa optou-se, pelo sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras de Ramalho Filho e Beek (1995), conforme exposto, cujas etapas e procedimentos operacionais estão descritos a seguir:

1ª Etapa: Elaboração dos mapas temáticos na escala 1:100.000, conforme a seguir:

– Elaboração do mapa de declividade - o mapa de declividade foi elaborado a partir da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com equidistância de 20 metros, e as classes definidas segundo Ramalho Filho e Beek (1995), nos seguintes intervalos:

- Plano (0-3%) - são terras não suscetíveis à erosão. Geralmente ocorrem em solos de relevo plano ou quase plano, e com boa permeabilidade. Quando cultivadas por 10 a 20 anos podem apresentar erosão ligeira, que pode ser controlada com praticas de manejo simples;

- Suave ondulado (3-8%) - são terras que apresentam pouca suscetibilidade à erosão, possuem boas condições físicas. Quando utilizadas com lavouras, por um período de 10 a 20 anos, mostram uma perda de 25% ou mais do horizonte superficial. Práticas simples podem prevenir contra esse tipo de erosão;
- Moderadamente ondulado (8-13%) - são terras que apresentam moderada suscetibilidade a erosão. Seu relevo é normalmente ondulado. Se utilizadas fora dos princípios conservacionistas, essas terras podem apresentar sulcos e voçorocas, requerendo práticas de controle à erosão desde o início de sua utilização agrícola;
- Ondulado (13-20%) - são terras que apresentam forte suscetibilidade a erosão, que podem ser maiores ou menores, dependendo de suas condições físicas. Na maioria dos casos a prevenção à erosão depende de práticas intensivas de controle;
- Forte ondulado (20-45%) - são terras com suscetibilidade maior ao grau forte, tendo o seu uso agrícola muito restrito. Na maioria dos casos o controle da erosão é dispendioso;
- Montanhoso (>45%) - são terras que apresentam severa suscetibilidade à erosão. Não são recomendáveis para uso agrícola.

– Elaboração do mapa de solos - o mapa de solos foi compilado da Ahitar 1:250.000, e ajustado os limites das classes dos solos para uma escala aproximada de 1:100.000, a partir da análise das imagens de satélite Landsat TM5, dos mapas hipsométrico e de declividade. Posteriormente, foi realizado um trabalho de campo para sua validação. A legenda foi adaptada à classificação brasileira dos solos mais recente (EMBRAPA, 2006).

– Elaboração do mapa de cobertura vegetal e de uso da terra - foram utilizadas imagens LANDSAT TM5, com resolução de 30 metros. As bandas foram georreferenciadas a partir das imagens geocover no programa ENVI 3.0 e realçadas pela técnica de expansão linear de contraste no programa SPRING 4.2/INPE.

– Para o mapeamento dos diversos tipos de cobertura vegetal e de uso das terras da área estudada, na escala 1:100.000, foi realizada a segmentação das imagens (BLASCHKE e KUX, 2005; CRÓSTA, 1993). Posteriormente, foi utilizado o classificador Battacharya, que é um dos algoritmos disponíveis no SPRING/4.2 para classificar regiões de uma imagem segmentada. Ele requer a interação do usuário para identificar/classificar as regiões formadas na segmentação de imagens. Os erros de classificação foram corrigidos em edição vetorial e interpretação visual no ARCGIS 9.2 onde foram finalizados os mapas. A classificação da cobertura vegetal e de uso da terra foi realizada identificando as classes a partir da interpretação das imagens coloridas, e seguiu a proposta metodológica utilizada por SANTOS *et al.* (1981) que consiste em identificar as classes espectrais na imagem em função dos diferentes critérios de interpretação relacionados com a tonalidade, a textura e a forma geométrica. Foram identificadas e definidas as seguintes classes: Formações Florestais, Formações Savânicas, Formações Campestres, Pastagem, Cultura, Corpos d'água, Área urbana e Estradas.

– Elaboração do mapa de aptidão agrícola das terras - seguiu as orientações do quadro guia (Quadro 2, em anexo) para avaliação da aptidão agrícola da aptidão agrícola das terras de Ramalho Filho e Beek (1995), cujo método de interpretação se apóia nas características físico-ambientais do solo, relevo, clima e vegetação e estabelece parâmetros para a avaliação da aptidão agrícola das terras conforme a seguir:

a) Níveis de manejo

Nível A: Pressupõe práticas agrícolas com baixo nível tecnológico, quase ausência de emprego de capital, trabalho braçal;

Nível B: Pressupõe práticas agrícolas com nível tecnológico médio, com aplicação modesta de capital, trabalho com base na tração animal ou na tração motorizada apenas para o preparo inicial do solo;

Nível C: Pressupõe práticas agrícolas com alto nível tecnológico empregado, aplicação intensiva de capital, trabalho mecanizado em quase todas as fases das atividades.

b) Tipos de utilização

Os três primeiros grupos 1, 2 e 3 são aptos para as lavouras; o grupo 4 é indicado para pastagem plantada; o grupo 5 para silvicultura e /ou pastagem natural e o grupo 6 estão às terras sem aptidão agrícola.

c) Avaliação da aptidão agrícola das terras

É feita através de um estudo comparativo entre os graus de limitação atribuídos as terras para cada fator agrícola e para cada nível de manejo, e os estipulados no quadro-guia (Quadro 2) que deve se utilizado para uma orientação geral, face ao caráter subjetivo da interpretação.

O Quadro 1 apresenta o resumo dos grupos e subgrupos quanto à aptidão agrícola e o Quadro 2 apresenta o detalhamento que serviu de guia para as áreas tropicais proposto pelos referidos autores.

Quadro 1 – Características das classes de aptidão agrícola das terras.

Grupo	Subgrupo
1 - Terras com aptidão BOA para lavouras de ciclo curto ou longo em pelo menos um dos níveis de manejo.	1bC - Terras com BOA aptidão para lavouras no nível C, REGULAR no B e INAPTA no nível A. 1(b)C - Terras com BOA aptidão para lavouras no nível C e RESTRITA no B e, INAPTA no nível A.
2 - Terras com aptidão REGULAR para lavouras de ciclo curto e/ou longo em pelo menos um dos níveis de manejo.	2bc - Terras com aptidão REGULAR para as lavouras nos níveis de manejo B e C e INAPTA no nível A. 2(b)c - Terras com aptidão REGULAR para as lavouras nos níveis de manejo C , RESTRITA no B e INAPTA no A . 2(bc) - Terras com aptidão RESTRITA nos níveis de manejo B e C e INAPTA no A.
4 - Terras com aptidão BOA, REGULAR ou RESTRITA para pastagem plantada.	4p - Terras com aptidão BOA para pastagem plantada. 4(p) - Terras com aptidão REGULAR para pastagem plantada.
5 - Terras com aptidão BOA, REGULAR ou RESTRITA para Silvicultura ou pastagem natural.	5n - Terras com aptidão REGULAR para pastagem natural e/ou silvicultura.
6 – Terras sem aptidão ao uso agrícola.	6 - Terras sem aptidão agrícola. - Área de Preservação Permanente - 80 metros.

Esses dados foram utilizados para a delimitação das áreas com as respectivas classes de aptidão agrícola a partir do cruzamento dos dados na ferramenta LEGAL/SPRING. O Quadro 3 (em anexo) e a Figura 3 apresenta o

esquema conceitual aplicado para a manipulação e obtenção do mapa temático de aptidão agrícola (na escala 1:100.000).

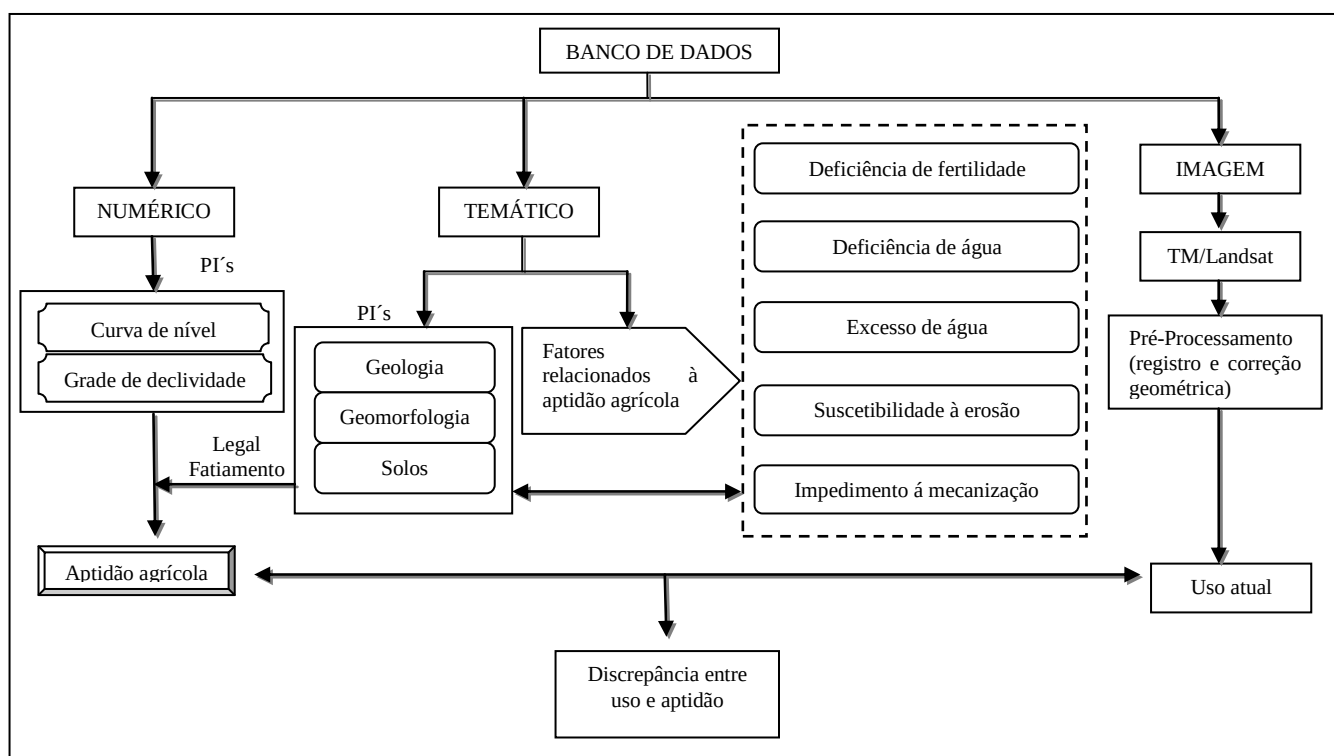


Figura 3 – Esquema conceitual para a elaboração do mapa de aptidão agrícola das terras.

2ª Etapa: Correlação entre o mapa de aptidão agrícola e o uso atual das terras - foi obtido a partir do cruzamento dos mapas de aptidão agrícola das terras e o mapa de cobertura vegetal e de uso da terra (BARBALHO e CASTRO, 2010) através da ferramenta LEGAL do SPRING/4.2. Para a classificação discrepância considerou-se as seguintes classes:

Alta - São áreas onde o uso é incompatível com a aptidão agrícola;

Moderada - São áreas que existe incompatibilidade entre o uso e a aptidão agrícola, mas que por fatores como consórcio de agricultura e/ou pastagem e por apresentarem baixa declividade não se enquadram na alta discrepância;

Baixa - São áreas que apresentam menor nível de discrepância, sendo as de menor declive e classificadas como aptas para cultivo e para pastagem;

Nula - São áreas onde predominam a vegetação natural.

Resultados e Discussões

No mapa de declividade elaborado (Figura 4), pode-se constatar que 85,60% da área apresenta relevo que favorece a mecanização, com declives com a até 13%. Os relevos ondulados respondem por 8,76% da área e os forte ondulados com 5,45% e muito forte ondulados representam apenas 0,19%, restringindo-se às áreas escarpadas (Tabela 1).

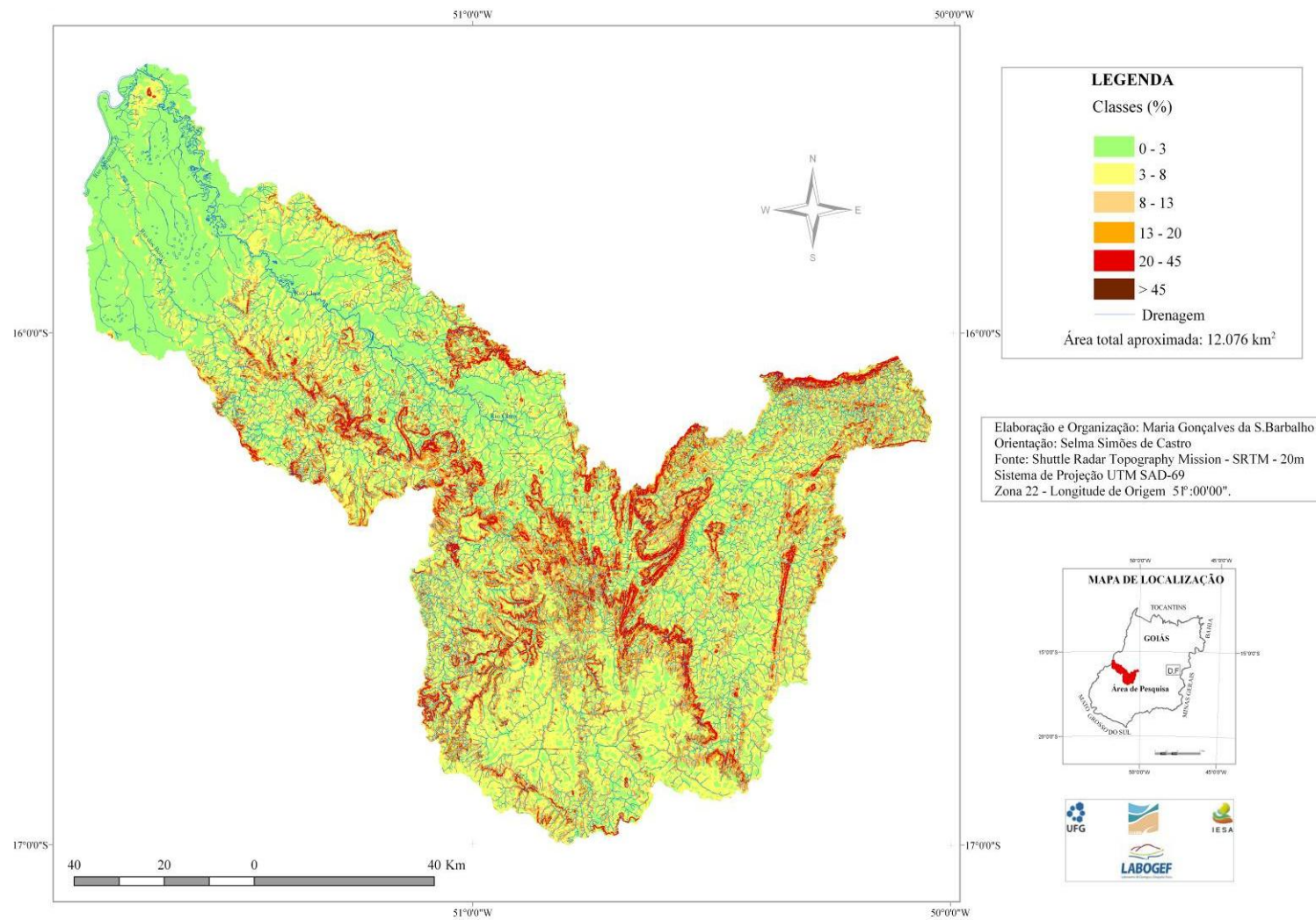


Figura 4 – Mapa de declividade das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Tabela 1 – Classes de declividade das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Relevo</i>	<i>Declividade(%)</i>	<i>Área(ha)</i>	<i>Área(%)</i>
Plano	0-3	5.263,10	43,58
Suave Ondulado	3-8	2.325,96	19,26
	8-13	2.748,38	22,76
Ondulado	13-20	1.057,60	8,76
Forte Ondulado	20-45	658,54	5,45
Muito Forte Ondulado	>45	23,41	0,19
Total		12.076,99	100,00

Quanto à suscetibilidade à erosão, 50,78% da área apresenta relevo suave ondulado a ondulado de modo que o escoamento superficial pode favorecer a concentração das águas pluviais e desencadear processos erosivos. Nessas áreas devem ser utilizadas práticas de conservação de solo. Apenas 5,64% apresentam relevos fortemente ondulados, muito suscetíveis à erosão.

No que se refere à avaliação da aptidão agrícola das terras da área, os Latossolos em relevo plano foram classificados no grupo 2, subgrupos 2bc, 2(b)c e 2(bc) em relevo ondulado, pois podem ser utilizados com as mais diversas culturas adaptadas para a região, por apresentarem boas condições físicas, embora variem de ácidos e distróficos, ou seja, terem baixa saturação por bases, o que requer a correção através da calagem. As classes de aptidão foram reduzidas em função da declividade e do risco de erosão.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos quando ocorrem em relevo plano a suave ondulado foram classificados no grupo 1 e subgrupos 1bC e 1(b)C; a sua redução para as classes para 2, 4 e 6 ocorreu em função das sérias limitações devido declives mais acentuados e o alto risco de erosão, especialmente pela diferença morfológica entre os horizontes A e B (caráter abrupto). Podem ser usados para diversas culturas, desde que feitas as correções de acidez e adubação quando se tratar de solos distróficos ou álicos, além de necessitarem de controle de erosão com práticas mecânicas.

Os Cambissolos foram classificados no grupo 4 e subgrupos 4(p). Suas principais limitações são a profundidade, a pedregosidade e a ocorrência em relevos com declives acentuados. São suscetíveis a processos erosivos.

Os Nitossolos foram classificados no grupo 1 nos subgrupos 1bC e

1(b)C em relevos planos e suave ondulados, uma vez que quando eutróficos apresentam potencial agrícola e quando distróficos requer corretivos e fertilizantes. As classes de aptidão foram sendo reduzidas na medida em que a declividade aumenta em função da erosão e impedimento a mecanização.

Neossolos Quartzarênicos apresentam baixa fertilidade e pequena capacidade de retenção de água e nutrientes, além de alta suscetibilidade à erosão hídrica dada a textura arenosa e sua baixa coesão de partículas. Foram classificados na avaliação da aptidão agrícola como do grupo 4 em relevo plano a suave ondulado. Quando ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado foram respectivamente classificados como grupo 5 e 6.

Os Neossolos Litólicos correm em áreas com declives acentuados, apresentam pouca profundidade e frequente fragmentos de rocha no seu perfil. São muito suscetíveis aos processos erosivos. São mais apropriadas para preservação de fauna e flora e foram classificados como grupo 6, ou seja sem aptidão.

Os Gleissolos apresentam elevada retenção de água. O manejo dessas áreas é imprescindível quanto ao controle de aeração, exigida pela maioria das culturas, o que significa drenar esses solos o que causa grandes alterações. Além disso, por ocorrerem próximos das nascentes e cursos de água é muito importante preservá-los para não comprometer o reservatório hídrico. Segundo o Código Florestal Brasileiro, a lei 4.771/1965 e 7.803/1989, e ainda na Resolução CONAMA 303 de 20/03/2002, essas áreas são consideradas como de proteção ambiental. Na área de pesquisa foram classificados como grupo 2 subgrupo 2bc e 2(b)c.

Os Plintossolos são distróficos e álicos e foram classificados como grupo 4 subgrupo 4p. No preparo desse solo pode ocorrer desgaste dos implementos agrícolas. Por ocorrer próximo dos cursos de água é muito importante preservá-los.

No mapa de aptidão agrícola das terras elaborado (Figura 5) e na Tabela 2 com as áreas das classes de aptidão, verifica-se o predomínio da classe 2 (bc, (b) e (bc)), que juntas somam 45,52% da área, correspondem as terras com aptidão regular para as lavouras de ciclo curto e/longo nos níveis de

manejo B e C. Segue-se pela classe 4 com 21,7% da área, correspondendo às terras com aptidão boa, regular ou restrita para pastagem plantada. Juntas essas duas classes, 2 e 4, somam quase 68% da área.

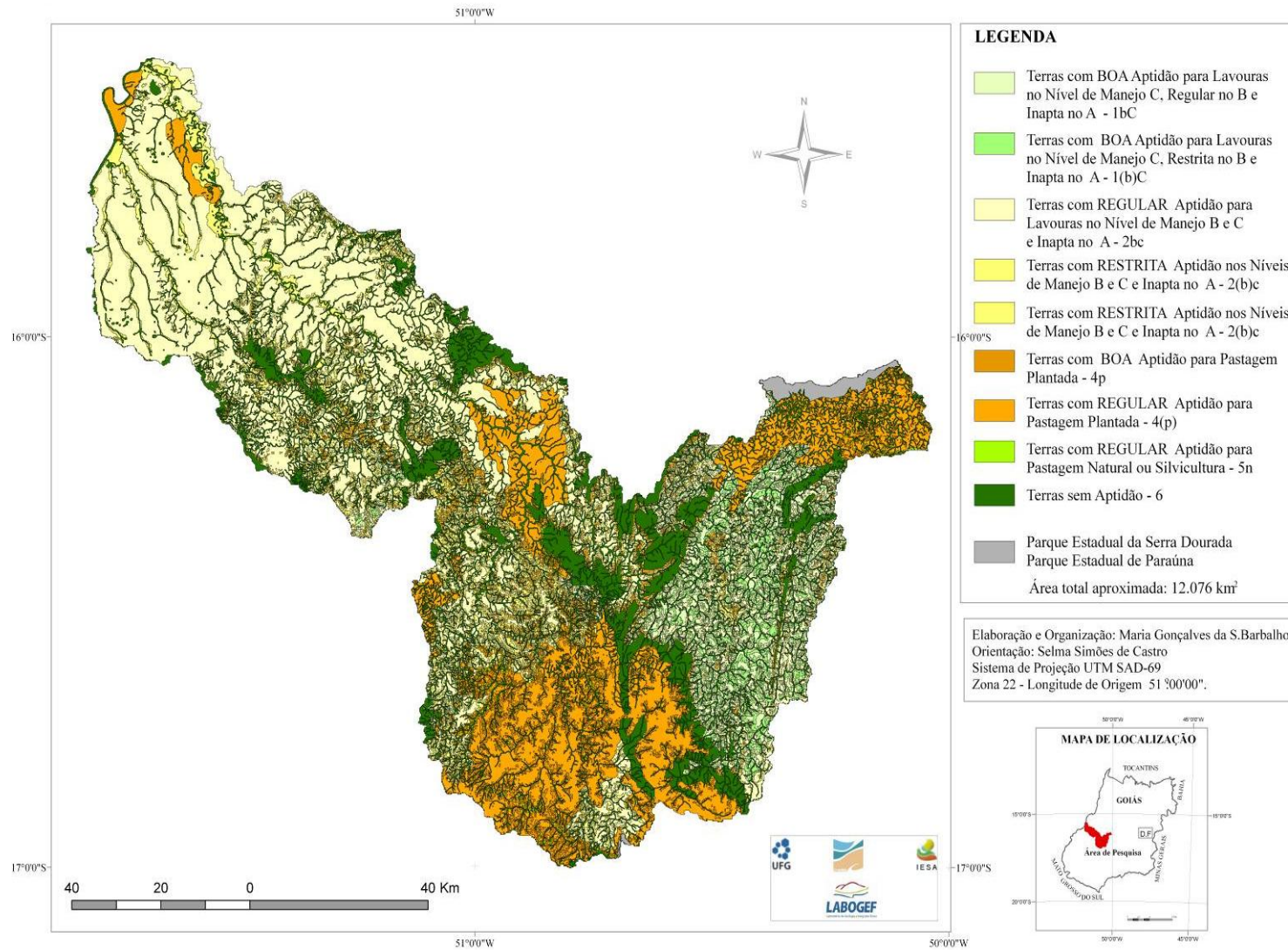


Figura 5 – Mapa de aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Tabela 2 – Área das classes da avaliação da aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Classes da avaliação da aptidão agrícola</i>	<i>Área</i>	
	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>
1Bc	557,86	4,60
1(b)C	322,70	2,67
2bc	3.939,74	32,97
2(b)c	1.239,66	10,26
2(bc)	315,68	2,61
4p	2.129,79	17,64
4(p)	456,97	3,78
5n	60,68	0,50
6	2.930,07	24,26
Parque estadual	83,78	0,69
Total	12.076,99	100,00

A classe 1 apresenta apenas 7,27% da área com aptidão boa para lavouras de ciclo curto ou longo em pelo menos um dos níveis de manejo e somente 24,74% foram consideradas áreas sem aptidão agrícola. Vale ressaltar que foram delimitadas as Áreas de Proteção Permanente - APP ao longo dos cursos d'água através de um buffer com 80 metros para toda a bacia, baseado no Código Florestal Brasileiro, que estabelece a largura mínima de 50 metros para cursos d'água de 10 a 50 metros.

A Figura 6 relativa ao mapa de uso e cobertura da terra mostra o predomínio da agricultura na porção norte (noroeste) da área, em áreas com cobertura de Latossolo Vermelho-Amarelo, nas planícies dos rios Araguaia, Claro e dos Bois. As áreas com pastagem estão distribuídas de modo generalizado por toda a bacia, com sua mancha mais expressiva localizada na porção sul da área, com coberturas dos Neossolos Quartzarênicos. Verifica-se ainda que a área apresenta pouco mais de 50% da cobertura vegetal natural (Tabela 3).

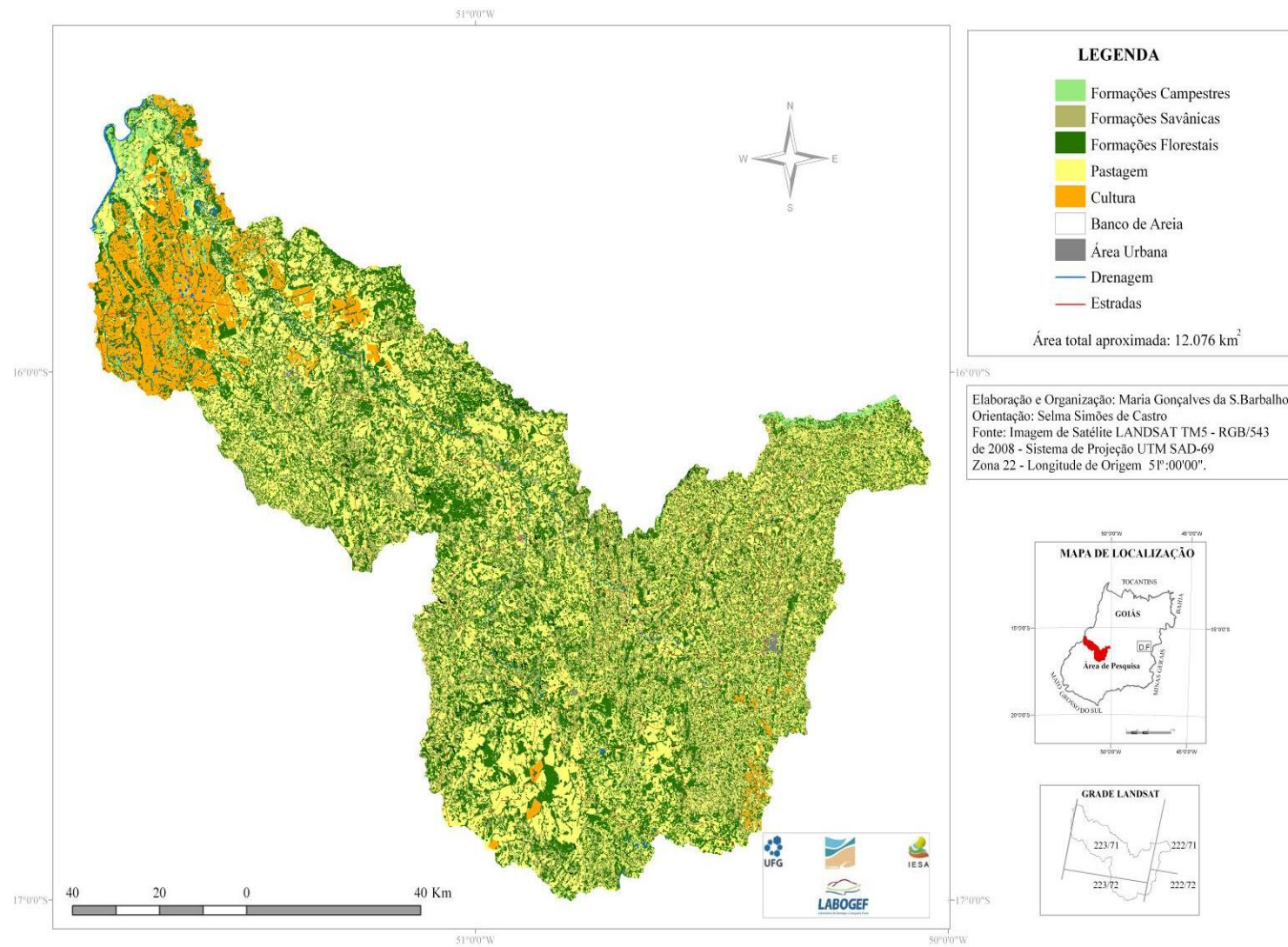


Figura 6 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 2008 das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Tabela 3 – Área das classes de cobertura vegetal e de uso da terra nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Classes de cobertura vegetal e de uso da terra</i>	<i>2008</i>	
	<i>Área</i>	
	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>
Formações Campestres	192,38	1,59
Formações Savânicas	1.417,04	11,73
Formações Florestais	4.540,85	37,60
Pastagem	4.830,63	40,00
Cultura	982,5	8,14
Corpos d'água	77,16	0,64
Banco de areia	1,71	0,01
Estrada	20,77	0,17
Área urbana	13,95	0,12
Total	12.076,99	100,00

Correlacionando os dados de aptidão agrícola das terras com o de uso e cobertura da terra pode-se verificar na Tabela 4 e na Figura 7 a distribuição dos graus de discrepância na área de estudo.

Tabela 4 – Discrepância entre o uso da terra e a aptidão agrícola das terras nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Grau de Discrepância</i>	<i>Área</i>	
	<i>(km²)</i>	<i>(%)</i>
Nula	6.097,47	50,49
Baixa	4.009,40	33,20
Moderada	878,88	7,28
Alta	998,2	8,27
Cidade	10,08	0,08
Parque estadual	82,96	0,69
Total	12.076,99	100,00

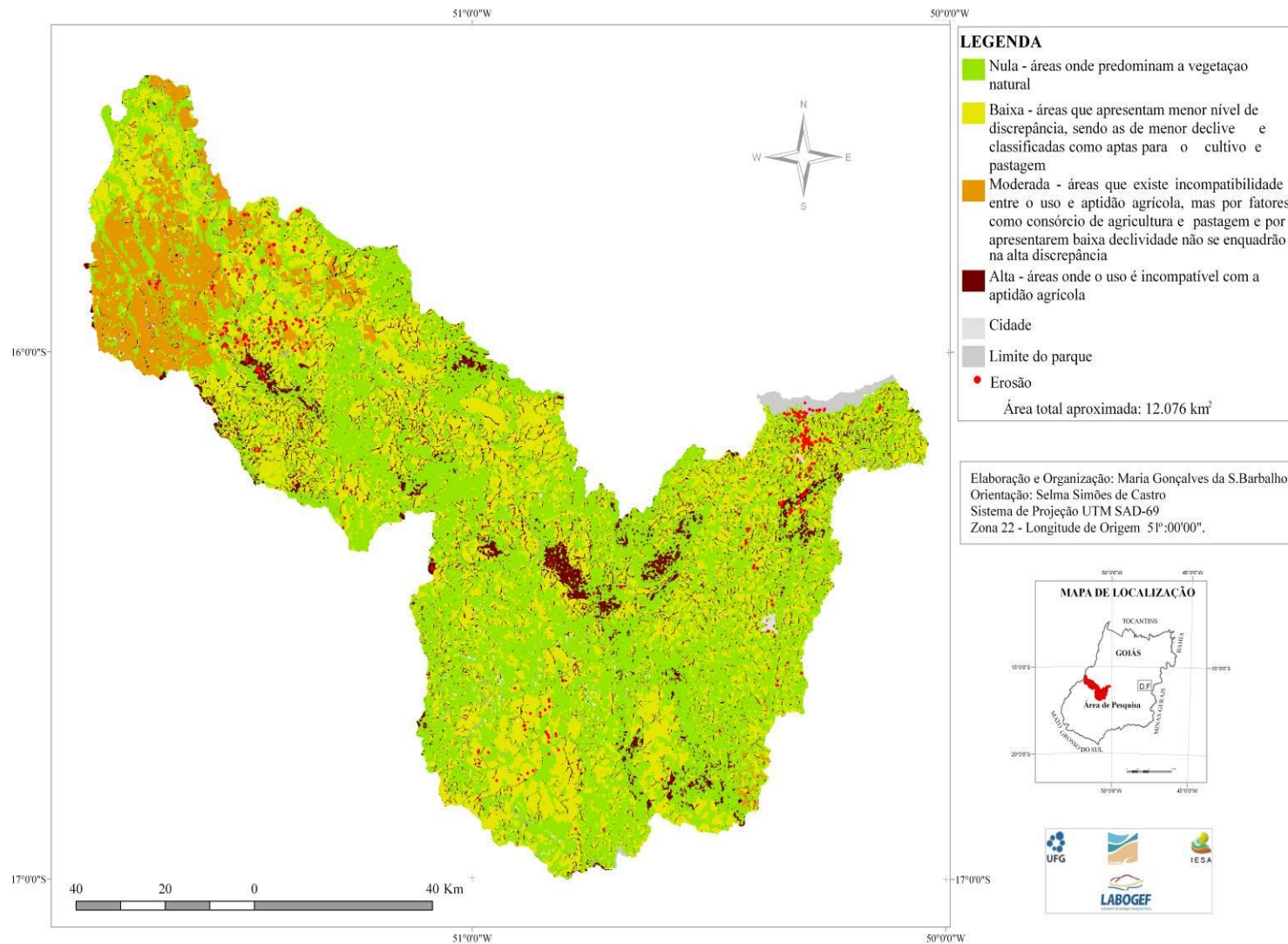


Figura 7 – Mapa de discrepância entre uso e aptidão agrícola das terras das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

A alta discrepância corresponde a pouco mais de 8% da área total, e ocorre de forma generalizada em pequenas áreas por toda a bacia associadas às áreas que deveriam ser destinadas a proteção e/ou preservação ambiental. No entanto, encontram-se sob uso de pastagem. As áreas mais representativas ocorrem na porção central e norte da área de pesquisa, em áreas com declives acentuados.

A moderada discrepância localiza-se predominantemente nas porções norte e noroeste da área, nas planícies dos rios Araguaia e Claro, onde se concentra a atividade agrícola e corresponde a 7,28% do total.

Já as áreas com baixa discrepância se distribuem por toda a bacia, mas predominam na porção central e sul. As áreas com baixa e moderada discrepância juntas somam 40,48%.

A discrepância nula corresponde a pouco mais de 50% da área e situam-se na porção norte, noroeste, central e sul da área. Apresentam cobertura vegetal natural.

Em síntese a alta e moderada discrepância juntas somam cerca de 15% da área, e chama a atenção o fato de que nelas se situa a área agrícola ao norte e próximo ou nas planícies dos rios Araguaia, Claro e dos Bois. O que chama mais atenção, no entanto, é que mais de 33% da área apresenta com baixa discrepância e 50% sem discrepância, o que indica que os impactos ambientais não estão associados apenas ao uso, mas também ao manejo das terras. Ressalta-se ainda que as maiores discrepâncias são pontuais, mas que as áreas mais contínuas situam-se nas áreas dominadas por Neossolos Litólicos (Figura 2). Considerando-se a concentração de focos erosivos lineares mapeados por Barbalho e Castro (2010), pode-se perceber que os mesmos se concentram nas áreas com classe de aptidão regular ou sem aptidão (Figura 7) utilizadas predominantemente com pastagem (Figura 6).

Conclusões

As bacias dos rios Claro e dos Bois apresentam 45,52% da sua área com terras com aptidão regular para as lavouras de ciclo curto e/longo nos níveis

de manejo B e C. Segue-se com 21,7% da área com aptidão boa, regular ou restrita para pastagem plantada no nível de manejo B. Juntas essas duas classes somam quase 70% da área. Apenas 7,27% da área apresentam boa aptidão para lavouras de ciclo curto ou longo em pelo menos um dos níveis de manejo.

Esses dados justificam o predomínio da atividade de pastagem de modo generalizado por toda a bacia uma vez que a agricultura é mais exigente do que a pastagem demandando melhor capacidade dos solos, dos recursos da tecnologia de manejo agrícola e dos custos de produção. Embora a agricultura apresente um crescimento relativamente forte, não é generalizado e nem significativo para bacia como um todo. Somente 24,74% foram consideradas áreas sem aptidão agrícola.

Através da análise conjunta entre os mapas de uso-aptidão-discrepância pode-se concluir que a área das bacias dos rios Claro e dos Bois, apresenta ocupação das terras, em sua maioria, em acordo a aptidão agrícola recomendada e que os impactos ambientais erosivos lineares parecem estar relacionados ao manejo do solo e não à discrepância de uso.

Referências Bibliográficas

BARBALHO, M. G. S.; CAMPOS, A. B. Relações entre o relevo e as ocorrências erosivas na zona da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT). VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, ABGE, Anais... Goiânia-Goiás. 2001.

BARBALHO, M. G. S.; CASTRO, S. S. Evolução do uso e cobertura da terra nas bacias dos rios Claro e dos Bois afluentes do rio Araguaia, no Estado de Goiás. Goiânia. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Goiás, 2010.

BARBALHO, M. G. S.; MEDEIROS, C. M.; XAVIER, L., CASTRO, S. S. Caracterização Geo-Ambiental: uso e ocupação das terras - região do alto curso do Rio Araguaia-GO/MT. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais... Recife, nov., 2001.

BLASCHKE, T.; KUX, H. Sensoriamento Remoto e SIG: novos sistemas sensores: métodos inovadores. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S. Relationships between floristic diversity and vegetation indices, forest structure and landscape metrics of

fragments in Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, v. 257, p. 2157-2165, 2009.

CASTRO, S. S. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, 2005.

CASTRO, S. S.; XAVIER, L. S.; MACEDO, M. Plano de controle de erosão linear nas nascentes dos Rios Araguaia e Araguainha. 2004.

CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A.; SILVA, I. A. Seasonal variation of a hyperseasonal cerrado in Emas National Park, central Brazil. *Flora* 200: 2005, pp. 345-353.

Código Florestal Brasileiro, Lei 4.771/1965 e 7.803/1989. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 3/11/2009.

CRÓSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Ed. Ver. Campinas-SP: IG/UNICAMP, 1993.

CURI, N.; CARMO, D. N. do; BAHIA, V. G.; FERREIRA, M. M.; SANTANA, D. P. Problemas relativos ao uso, manejo e conservação do solo em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, v. 16, n.176, p. 5-16, 1992.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPE, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. Vocabulário de ciência do solo. Campinas: SBCS, 1993. 90p.

DE-CAMPOS, A. B.; LUIZ, G. C.; MACEDO, R. A. R; PEIXOTO, V. M. P. Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no Estado de Goiás. In: ALMEIDA, M. G. (org.). *Abordagens Geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade*. Goiânia: UFG, 2002, p. 91-118.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FARIA, K. M. S.; CASTRO, S. S. Caracterização dos remanescentes de Cerrado das sub-bacias rio Claro (GO) e rio das Garças (MT). In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2007, Natal. *Anais... XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 2007.

INPE. Satélite Landsat. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>> Acesso em: 10/08/2008.

LACERDA FILHO, J. V. de L.; FRASCA, A. A. S. Compartimentação Geotectônica. In: *Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Programa geologia do Brasil: integração, atualização e difusão de dados da geologia do Brasil*. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M. Mapeamento geomorfológico do

Estado de Goiás. 2006.

MARINHO, G. V.; CASTRO, S. S. Caracterização físico-hídrica e de suscetibilidade a voçorocamento dos solos da sub-bacia do córrego Queixada na alta bacia do rio Araguaia. In: X SBGFA, 2003, Rio de Janeiro.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.65p.

Resolução CONAMA 303 de 20/3/2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 3/11/2009.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). Cerrado: Ambiente e Flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1998. p. 89-168.

SANTANA, M. P.; CASTRO, S. S.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do Rio Araguaia. Sociedade e Natureza, Uberlândia, 19(2): p. 103-121, dez., 2007.

SANTOS, A. P; FORESTI, C; NOVO, E. M. L.; NIERO, M.; LOMBARDO, M. A. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento no uso da terra. São José dos Campos: INPE, 1981.

SARMIENTO, G. The savannas of tropical America. In: GOODALL, D. W. (ed.), Ecosystems of the world: Tropical Savannas. Elsevier, Amsterdam, 1983, pp. 245-288.

SILVA, R. A. A. Arenização/Desertificação no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT): distribuição e fatores condicionantes de formação dos areais. Goiânia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2006.

XAVIER, L. S.; CASTRO, S. S.; BARBALHO, M. G. S. Linear erosion in the region of the source area of Araguaia river. Sociedade e Natureza, Uberlândia, 2005.

Anexos

Quadro 2 – Quadro guia para avaliação da aptidão agrícola das terras (clima Tropical-Úmido).

Aptidão agrícola			Graus de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C															Utilização indicada
Grupo	Subgrupo	Classes	Deficiência de fertilidade			Deficiência de água			Excesso de água			Susceptibilidade a erosão			Impedimento a mecanização			
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	BOA	N/L	N/ <u>L1</u>	N2	L/M	L/M	L/M	L	L1	N2	L/M	N/L1	N1	M	L	N	Lavouras
2	2abc	REGULAR	L/M	<u>L1</u>	L2	M	L/M	L/M	M	L/M1	L2	L1	N2/L1	N2/L1	M/F	M	L	
3	3(abc)	RESTRITA	M	L/M <u>1</u>	L2	M/F	M/F	M/F	F	M1	N2	M1	L2	L2	F	M/F	M	
4	4P	BOA		M1						<u>F1</u>			M/F1			M/F		Pastagem plantada
	4p	REGULAR		<u>M1/F1</u>						<u>F1</u>			F1			F		
	4(p)	RESTRITA		<u>F1</u>						MF			MF			F		
5	5S	BOA																Silvicultura e/ou pastagem natural
	5s	REGULAR											F1			M/F		
	5(s)	RESTRITA		M/F1		M/F				<u>L1</u>			F1			F		
	5N	BOA	M/F	F1		F	M		M/F	<u>L1</u>		F	MF		MF	F		
	5n	REGULAR	F	MF		MF	M/F		F	<u>M1</u>		F			MF			
	5(n)	RESTRITA	MF				F		MF			F			MF			
6	6	SEM APTIDÃO		-		-			-			-			-			Preservação da fauna e flora
Notas: i. Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícola da terra, os demais representam os grupos de aptidão. ii. Terras sem aptidão para lavouras em geral, devido a excesso de água podem ser indicadas para arroz de inundação. iii. No caso de grau forte a susceptibilidade a erosão, o grau de limitação por deficiência de fertilidade não deve ser maior do que ligeiro a moderado para a classe restrita 3(a). • Graus de Limitação: N = Nulo; L = Ligeiro; M = Moderado; F = Forte; M/F = Muito Forte e / - Intermediário.																		

Fonte: RAMALHO FILHO e BEEK, 1995.

Classe de solo	Classe de declividade (%)	Deficiência de fertilidade	Excesso ou deficiência de água	Suscetibilidade e a erosão	Impedimento a mecanização	Classes de aptidão	
						Grupo	Subgrupo
LVAd	0-3	M	M	N	N	2	2bc
	3-8	M	M	L	L	2	2bc
	8-13	M	M	M	M	2	2(b)c
	13-20	M	M	F	M	2	2(bc)
	APP=80 m					6	6
LVd	0-3	M	M	N	N	2	2bc
	3-8	M	M	L	L	2	2bc
	8-13	M	M	M	M	2	2(b)c
	13-20	M	M	F	M	2	2(bc)
	APP=80 m					6	6
LVdF	0-3	M	M	N	N	2	2bc
	3-8	M	M	L	L	2	2bc
	8-13	M	M	M	M	2	2(b)c
	13-20	M	M	F	M	2	2(bc)
	APP=80 m					6	6
PVAd	0-3	M	M	L	L	2	2bc
	3-8	M	M	M	M	2	2bc
	8-13	M	M	M	M	2	2(b)c
	13-20	M	M	F	M	2	2(bc)
	20-45	M	M	MF	MF	4	4(p)
	APP=80 m					6	6
PVAe	0-3	N	M	L	L	1	1bC
	3-8	N	M	L	L	1	1(B)c
	8-13	N	M	F	M	2	2bc
	13-20	N	M	F	M	2	2(b)c
	20-45	N	M	MF	MF	4	4(p)
	APP=80 m					6	6
CXbd	8-13	M	M	M	M	4	4p
	13-20	M	M	F	F	4	4(p)
	20-45	M	M	MF	MF	5	5n
	>45	M	M	MF	MF	6	6
	APP=80 m					6	6
CXbe	8-13	N	M	M	M	4	4p
	13-20	N	M	F	F	4	4(p)
	20-45	N	M	MF	MF	5	5n
	>45	N	M	MF	MF	6	6
	APP=80 m					6	6
NVe	0-3	N	M	N	N	1	1bC
	3-8	N	M	L	L	1	1(b)C
	8-13	N	M	M	M	2	2bc
	13-20	N	M	M	M	2	2(b)c
	20-45	N	M	F	F	4	4p
	APP=80 m					6	6
RLd	13-20	M	M	M	M	6	6
	20-45	M	M	F	F	6	6
	>45	M	M	MF	MF	6	6
	APP=80 m					6	6
RQo	0-3	M	M	N	N	4	4p
	3-8	M	M	L	L	4	4p
	8-13	M	M	M	M	4	4p
	13-20	M	M	F	M	4	4(p)
	APP=80 m					6	6
FX	0-3	F	N	N	M	4	4p
	3-8	F	N	N	M	4	4p
	8-13	F	N	L	M	4	4p
	APP=80 m					6	6
GMd	0-3	M	N	N	N	2	2bc
	3-8	M	N	L	L	2	2bc
	8-13	M	N	M	M	2	2(b)c
	13-20	M	N	M	M	2	2(bc)
	APP=80 m					6	6

* Os atributos foram avaliados com base em 5 graus de limitação: N = Nulo; L= Ligeiro; M = Moderado; F = Forte e MF = Muito Forte.

ARTIGO 3

**IMPACTOS EROSIVOS LINEARES: DISTRIBUIÇÃO, FATORES
CONDICIONANTES NATURAIS E ANTRÓPICOS NAS BACIAS DOS RIOS CLARO
E DOS BOIS, ESTADO DE GOIÁS - UMA CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA**

Impactos erosivos lineares: distribuição, fatores condicionantes naturais e antrópicos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás - uma contribuição metodológica¹

Maria Gonçalves da Silva Barbalho²

Selma Simões de Castro³

Resumo

Este trabalho teve como objetivo desenvolver identificar, quantificar e avaliar a distribuição dos focos erosivos lineares, de modo a reconhecer as áreas mais críticas de ocorrência desse fenômeno nas bacias dos rios Claro e dos Bois no Estado de Goiás (Brasil), a partir de imagens de satélite de alta resolução espacial e correlacioná-las com os condicionantes naturais (geologia, geomorfologia e solos) e antrópicos (uso dos solos). Para tanto, foi utilizada uma abordagem metodológica que se baseia na análise integrada da paisagem, por sobreposição e correlação espacial dos seus componentes. Os resultados evidenciaram a presença de 395 focos erosivos lineares de médio a grande porte, dos quais 238 ocorrem em áreas com cobertura de pastagem, indicadas para essa forma de uso, 30 focos erosivos em áreas com cobertura de cultura e os 123 focos restantes estão em áreas com cobertura vegetal antropizada. Revelam ainda que as pastagens estão degradadas e que a ocorrência dos focos erosivos nessas áreas, embora a área como um todo tenha aptidão para esse uso. Admite-se a possibilidade de estarem relacionadas ao manejo inadequado das pastagens e do gado, que inclui o sobrepastoreiro, falta de rodízio de piquetes e da manutenção da capacidade produtiva das pastagens através da correção e fertilização do solo, dentre outros.. Conclui-se que há necessidade de estudos detalhados relativos ao manejo das pastagens em campo, visando identificar os fatores da erosão para propor as ações corretivas.

¹Parte da tese de doutorado da primeira autora.

²Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - Nível Doutorado, da Universidade Federal de Goiás - UFG.

³Prof^a. Titular de Geografia Física do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás.

Palavras-chave: erosão, análise integrada da paisagem, imagens de alta resolução espacial, alta bacia do rio Araguaia, bacias dos rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás, Brasil.

Abstract

This study aimed to develop, identify, quantify and assess the distribution of linear erosive sites in order to recognize the most critical areas of this phenomenon in the basins of the rivers Bois and Claro in the State of Goiás (Brazil), from images satellite of high spatial resolution and correlate them with the natural conditions (geology, geomorphology and soils) and anthropogenic (land use). For this, was used a methodological approach that is based on integrated analysis of the landscape, by the spatial superimposition and correlation of its components. The results showed the presence of 395 linear erosion sites with medium to large size, of which 238 occur in areas covered with pasture, although suitable for this type of use, 30 erosion sites in coverage areas of culture and the remaining 123 erosion sites are in areas with disturbed vegetation. They also reveal that the pastures are degraded and that the occurrence of erosion sites in these areas, although the area as a whole has suitability for such use. Admits the possibility of being related to inadequate management of pastures and livestock, which includes cattles, the lack of paddocks rotation and maintaining the productive capacity of pastures and by correcting soil fertility, among others. It was conclude that there is need for detailed studies on the management of pastures in the field, to identify the factors of erosion to propose corrective actions.

Keywords: erosion, integrated analysis of landscape, high resolution images, upper Araguaia river basin, basins on the rivers Bois and Claro, Goiás State, Brazil.

Introdução

Nos últimos anos várias pesquisas foram realizadas na alta bacia do rio Araguaia, as quais correlacionaram os impactos ambientais desencadeados nos solos e recursos hídricos ao modelo de ocupação intensiva iniciado na década de 1970, através do Programa de Desenvolvimento dos Cerrados - POLOCENTRO, o qual não foi acompanhado de uma orientação técnica conservacionista, tão pouco de fiscalização preventiva ou corretiva visando o controle ambiental, o que aliado aos condicionantes com elevada suscetibilidade natural (geologia, relevo e solo), propiciaram o desenvolvimento de mais de uma centena de focos erosivos do tipo linear de médio a grande porte (CASTRO *et al.*, 2004; MARINHO e CASTRO, 2003; BARBALHO, 2002; dentre outros).

Outros trabalhos sobre a área aqui focada mostraram elevados riscos à instalação de processos erosivos lineares e laminares (OLIVEIRA e CASTRO, 2006; XAVIER *et al.*, 2005) e seus mecanismos relacionados com epicentros de chuvas e estas concentradas, vem certamente contribuindo com elevados volumes de água para intensificação de fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais, principalmente nas baixas vertentes, total ou parcialmente desmatadas, onde o gradiente hidráulico é elevado durante o ano e o lençol freático é raso ou aflorante (FARIA e CASTRO, 2007; SANTANA *et al.*, 2007; MARINHO *et al.*, 2006; CASTRO, 2005; MARINHO e CASTRO, 2003).

Barbalho e Castro (2010) caracterizaram a evolução da conversão da cobertura original em uso agropecuário das bacias dos rios Claro e dos Bois, integrantes da alta bacia do rio Araguaia no Estado de Goiás, a partir de imagens dos sensores MSS2 e TM5 em série histórica com os anos de 1975, 1981, 1985, 1990, 2000 e 2008 e verificaram que as taxas de conversão da cobertura nativa passaram de 2,62% em 1975 para mais de 40% em 2008 e que foi preferencialmente em pastagem, uso atual e dominante. Verificaram que, a partir de 1990, iniciou-se a reconversão dessas áreas de pastagem em agricultura, ao norte da bacia na planície do rio Araguaia, originalmente ocupada por campos úmidos e povoada por inúmeros lagos. Notaram ainda, que a partir desse mesmo ano de 1990 o processo de degradação ambiental é marcado pela instalação dos focos erosivos e de assoreamento que, junto com

a perda da biodiversidade, caracterizam os principais impactos conseqüentes da ocupação e o uso das terras. Correlacionaram esse processo à expansão da fronteira agrícola iniciada em 1975 e consolidada a partir da década de 1990, induzida, sobretudo, pelo referido POLOCENTRO.

Degradações como essas inspiraram a EMBRAPA a elaborar o Programa de Recuperação de Pastagens Degradadas do Cerrado - PROPASTO em 1995, com objetivo de promover a recuperação sustentada das pastagens degradadas do Cerrado através do suporte de pesquisa agrícola, da assistência técnica e do crédito rural, com adoção de sistemas agropastoris (integração lavoura/pecuária). Em virtude do êxito nas áreas monitoradas o programa foi implantado nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso. Também foi adotado como modelo pelo Governo Federal em nível nacional em julho de 2000, com liberação de recursos para aquisição de corretivos agrícolas, sementes e mudas forrageiras, dentre outros mecanismos para recuperação das pastagens (BOUÇAS, 2000; EMBRAPA, 1995). A integração lavoura-pecuária (ILP) é concebida como a diversificação, rotação, consorciação das atividades de agricultura e de pecuária dentro da propriedade rural de forma harmônica, com benefícios para ambas. Dentre os sistemas de renovação ou reforma de pastagens pode-se destacar os modelos: do sistema convencional, do sistema Barreirão (KLUTHCOUSKI *et al.*, 1991) e do sistema Santa Fé (ALVARENGA, 2004).

Recentemente o Governo do Estado de Goiás aprovou a ampliação da área do PROPASTO em Goiás. Ceres, Cristalina, Piracanjuba, Piranhas, Iporá, Posse, Porangatu, Quirinópolis, Rio Verde e São Miguel do Araguaia foram as cidades escolhidas para essa integração que será realizada em 2010. Dos municípios que compõem as sub-bacias focadas nesta tese apenas o município de Iporá foi selecionado (SEAGRO, 2010).

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo identificar, quantificar e avaliar a distribuição dos focos erosivos lineares, de modo a reconhecer as áreas mais críticas de ocorrência desses fenômenos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, interpretando as possíveis causas. Para tanto, foi utilizada análise integrada da paisagem, ponderando-se a incidência das erosões lineares (ravinas e voçorocas), em relação aos fatores geológicos,

geomorfológicos e ao padrão de drenagem, a partir da sobreposição desses componentes, utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento, em escala de detalhe, possível graças à disponibilização das imagens de alta resolução.

Tais ferramentas são essenciais em trabalhos dessa natureza, principalmente a partir desses novos sensores, em função de suas superiores resoluções geométrica e temporal, que abriram novas possibilidades para obtenção desses dados (BLASCHKE e KUX, 2005). Neste aspecto, a utilização das imagens de alta resolução disponibilizadas pela GOOGLE EARTH, auxilia na interpretação da verdade terrestre uma vez que permitem a ampliação da escala para a identificação pontual e detalhada dos objetos e/ou fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, no caso específico os focos erosivos lineares.

A geocartografia baseada no método de superposição de mapas para fins de correlação espacial vem sendo utilizada, discutida e aperfeiçoada há algum tempo, e segundo alguns pesquisadores, além de ganhos em termos de recursos e tempo, possibilita o rápido e eficaz diagnóstico do meio físico, particularmente face à erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas), aonde vem sendo aplicada com inúmeras vantagens em relação a outros métodos utilizados. É indicada para estudos detalhados em grandes e médias escalas, idealmente até 1: 100.000 (CASTRO e SALOMÃO, 2000; SALOMÃO, 1994; TRICART e KILIAN, 1982).

A interrelação dos condicionantes do meio físico (geologia, geomorfologia e solos) imprime diferenças marcantes nas paisagens (CHRISTOFOLETTI, 1999; TRICART e KILIAN, 1982; BERTRAND, 1968), possibilitando não só a delimitação das áreas homogêneas, que Castro e Salomão (2000) chamaram de compartimentos morfopedológicos, como a identificação dos sistemas pedológicos próprios de cada um, de modo a identificar os mais suscetíveis à ocorrência dos processos erosivos, como um melhor entendimento sobre evolução desses fenômenos (SALOMÃO, 1999).

Salomão (1994) já havia testado essa mesma abordagem no Platô de Bauru, em Bauru (SP), como forma de subsidiar as medidas de controle desses processos, aplicando-a a generalização cartográfica, onde mapas como o de sistemas pedológicos e de restrição ao uso e ocupação dos solos tornaram-se

instrumentos para as ações preventivas de controle de erosão pela Prefeitura daquele município.

Barbalho (2002) utilizou essa mesma abordagem para identificar e cartografar o setor sul da alta bacia do rio Araguaia, onde se aloja a sua nascente, quanto aos compartimentos do meio físico e interpretá-los em relação às suas interações produzidas pela integração de seus componentes, o substrato geológico, o relevo, o solo, a utilização da terra e seu comportamento em relação aos processos erosivos lineares. Esse trabalho foi aprimorado por Xavier (2003), que adotou os compartimentos morfopedológicos como unidades de planejamento, e, mais tarde, Oliveira e Castro (2006) caracterizaram os perfis morfopedológicos representativos de cada um. O conjunto desses trabalhos permitiu avançar no sentido de reconhecer que os compartimentos mais suscetíveis à erosão apresentavam como substrato mais suscetível os arenitos eólicos da Formação Botucatu da Bacia Sedimentar do Paraná, associados à Neossolos Quartzarênicos órticos e hidromórficos, em relevos suaves colinosos amplos, com rampas longas.

O processo de instalação e evolução de voçorocamento foi estudado detalhadamente por Marinho *et al.* (2006), Marinho e Castro (2003) através de uma topossequência contemplando o sistema pedológico constituído por esses solos, onde detectou o fundo de vale no setor de jusante, desmatado, como o de maior risco à instalação e desenvolvimento desses processos que serviu para tornar mais precisa a identificação dos compartimentos mais sensíveis ao uso e manejo (SALOMÃO, 1999).

Pissarra *et al.* (2004) avaliaram as características morfométricas na relação solo-superfície na bacia do córrego Rico, em Jaboticabal (SP) e os resultados revelaram que as características do padrão de drenagem e do relevo repercutiam no comportamento hidrológico e litológico das microbacias hidrográficas, possibilitando a diferenciação entre as unidades de solos e que a densidade de drenagem e a amplitude altimétrica foram as características que mais contribuíram para o poder discriminatório da relação solo-superfície.

Barbalho, *et al.* (2003), Barbalho e De-Campos (2001), Silva, *et al.* (2001), sobre a área aqui focada identificaram também que cruzamentos de

direções litoestruturais do substrato arenítico, onde se alojavam as nascentes dos tributários do rio Araguaia, constituíam pontos de fragilidade, sobretudo porque configuravam grandes embaciados com vertentes longas e concavizadas, de baixo declive e desnível altimétrico, na maioria desmatados e convertidos em pastagens e, ou agricultura intensiva, usos desaconselhados para esses setores das encostas com essas características.

A degradação das pastagens segundo Macedo (1995), Macedo e Zimmer (1993), Carvalho (1993) é um processo de perda de vigor, de produtividade, de capacidade da recuperação natural, de redução na produção e qualidade das forragens e exigidos pelos animais, como também os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras, culminando com a degradação ambiental, em razão de manejos inadequados.

Conforme o exposto verifica-se que o controle dos processos erosivos somente é possível através do conhecimento sobre os condicionantes que lhe favorecem, não sendo apenas uma questão de suscetibilidade natural, mas também das condições de uso e manejo. Só com esse conhecimento sobre os processos e sua distribuição é que as ações voltadas para o disciplinamento de uso e manejo adaptada à aptidão agrícola/capacidade de uso dos solos podem tornar-se mais eficazes.

Área de Pesquisa

As bacias dos rios Claro e dos Bois possuem juntas uma área de aproximadamente 12.100 km² e se localizam entre as coordenadas geográficas de 17°01'23" e 15°22'07" de latitude sul e entre 51°58'18" a 49°54'34" de longitude oeste (Figura 1).

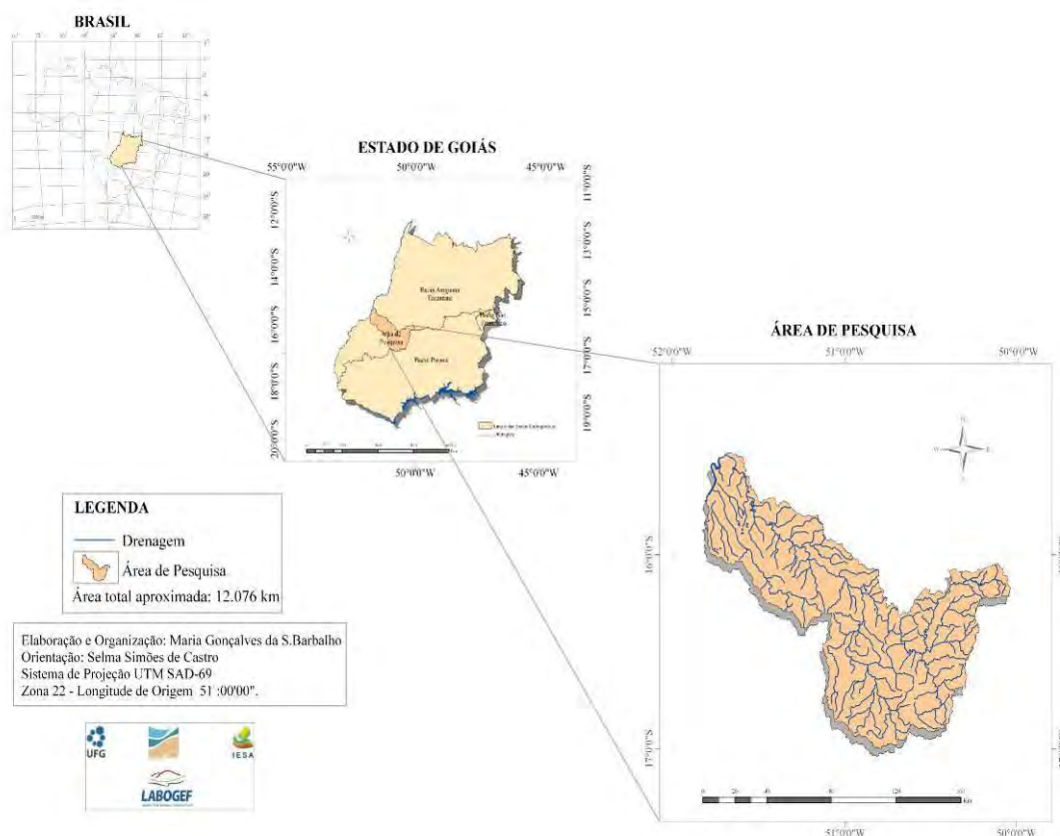


Figura 1 – Localização das bacias dos rios Claro e dos Bois, no Estado de Goiás.

O clima dominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente sub-úmido (Aw), que se caracteriza por apresentar duas estações bem definidas e contrastadas, uma seca que corresponde ao período outono-inverno e a outra úmida de primavera-verão, e temperaturas médias anuais de 23°C, caracterizando forte sazonalidade e intensidade elevada de chuvas concentradas no verão (CIANCIARUSO *et al.*, 2005; DE-CAMPOS *et al.*, 2001; SARMIENTO, 1983).

Dominam as coberturas do bioma Cerrado onde, a partir da interpretação das imagens de satélite LANDSAT MSS (1975) (BARBALHO e CASTRO, 2010) foram originalmente identificadas Formações Savânicas através do Cerrado sentido restrito; Formações Florestais através das Matas Ciliares e Mata Galeria e Formações Campestres representados pelos Campos Úmidos, de acordo com a classificação de Ribeiro e Walter (1998).

Segundo estes autores, o Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, geralmente com evidências de queimadas. As folhas em geral são rígidas e coriáceas, as quais se adaptam à condição de estação

seca prolongada. Dentre as subdivisões fisionômicas do Cerrado sentido restrito, foram identificadas na área o Cerrado Denso, o Cerrado Ralo e o Cerrado Rupestre.

O Cerrado Denso é predominantemente arbóreo, com cobertura de 50 a 70% e altura média de cinco a oito metros, com estratos arbustivos e herbáceos ralos situado principalmente em áreas ocupadas por Neossolos Quartzarênicos órticos, Cambissolos Háplicos distróficos e eutróficos, nas porções norte e centro-sul da bacia, respectivamente.

O Cerrado Ralo é arbóreo-arbustivo, com cobertura arbórea de 20 a 50% e altura média de dois a três metros. Trata-se da forma mais baixa e menos densa do Cerrado sentido restrito que ocorre principalmente associada às manchas de Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, Neossolos Quartzarênicos órticos e Neossolos Litólicos, situados nas porções centro-norte, sul e leste da bacia.

O Cerrado Rupestre é ralo, esparsos, gramíneo e apresenta uma cobertura de 5 a 20% com altura média de dois a quatro metros, restringindo-se a áreas de afloramentos rochosos, sobretudo nas cristas da Serra Dourada.

As Matas Ciliares e Galeria apresentam-se dispostas ao longo dos cursos d'água e cabeceiras de drenagens, cujas árvores variam em altura de 20 a 25 metros e quase sempre são circundadas por vegetação não florestal, em ambas as margens, em transição para as Formações Savânicas e Campestres. Nesta faixa, os solos podem ser rasos como os Neossolos Litólicos ou profundos com Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos ou ainda pouco profundos como os Gleissolos Melânicos distróficos.

Os Campos Úmidos correspondem às fitofisionomias apenas herbáceas, que ocorrem ao norte da área, nas planícies de inundação dos rios Araguaia, e de seus afluentes, no caso da bacia aqui estudada também nos Gleissolos Melânicos distróficos dessas planícies saturadas.

As litologias são bastante diversificadas, compondo grosso modo dois conjuntos, o do Embasamento Cristalino, concentrado ao sul da bacia e o da Bacia Sedimentar do Paraná, ao norte. No primeiro na parte leste e centro da área está inserida na Província do Tocantins, que é uma unidade tectônica Neoproterozóica (DELGADO *et al.*, 2003), correspondente às rochas mais

antigas de Goiás. Esta província foi dividida por Lacerda Filho e Frasca (2008), nas faixas Brasília, Araguaia e Paraguai. Das unidades que compõem a faixa Brasília, dominantes na área de pesquisa, ocorrem litologias dos complexos Granito-Gnaíssico, Greestone Belts e incluem suítes gabro dioríticas, intrusões graníticas e diques máfico-ultramáficos; e litologias do Arco Magmático de Goiás que é composto por rochas graníticas sintectônicas, sequência metavulcanossedimentar e granitos sin a tardi e pós-tectônicos.

A Bacia do Paraná está representada na área nas porções centro-noroeste pela Formação Furnas, composta por arenitos esbranquiçados a róseos, feldspáticos ou caoliníticos; pela Formação Ponta Grossa composta por folhelhos cinza a marrom-avermelhados intercalados de arenitos brancos a marrons ou esverdeados, finos a muito finos, micáceos e feldspáticos, finamente estratificado; pela Formação Aquidauana, composta de arenitos médios a grossos, friáveis, às vezes feldspáticos, associados à siltitos e argilitos intercalados, de ambiente fluvial e lacustre e a presença de diamictitos sugere a influência glacial; pelo Complexo Alcalino Iporá que compreende pequenas intrusões na Formação Furnas e é composto por dunitos, peritoditos, piroxênios, serpentinitos, gabros, sienogabros, nefelina sienitos, silixistos, carbonatitos, kimberlitos e laprófilos. Apresenta ainda, áreas com coberturas cenozóicas da Formação Araguaia, compostas de conglomerado basal com seixos poligênicos em matriz areno-argilosa, seguido de arenitos vermelhos pouco compactos capeados por siltes e areias siltosas de granulometria e coloração variadas (LACERDA FILHO e FRASCA, 2008).

As Formações Superficiais, mais recentes, estão representadas pelas Coberturas Detrito-lateríticas ferruginosas que compreendem sedimentos aluviais ou coluviais constituídos por conglomerados oligomíticos com seixos de quartzito e lateritos autóctones, com carapaças ferruginosas do Terço-Quaternário situados em geral sobre as partes mais elevadas da porção sul da bacia; e pelos Depósitos aluvionares que compreendem as acumulações de sedimentos de calha e de planície de inundação, compostos por areias finas e grossas, cascalhos e lentes de material silto-argiloso, além de turfa, do Quaternário, que ocorrem na porção norte da bacia, na planície do rio Araguaia e arredores.

O relevo é caracterizado pela predominância de formas denudacionais (LATRUBESSE e CARVALHO, 2006), ou seja, residuais erosivas, onde se destacam: As Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA), subdividida nas subunidades: IIB, IIIA e IVC1, IVC2; os Morros e Colinas - MC, as Estruturas Dobradas - ED e as Zonas de Erosão Recuante - ZER.

As SRA são amplas, suavizadas e estáveis, conhecidas como Chapadas, o que favorece bom desenvolvimento dos solos e consequentemente usos agropecuários. A IIB se desenvolve sobre rochas sedimentares na porção sul da área com altitudes entre 760 e 860 metros, cobrindo 1.048 km^2 da área que corresponde a 8,69%; a IIIA se desenvolve sobre rochas do embasamento cristalino na porção nordeste da área, com altitudes entre 460 e 560 metros, fazendo contato com unidades de Morros e Colinas e cobre uma área de $396,88 \text{ km}^2$ que corresponde a 3,29% da área de pesquisa; a VIC1 corresponde a 4.871 km^2 representando 40,33% do total da área com altitudes entre 360 a 660 m. Apresenta morfologia mais acidentada e se desenvolveu sobre rochas das Formações Ponta Grossa e Furnas da Bacia Sedimentar do Paraná, areníticas, situadas nas porções norte e central, por ortognaisses do embasamento, com altitudes entre 360 e 460 m; a VIC2 corresponde a 1.315 km^2 representando 10,89.% do total da área. Está associada às planícies fluviais dos rios Araguaia, Claro e dos Bois, na porção norte-noroeste das bacias, com altitudes entre 260 e 360 m e declives de 0 a 3%. A SRAIVC-2 foi subdividida em A e B. A SRAIVC2_A, cobre $510,31 \text{ km}^2$ representando 4,23% da área apresenta maior dissecação em relação a SRAIVC2, com declives de 3 a 8%, e é sustentada pelas rochas da Formação Furnas. A SRAIVC2_B apresenta maior dissecação em relação a SRAIVC2_A e se associa as Coberturas Detríticas lateríticas cobrindo pouco mais 413 km^2 da área. Tanto a SRAIVC2_A quanto a SRAIVC2_B são contornadas pela SRAIVC1 e apresentam altitudes entre 260 a 360 metros.

Os Morros e Colinas somam $1.161,88 \text{ km}^2$, representando 9,62% e ocorre nas porções nordeste, central e oeste da bacia, sendo sustentadas por remanescentes de litologias mais resistentes à erosão, como os ortognaisses e os granitóides, testemunhas das antigas superfícies regionais de aplainamento à medida que estas evoluíram. Apresentam altitudes entre 660 a 760 m.

Nessa mesma categoria, porem de Estruturas Dobradas têm-se os morros e as colinas que relacionam-se à tectônica de dobramentos pré-cambrianos, representados pelos domos e *hogbacks*. As cristas da Serra Dourada, por exemplo, que se desenvolveram sobre as rochas do Grupo Serra Dourada, se caracterizam como um sistema de *hogbacks*. Cobrem 520,59 km² e representam 4,31 % da área.

As ZER são caracterizadas como grandes reentrâncias que marcam a erosão das superfícies de aplainamento antigas a partir de um nível de base local, associado à rede de drenagem, representam 10,71% do total da área, desenvolvidos na porção sul sobre rochas sedimentares. À medida que a ZER evolui, surge uma paisagem de morros e colinas residuais.

Por fim, a Planície Fluvial e a Faixa Aluvial juntas cobrem pouco mais de 157 km² e representam apenas 3,22% da área com altitudes de 260 a 360 metros.

As classes de solos de maior representatividade na área são os Latossolos Vermelho-Amarelos e Vermelhos distróficos que ocorrem nos relevos planos a suave ondulados das SRAIVC1 e 2, situados a norte da área de pesquisa, relacionados aos Sedimentos Detrítico-lateríticos Terço-Quaternários que recobrem essas superfícies que juntos correspondem a 35,40% da área; os Neossolos Quartzarênicos álicos que ocorrem nas áreas com relevos suaves e ondulados da SRAIIB e ZER, situados ao sul da área, associados ao substrato arenítico da Formação Aquidauana, respondendo por 12,06% da área; os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e distróficos que ocorrem nas porções centro-leste e centro-oeste da área, associados ao substrato da Faixa Brasília e a relevos mais acidentados da SRAIVC1, ZER e MC, sendo responsáveis por 30,62.% do total da área. Os Cambissolos eutróficos e distróficos se localizam nas porções leste, centro-norte e sul nos relevos SRAIVC1 e ZER, sustentados também, por litologias da Faixa Brasília, cobrindo 11,50% da área. Os Neossolos Litólicos distróficos ocorrem nas áreas com relevo movimentado, em situações escarpadas nas porções centro-norte e leste da área, nos relevos de estruturas dobradas, morros e colinas - HB_ED_MC, como na Serra de Santa Marta, cobrindo apenas 9,65% da área total da bacia; e por fim os Gleissolos Melânicos

distróficos que ocorrem nos fundos dos vales e planícies dos rios Araguaia, Claro e dos Bois, nos relevos das SRAIVC1 e SRAIVC-2, correspondentes a 3,3% da bacia.

Metodologia

O trabalho obedeceu quatro etapas cada uma seguindo metodologias diversas, a saber:

1ª) Elaboração do mapa de ocorrências erosivas - foi realizado através de interpretação visual, na tela do computador, com base nas imagens de alta resolução espacial disponibilizadas na GOOGLE EARTH, para identificação e quantificação das feições erosivas para a confecção do mapa de pontos das ocorrências erosivas. As características foram a presença de incisões no relevo seccionando os terrenos e expondo materiais com cores contrastadas com o entorno, em geral mais claras. Não foi possível distinguir os tipos de ocorrências erosivas (ravinas ou voçorocas), o que só seria possível em campo.

A partir dos pontos (focos erosivos) georreferenciados, no programa ARCGIS 9.2, foi utilizada a ferramenta de geoestatística que permite a análise espacial de dispersão ou concentração de um dado fenômeno no espaço que é o estimador de densidade por Kernel. Esta ferramenta possibilitou melhor identificação e delimitação das áreas desde aquelas com maior até as com menor concentração de focos. Com isso permitiu deduzir a respeito das mais críticas quanto à densidade de ocorrência dos focos (CÂMARA e CARVALHO, 2001; CAMARGO, 1999; CAMARGO, 1998).

2ª) Classificação dos canais de drenagem - a partir da rede de drenagem na escala 1:100.000, realizada através da hierarquização dos canais de drenagem, segundo o método proposto por Straller (1952), que estabelece a ordem hierárquica dos canais fluviais, onde as nascentes ou fontes são de 1ª ordem, a confluência deste com outros canais são de 2ª ordem que reunidos a outros de segunda ordem constituem os canais de 3ª e assim sucessivamente. Foi utilizado também o estimador de densidade por Kernel para identificação das áreas com maior concentração dos canais de drenagem.

3ª) Correlação da distribuição das ocorrências erosivas com os condicionantes do meio físico e antrópico através do cruzamento dos planos de informações (*layers*) de geologia, solo, geomorfologia (declividade), uso e cobertura da terra e discrepância entre uso e aptidão agrícola, com o plano de informação dos focos erosivos a partir da função *geoprocessing* do ArcGis 9.4, e da ferramenta Intersect. O procedimento do processo de correlação entre os focos erosivos e condicionantes naturais e antrópico está representado na Figura 2.

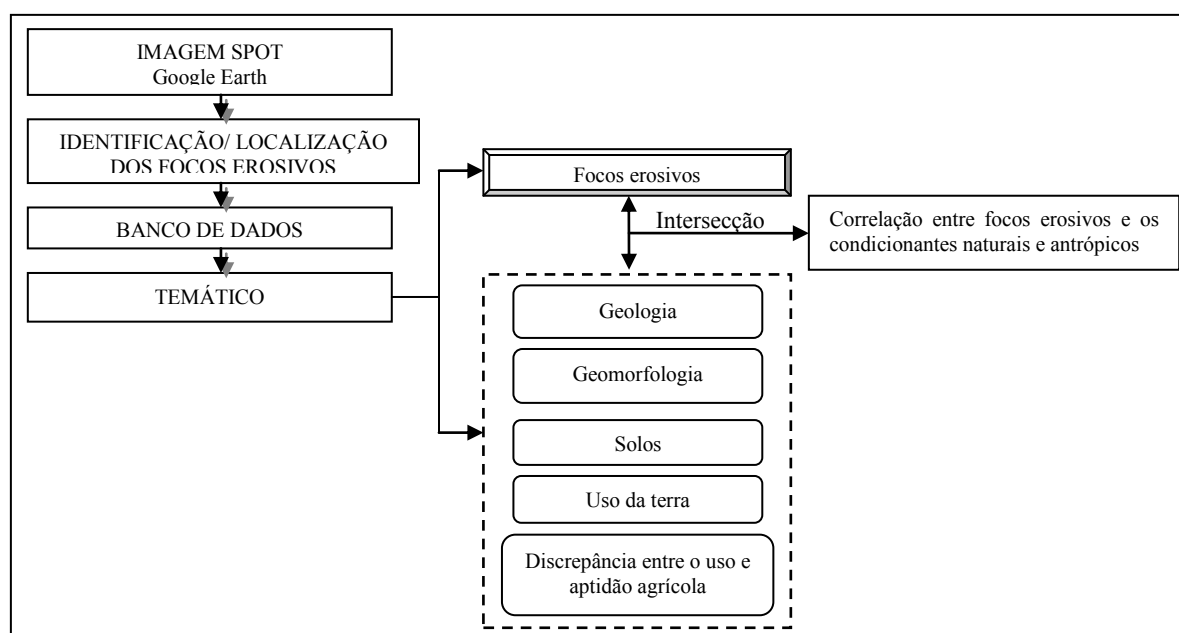


Figura 2 – Processo de correlação entre focos erosivos e condicionantes naturais e antrópicos.

O mapa de discrepância foi obtido por Barbalho e Castro (2010), a partir do cruzamento dos mapas de aptidão agrícola das terras e o mapa de uso e cobertura da terra de 2008, com as seguintes classes: Alta - são áreas onde o uso é incompatível com a aptidão agrícola; Moderada - são áreas que existe incompatibilidade entre o uso e a aptidão agrícola, mas que por fatores como consórcio de agricultura e/ou pastagem e por apresentarem baixa declividade não se enquadram na alta discrepância; Baixa - são áreas que apresentam menor nível de discrepância, sendo as de menor declive e classificadas como aptas para cultivo e para pastagem; Nula - são áreas onde predominam a vegetação natural.

4ª) O Mapa de Compartimentos Morfopedológicos – obedecendo a metodologia proposta por Castro e Salomão (2000), cruzando-se os dados da do substrato geológico, do relevo e dos solos, por aproximações sucessivas, pode-se obter a delimitação de 4 (quatro) compartimentos morfopedológicos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, enumerados de I a IV.

5ª) Cálculo do Índice de Ocorrências Erosivas Lineares – Foi elaborado a partir da correlação espacial entre os mapas de distribuição dos focos erosivos com o mapa de cobertura vegetal e de uso da terra, estabelecendo as correlações espaciais entre os dados, a partir da sobreposição dos mapas o que permitiu calcular as frequências expressas em índices de concentração. Pode ser expresso pela aplicação da fórmula:

$$\text{IOEL} = \frac{\text{número de focos erosivos} \times 100}{A \text{ (área)}}$$

Foram estabelecidas as classes de IOEL para área:

- a) Alto = > 4
- b) Médio = de 1,5 a < 4
- c) Baixo = > 1

De posse de todas as informações dos cruzamentos procedeu-se à interpretação final quanto às relações entre focos erosivos, seus condicionantes e suas áreas críticas quanto à sua concentração.

Resultados e Discussões

O mapeamento das feições erosivas, a partir das imagens de satélite de alta resolução, possibilitou identificar 395 focos erosivos de médio a grande porte. Conforme pode ser observado no mapa de focos erosivos (Figura 3) que estes estão distribuídos praticamente por toda a bacia, no entanto, com elevada concentração nas porções norte e nordeste (noroeste) da área e secundariamente, na porção sul (sudoeste).

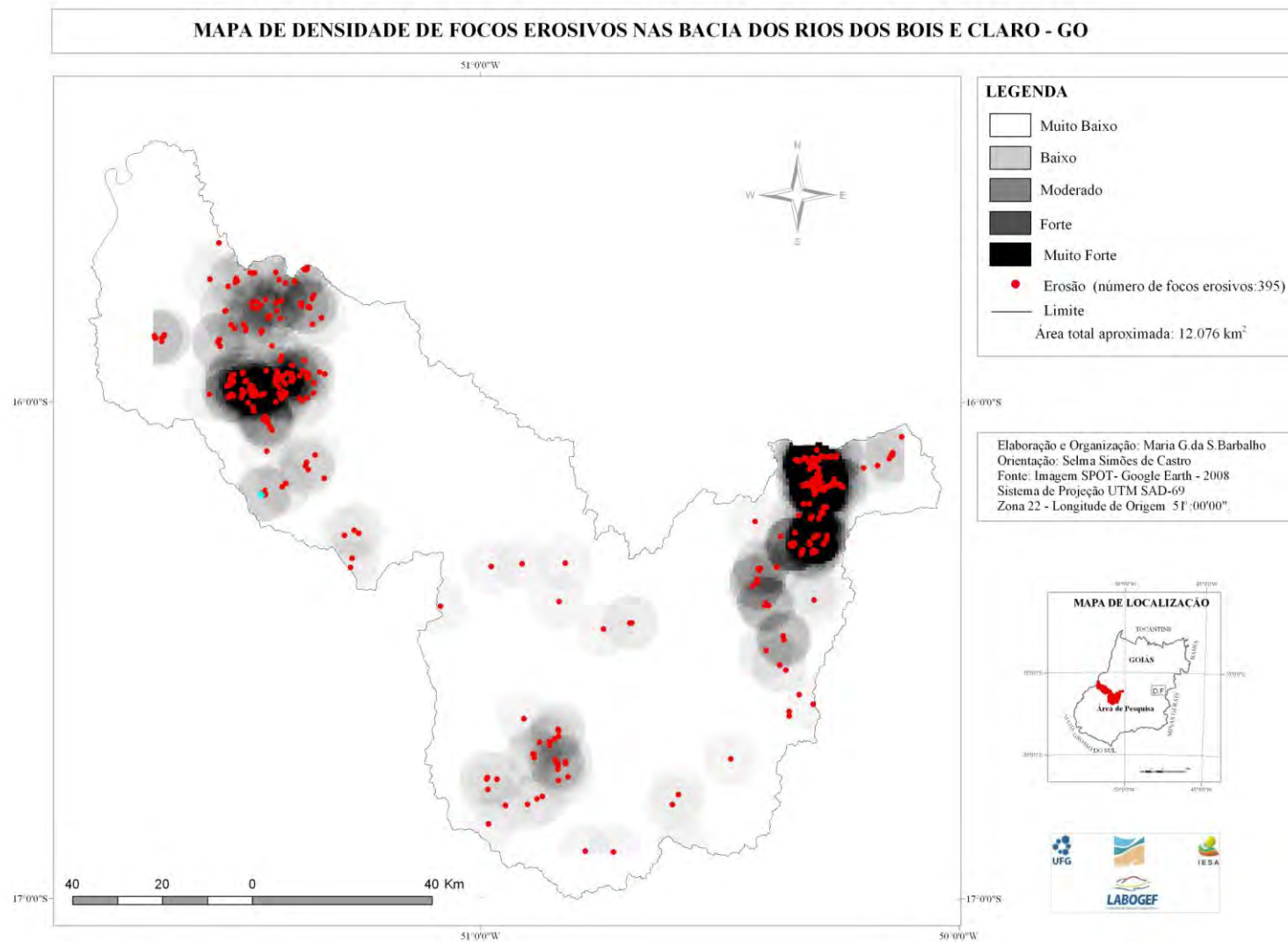


Figura 3 – Mapa de distribuição e densidade dos focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

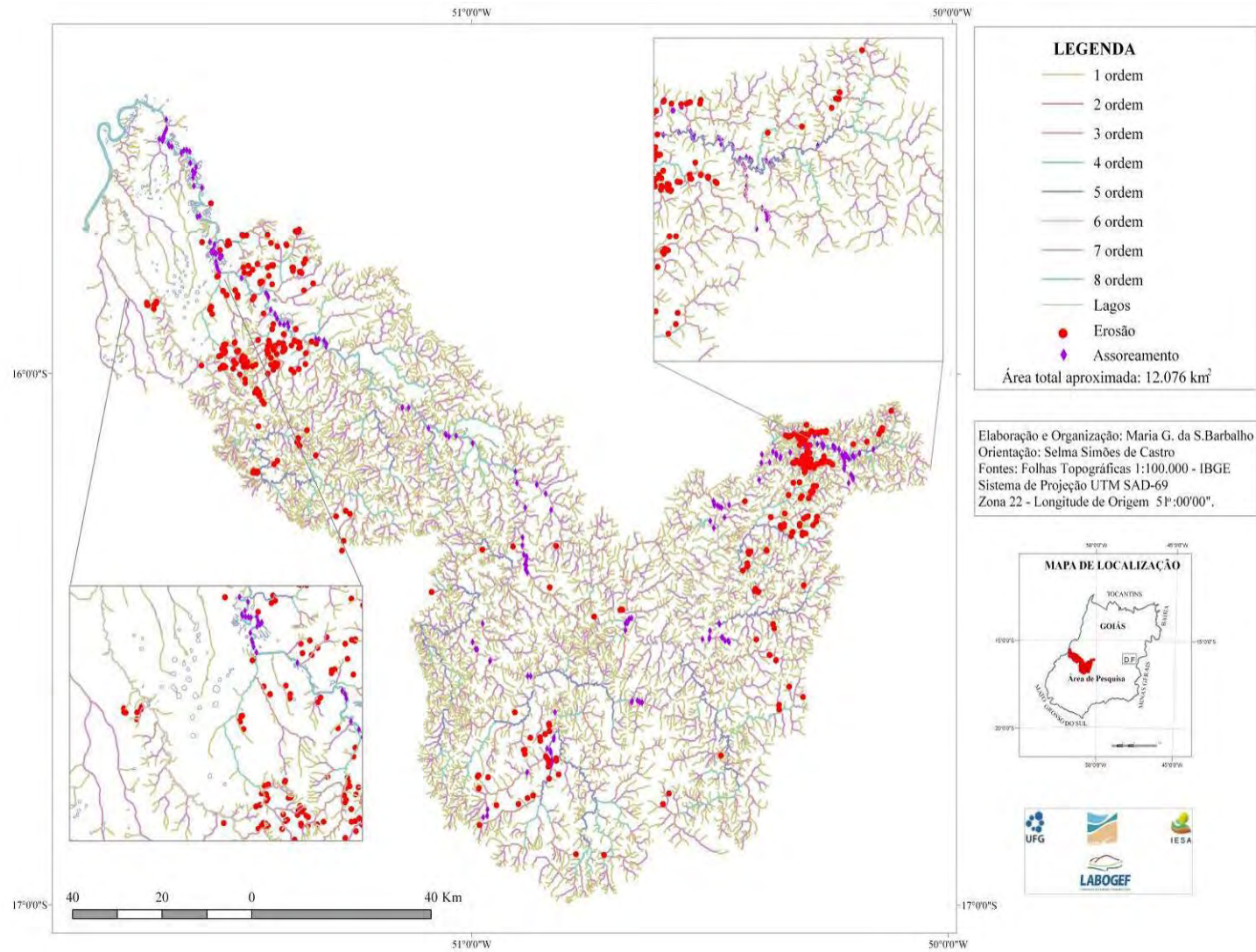


Figura 4 – Mapa da rede de drenagem com os focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

No mapa da rede hidrográfica, ainda na Figura 4, verifica-se que a maioria dos focos erosivos está conectada aos canais de drenagem de 1ª e 2ª ordens, ou seja em nascente, lembrando-se que estas obedecem aos lineamentos litoestruturais dominantes nas direções NE-SW e NW-SE, o que permite deduzir que os focos erosivos, situam-se, portanto, em pontos hidrogeologicamente sensíveis, sobretudo quando desmatados (BARBALHO e CASTRO, 2010), fato que também foi verificado na alta bacia do rio Araguaia nos trabalhos de Castro (2005), Castro *et al.* (2004), Barbalho (2002), dentre outros.

Na Figura 5 pode-se observar que as porções nordeste e noroeste apresentam alta e muito alta densidade de drenagem e é justamente onde se concentra a maioria dos focos de erosão. Seguem-se as áreas com moderada, baixa e muito baixa densidade de drenagem, localizadas principalmente na porção sul e nordeste da área. Isso sugere reativação de cabeceiras de drenagem, ou seja, áreas de nascentes que se encontravam em equilíbrio hidrogeomorfológico, romperam esse equilíbrio, com frequência após desmatamento intensivo e indiscriminado, isto é em áreas de preservação permanente associado a área de nascentes, fato já observado em outras partes do país, como expresso em Salomão (1999).

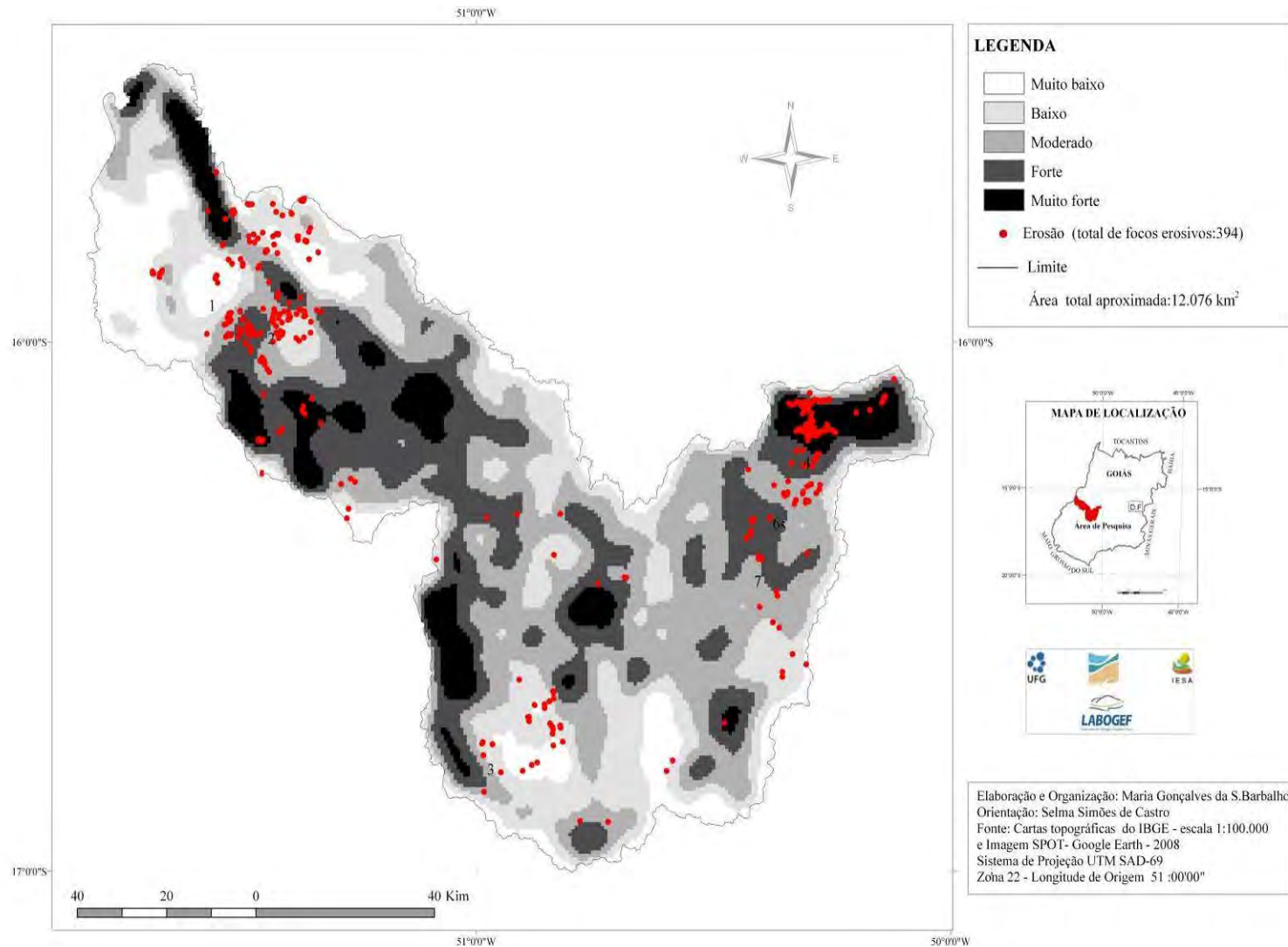


Figura 5 – Mapa de densidade da rede de drenagem com os focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Corroborar essa idéia, o fato de que com relação à declividade, conforme dados gerados a partir da intersecção dos planos de informações, verifica-se que mais de 80% dos focos erosivos localizam-se em áreas com relevo plano ou quase plano, o que não corresponde às áreas indicadas como normalmente suscetíveis (SALOMÃO, 1999). O surgimento dos focos erosivos nessas áreas estaria relacionado à concentração de fluxos em função das rampas longas e embaciados desmatados que constituem zonas preferenciais, aliado ao manejo inadequados dos solos como já observado no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (MARINHO *et al.*, 2006; CASTRO, 2005). As áreas com declive moderadamente ondulado a forte respondem por 19,49% do total de dos focos erosivos (Tabela 1).

Tabela 1 – Relação das classes de declividade e dos focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Declividade(%)</i>	<i>Número de focos erosivos</i>	<i>(%)</i>
Plano (0-3)	146	36,96
Suave ondulado (3-8)	171	43,29
Moderadamente ondulado (8-13)	61	15,44
Ondulado (13-20)	16	4,05
Forte ondulado (20-45)	1	0,25
>45	-	-
Total	395	100,00

A Tabela 2 apresenta a distribuição de focos erosivos por classe de solo.

Tabela 2 – Relação entre as classes de solos e os focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Classe de solos</i>	<i>Número de focos erosivos</i>	<i>(%)</i>
Latossolo Vermelho-Amarelo	88	22,28
Latossolo Vermelho	5	1,27
Latossolo Vermelho distroférico	47	11,90
Cambissolo	119	30,13
Nitossolo	8	2,03
Argissolo	65	16,46
Neossolo Quartzarênico	30	7,59
Neossolo Litólico	23	5,82
Gleissolo	10	2,53
Total	395	100,00

Pela Tabela 2 verifica-se que cerca de 35% dos focos erosivos ocorrem em áreas com coberturas de Latossolos que geralmente possuem baixa suscetibilidade erosiva linear (ravinas e voçorocas) e não apresentam restrições ao uso, porém pode sofrer compactação e induzir a processos de ravinamentos e voçorocamentos com grandes dimensões, aliados também a caminhos e trilhas. Seguem-se: os Cambissolos, com 30% do total dos focos erosivos, que apresentam restrições ao uso intensivo e costumam ser suscetíveis à erosão linear; os Argissolos que concentram mais de 16% do total dos focos erosivos, são muitos suscetíveis a ravinas e voçorocas, e em geral situam-se em terrenos com declividades moderadas, ao redor de 15%, favorecendo a concentração das águas de escoamento superficial; além disso, apresentam alto gradiente textural entre os horizontes A, E e BE do perfil.

Por fim, os Neossolos Quartzarênicos, que apresentam alta suscetibilidade à erosão, dada a sua textura arenosa e baixa coesão de partículas, conferindo-lhe elevada erodibilidade, responde apenas por pouco mais de 7% do total dos focos erosivos na área. Os Neossolos Litólicos acompanham essa magnitude dos solos anteriores, pois apresentam quase 6% do total dos e também apresentam alta suscetibilidade à erosão.

Finalmente, os Gleissolos e Nitossolos que apresentam baixa suscetibilidade erosiva, que juntos representam pouco mais de 4% do total de focos.

Em síntese, mais de 82% dos focos erosivos concentram-se em três classes de solos (Latosolos, Cambissolos e Argissolos), sendo que estas duas últimas respondem por quase 50% desses 82%, refletindo o esperado, já que naturalmente são suscetíveis. O que surpreende é que a outra classe seja representada pelos Latossolos, mas no caso são os Vermelho-Amarelo conforme o mapa de solos da área com os focos (Figura 6).

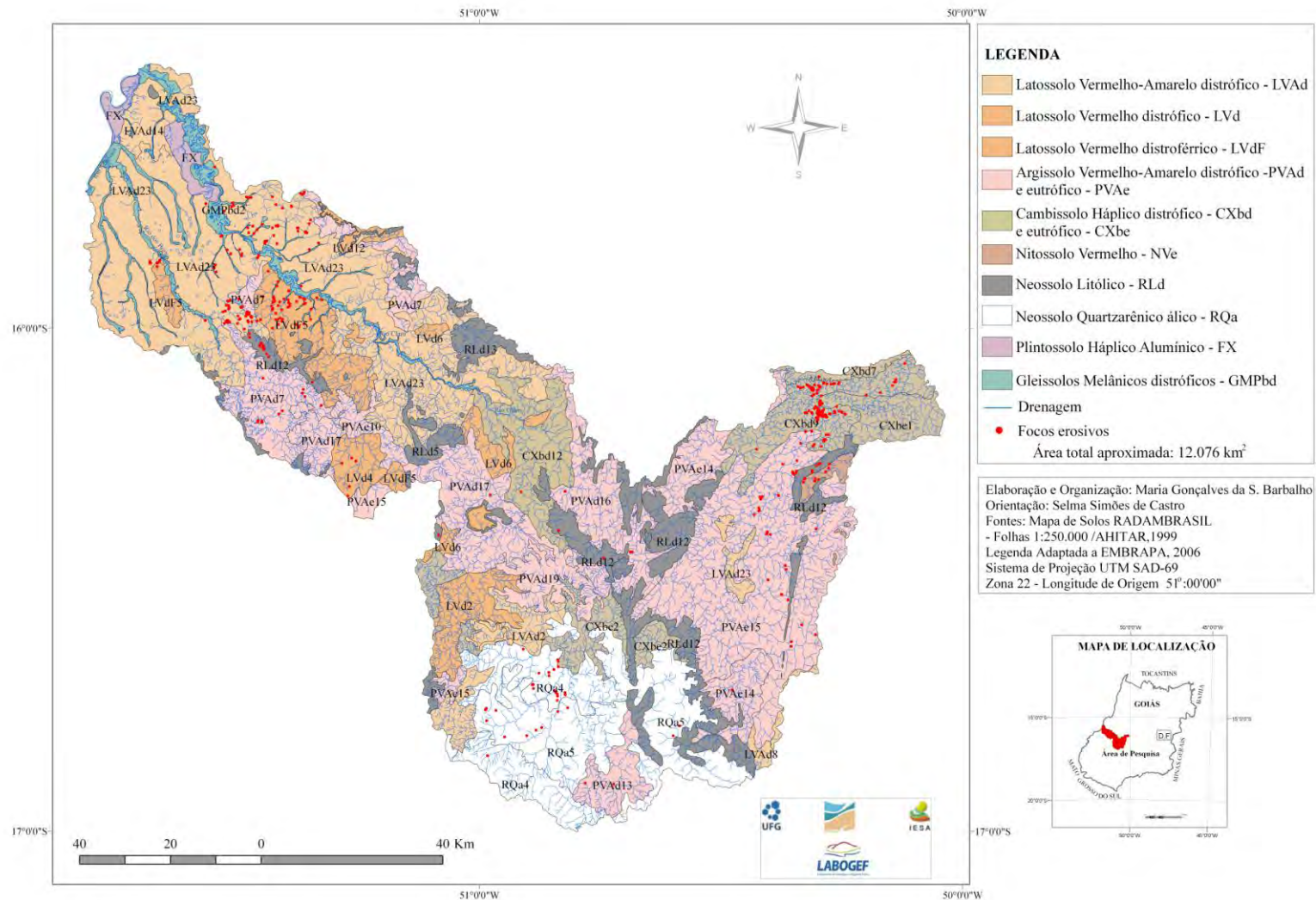


Figura 6 – Mapa de solo com os focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Vários autores discutem essa questão relativa aos Latossolos Vermelho - Amarelo, atribuindo-lhes suscetibilidade maior a processos erosivos também por sua erodibilidade maior que os demais latossolos relacionada à dispersão de argila (AUGUSTIN e ARANHA, 2006; SALOMÃO, 1999; OLIVEIRA, 1994).

A Figura 7 mostra o mapa de cobertura vegetal e de uso da terra e os focos erosivos e a Tabela 3 sintetiza a distribuição.

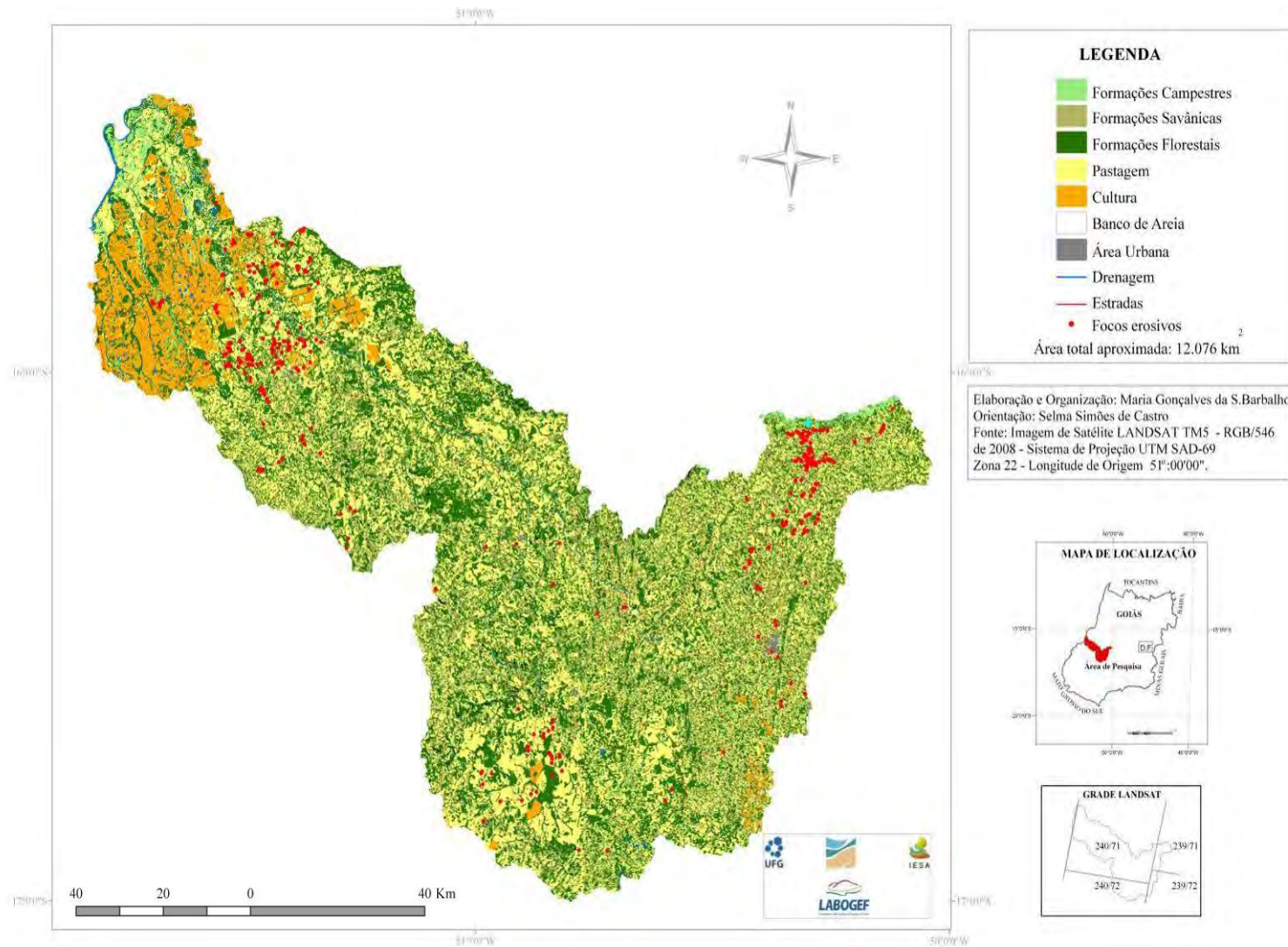


Figura 7 – Mapa de cobertura vegetal e de uso da terra de 2008 com os focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Tabela 3 – Relação entre as classes de cobertura vegetal e de uso da terra e os focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Classes</i>	<i>2008</i>		<i>Focos erosivos</i>		<i>Índice de ocorrência erosiva linear (IOEL)</i>
	<i>Área</i>				
	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>	<i>Número</i>	<i>(%)</i>	
Formações Campestres	192,38	1,59	3	0,77	0,50
Formações Savânicas	1.417,04	11,73	30	7,67	2,11
Formações Florestais	4.540,85	37,60	90	23,02	1,98
Pastagem	4.830,63	40,00	238	60,87	4,98
Cultura	982,5	8,14	30	7,67	3,05
Corpos d'água	77,16	0,64	-	-	
Banco de areia	1,71	0,01	-	-	
Estrada	20,77	0,17	-	-	
Área urbana	13,95	0,12	-	-	
Total	12.076,99	100,00	395	100,00	

A análise dos dados de intersecção entre o mapa de uso e cobertura da terra e focos erosivos (Tabela 3) permite constatar que quase a metade da área encontra-se ainda com coberturas de fitofisionomias originais do Cerrado. Mas, pode-se perceber que as Formações Florestais respondem por 23% do total das erosões, o que é também surpreendente, e justamente onde não se encontra solos e relevo suscetíveis. Contudo, cabe ressaltar que a ocorrência de nascentes e cabeceiras de drenagem nessas áreas, as tornam particularmente sensíveis hidrogeologicamente, embora, quando não desmatados não costumem desenvolver esses processos. Todavia, quando esteja ocorrendo reativação de cabeceira de drenagem o fenômeno pode se instalar, por mudanças no nível de base ligadas a represamentos ou movimentos tectônicos de ascensão ou ainda reajustes hidrológicos pós-desmatamentos (OLIVEIRA, 1994; OLIVEIRA e QUEIROZ NETO, 1994). Há que se considerar também o desmatamento seletivo que nem sempre aparece nas imagens orbitais, ou ainda a invasão de gado, criando trilheiros e retirando plantas mais baixas do extrato graminoso, altamente protetoras.

Ainda com base na Tabela 3, verifica-se que mais de 60% do total das erosões ocorrem em áreas de pastagem, uso dominante na área. As Figuras 8 e 9 apresentam os diferentes estágios evolutivos das erosões nas áreas com pastagem identificadas nas imagens de satélite.

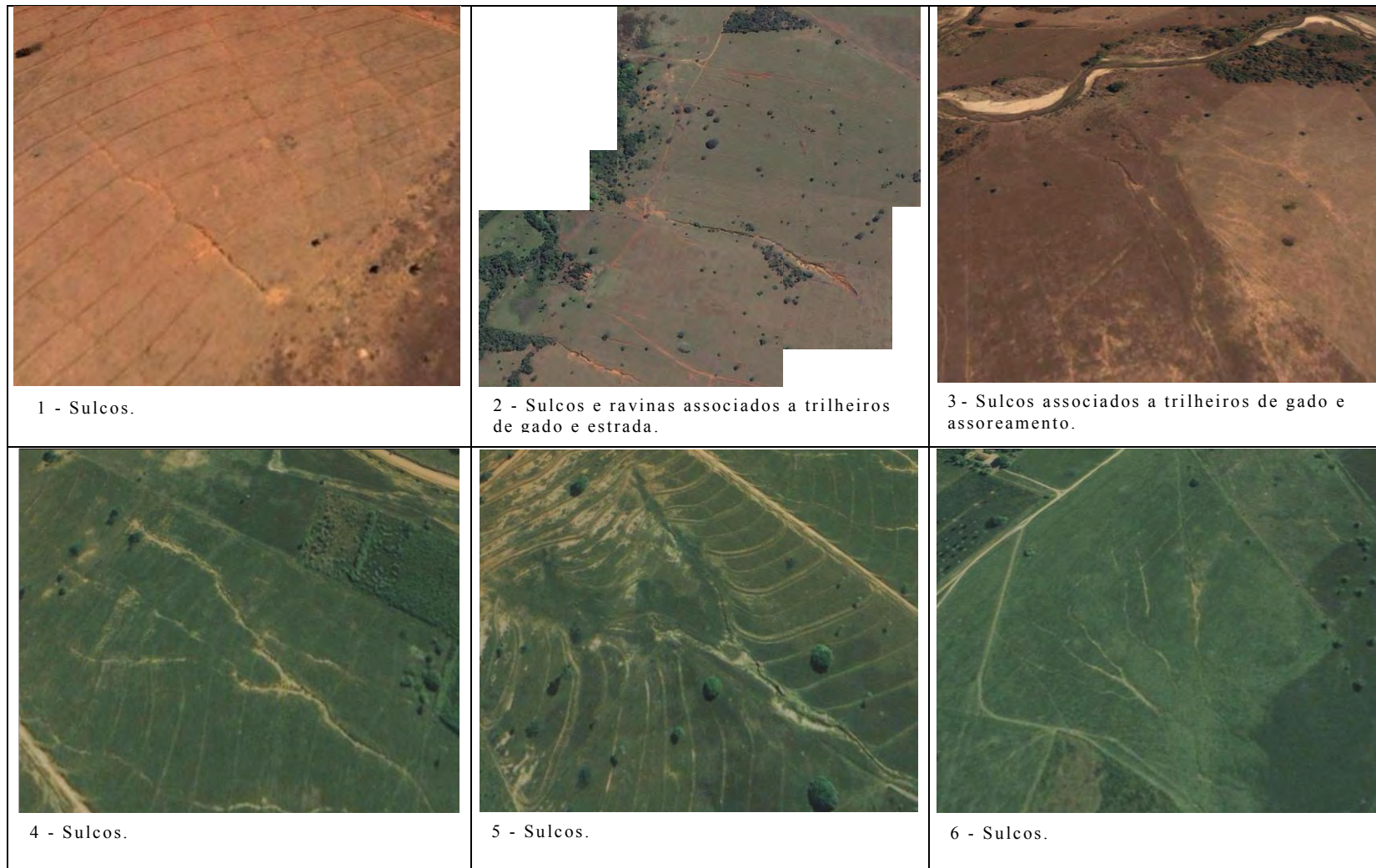


Figura 8 – Focos erosivos em áreas de pastagem nas bacias dos rios dos Bois e Claro - GO.

Fonte: Imagens do satélite Spot - GOOGLE EARTH.

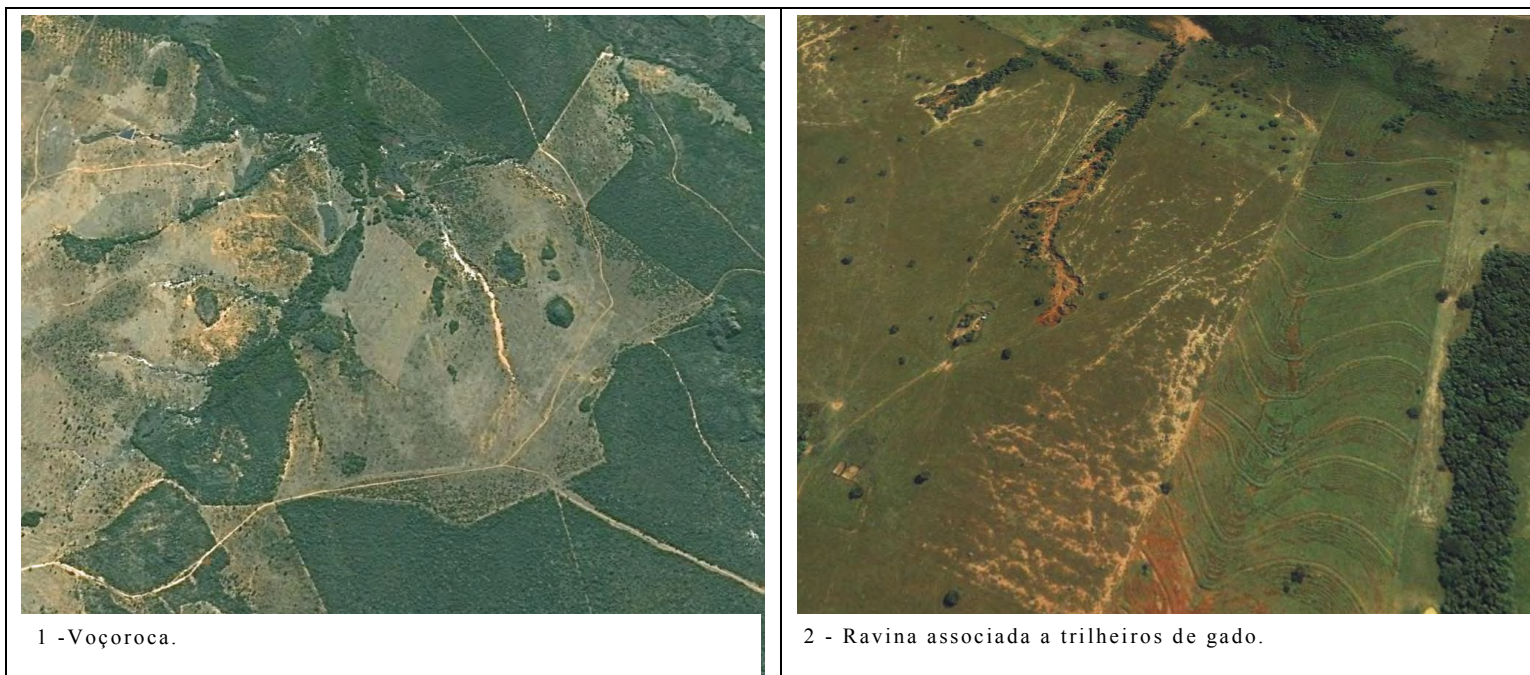


Figura 9 – Focos erosivos em áreas de pastagem nas bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

Fonte: Imagens do satélite Spot - GOOGLE EARTH.

Dentre os fatores que podem estar contribuindo para o surgimento dos focos erosivos nessas áreas destaca-se o manejo inadequado bem como os caminhos e trilhas de gado, cerca de divisas ou parcelas e as deficiências nutricionais (presença predominante de solos distróficos e álicos) que potencializam o surgimento de áreas descobertas em que se acentuam as perdas de solo por erosão. Essa situação também foi constatada no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (CASTRO, 2005).

Cabe ressaltar que as pastagens quando não degradadas promovem a ciclagem de nutrientes, a captação de carbono da atmosfera, bem como a redução dos processos erosivos e do assoreamento dos canais de drenagem, lagos, fundos de vales, entre outros (CERRI *et al.*, 2010).

No que se refere à discrepância entre uso e aptidão agrícola das terras (BARBALHO e CASTRO, 2010), a Tabela 4 apresenta os dados para 2008.

Tabela 4 – Relação entre discrepância entre o uso e a aptidão agrícola e focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Discrepância entre o uso e aptidão</i>	<i>2008</i>		<i>Focos erosivos</i>	
	<i>Área</i>			
	<i>(km²)</i>	<i>(%)</i>	<i>Número</i>	<i>(%)</i>
Nula	6.097,47	50,49	108	27,34
Baixa	4.009,40	33,2	219	55,44
Moderada	878,88	7,28	29	7,34
Alta	998,2	8,27	39	9,87
Cidade	10,08	0,08	-	-
Parque estadual	82,96	0,69	-	-
Total	12.076,99	100,00	395	100,00

A área segundo os dados da Tabela 4 apresenta pouco mais de 50% do total com discrepância nula onde se situam cerca de 27% do total dos focos erosivos. Já as áreas classificadas de baixa discrepância respondem por $\approx 56\%$ do total dos focos erosivos. Juntas somam mais de 82% do total dos focos mapeados, na escala adotada. A alta discrepância, com mais de 8% do total da área, apresenta mais de 9% do total de focos erosivos. As áreas de moderada a alta discrepância representam pouco mais de 15% da área total e reúnem pouco mais de 17% do total de focos erosivos. Mas, quando se relativiza o número total de focos das áreas com baixa e nula discrepância que somam 327

focos, pode-se deduzir que a pequena participação das áreas com moderada a alta discrepância, com apenas 68 focos (Tabela 4).

A análise dos dados de intersecção entre o mapa de Compartimentos Morfopedológicos e focos erosivos permite constatar que o MP-1 no sudeste da área, apresenta o quadro mais grave, por concentrar o maior número de focos com 42,78% do total, seguidos do MP III na porção centro-oeste com 37,22%, do MP IV e do MP II, respectivamente com 11,14% e 8,86% dos focos que se localizam nas porções sul e noroeste da área (Figura 10), onde também pode ser observada a distribuição das classes de solos nos referidos compartimentos através dos perfis topográficos (Figura 11).

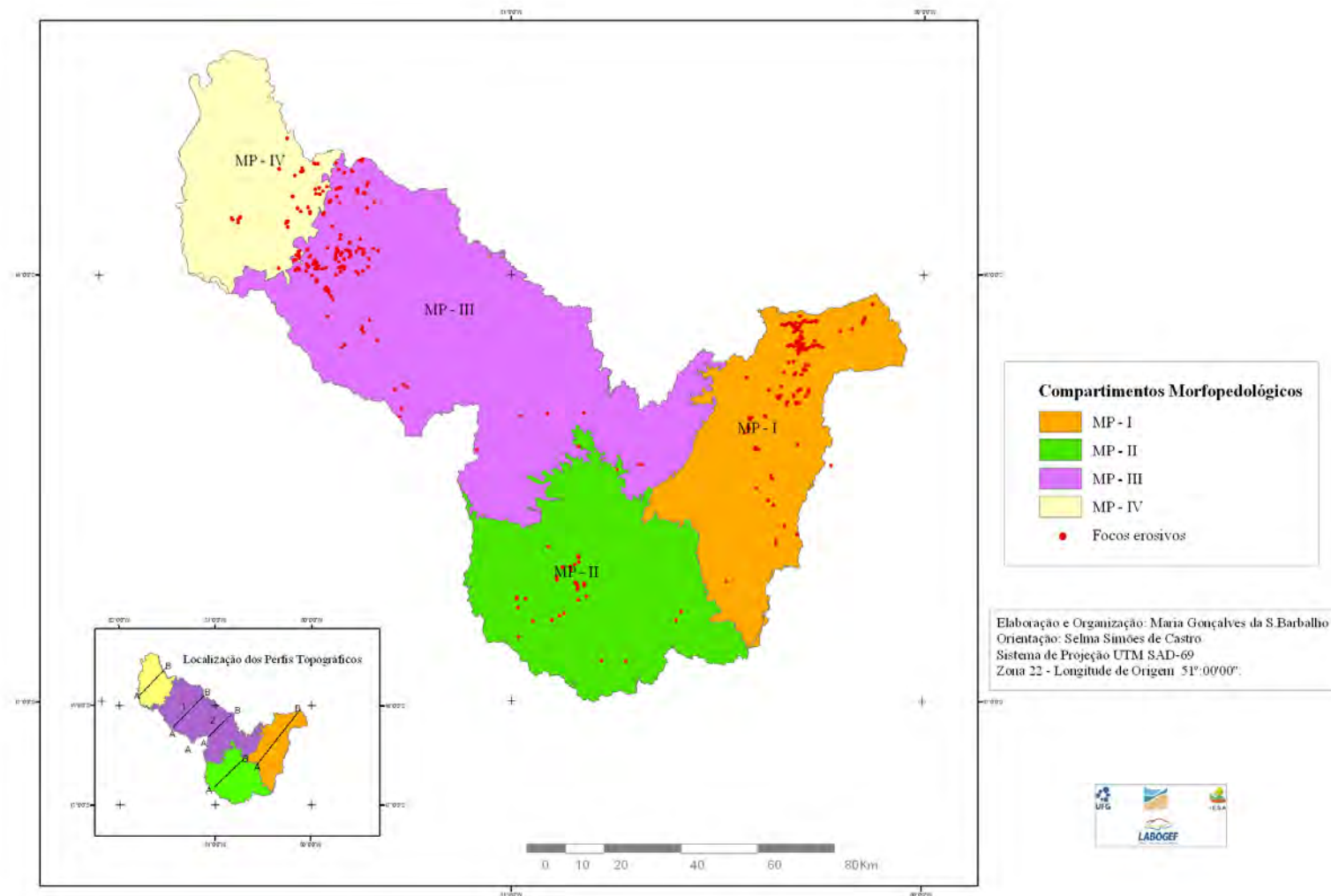


Figura 10 – Mapa de compartimentos morfopedológicos com os focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

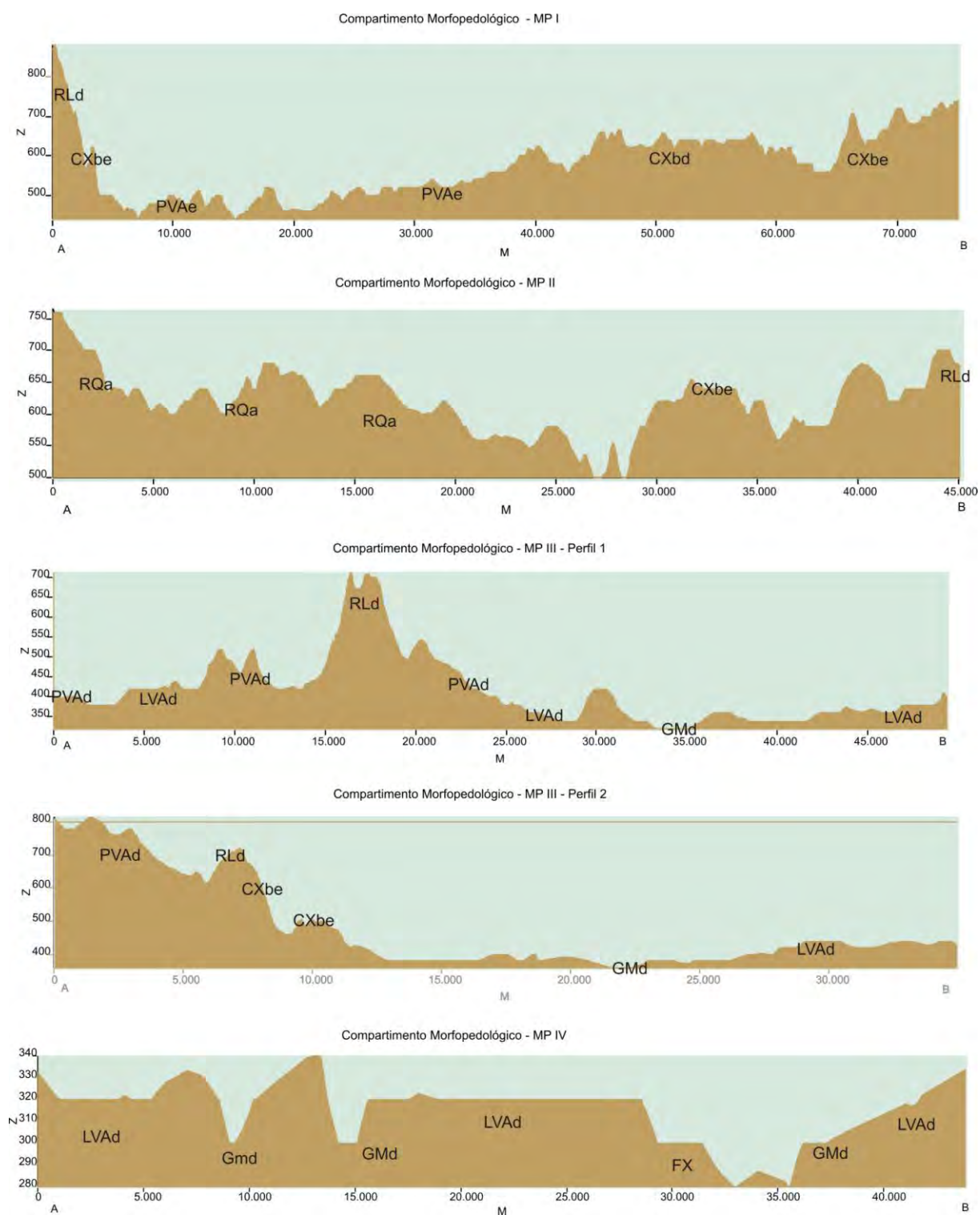


Figura 11 – Perfis topográficos com a distribuição dos solos nos compartimentos morfopedológicos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos compartimentos morfopedológicos.

Quadro 1 – Síntese dos compartimentos morfopedológicos das bacias dos rios Claro e dos Bois, Goiás.

<i>Compartimentos Morfopedológicos Características Predominantes</i>		<i>MP – I</i>	<i>MP – II</i>	<i>MP – III</i>	<i>MP – IV</i>
<i>Sistemas Pedológicos</i>		RLd-CXbe-PVAe	RLd -CXbd-RQa	RLd-CXbd-PVAd- LVAd	LVAd-NVe-GMPbd
<i>Área</i>	<i>Km²</i>	2.580,33	2.818,94	5.025,60	1.652,12
	<i>(%)</i>	21,36	23,34	41,61	13,67
<i>Focos Erosivos</i>	<i>Número</i>	169	35	147	44
	<i>(%)</i>	42,78	8,86	37,22	11,14
<i>Pedologia</i>	<i>Classes*</i>	PVAe: 64,22% CX: 22,44% RLd: 5,42% LV: 3,42%	RQa: 51,50% LVAd: 8,20% RLd: 12,84% CX: 9,14%	LVAd: 25,87% LV: 8,49% LVd: 8,18% PVAd: 33,23% CX: 9,32% RLd: 13,06%	LVAd: 2,88% GM: 17,21% NVe: 7,35%
<i>Geologia</i>	<i>Unidades Litoestratigráficas</i>	Arco Magmático de Goiás: 97,24%	Arco Magmático de Goiás: 29,65% Bacia do Paraná: 69%	Arco Magmático de Goiás: 55,74% Bacia do Paraná: 38,88%	Formações Superficiais 73,54% Bacia do Paraná: 26,46%
<i>Geomorfologia</i>	<i>Relevo**</i>	SRAIII: 15,38% SRAIVC: 62,31% MC: 7,57%	SRAIIB: 7,21% SRAIVC1: 9,54 % ZER: 45,74%	SRAIVC1: 60,22% SRAIVC-A: 10,18% MC: 12,55%	SRAIVC2: 80,09% PF: 12,37%
	<i>Declividade***</i>	P: 36,58%; SO: 50,25% MO: 8,40%	P: 28,96% SO: 51,85% MO: 12,18 % MFO: 6,73%	P: 40,34 % SO: 42,71% MO: 9,85 %	P: 89,52% SO: 10,27%
<i>Uso Predominante</i>		Vegetação Natural: 56,18% Pastagem: 41,94%	Vegetação Natural: 57,55% Pastagem: 41,61%	Vegetação Natural: 52,00% Pastagem: 44,57%	Vegetação Natural: 29,93% Pastagem: 21,16% Cultura: 45,99
*Argissolo (PVA); Cambissolo (CX); Neossolo Litólico (RLd); Neossolo Quartzarênico (RQa); Latossolo Vermelho (LV); Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA); Nitossolo (NVe); Gleissolo (GM). **Superfície Regional de Aplanamento (IIB; III; IVC); Zonas de Erosão Recuante (ZER); Morros e Colinas (MC); Planície Fluvial (PF). ***Plano (P); Suave Ondulado (SO); Moderadamente Ondulado (MO); Muito Forte Ondulado (MFO); Montanhoso (M).					

Em síntese, os dados revelam que não é um problema de aptidão agrícola e tampouco de discrepância entre esta e o uso atual, mas certamente de manejo das pastagens e do gado. Esse fato tem sido objeto de diversos estudos que foram intensificados a partir da década de 1970 os quais tem revelado que a degradação das pastagens está relacionada principalmente ao manejo (DIAS-FILHO, 2007). Porém, deve-se observar que nada que um plano de manejo adequado não possa prevenir ou mitigar.

Conclusões

A abordagem metodológica utilizada mostrou-se adequada uma vez que possibilitou a identificação das áreas mais críticas quanto à ocorrência dos fenômenos erosivos lineares e também interpretá-los em relação aos condicionantes naturais integrados espacialmente (geologia, geomorfologia e solos e os condicionantes antrópicos associados ao uso do solo), constituindo-se, assim, em subsídio para o entendimento do fenômeno e subsidiar o planejamento de uso das bacias e, conseqüentemente o controle dos processos erosivos.

A utilização das imagens de alta resolução espacial auxiliaram na identificação das erosões lineares que, associadas aos levantamentos de campo, foram imprescindíveis para o desenvolvimento desta pesquisa.

Pode-se concluir que a presença de 395 focos erosivos lineares de médio a grande porte nas bacias dos rios Claro e dos Bois, em áreas com cobertura de pastagem, como aptas para essa forma de uso, está relacionada ao manejo inadequado e não à discrepância entre o uso e aptidão, ainda que ocorram focos também em áreas de alta e moderada discrepância, porém sem relevância estatística, em comparação com aquelas.

Esse tipo de problema não é novo no país em termos de pecuária extensiva e da modernização da agricultura, esta associada à implementação acelerada da ocupação das terras, sem planejamento adequado e sem a fiscalização necessária.

Referências Bibliográficas

- ALVARENGA, R. C. Integração lavoura-pecuária. In: Simpósio de Pecuária de Corte. 3. Anais... Belo Horizonte, 2004.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. Piping em área de voçorocamento, nordeste de Minas Gerais. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 7, nº 1, 2006.
- BARBALHO, M. G. da S.; DE-CAMPOS, A. B. Relações entre o relevo e as ocorrências erosivas lineares na alta bacia do rio Araguaia. In: VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 2001. Goiânia. Anais, 2001. v.1.

BARBALHO, M. G. da S. Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle dos processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT). Goiânia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2002.

BARBALHO, M. G. S.; CASTRO, S. S.; DE-CAMPOS, A. B.; MEDEIROS, C. Morfologia do relevo e ocorrências erosivas lineares na alta bacia do rio Araguaia, GO/TO. In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2003, Rio de Janeiro. Anais, 2003. v.1 p. 203-203.

BOUÇAS, C. Agricultura: Propasto e Prosolo terão recursos de R\$ 700 milhões. GAZETA MERCANTIL, 29 de agosto de 2000. São Paulo.

CARVALHO, M. M. Recuperação de pastagens degradadas. Coronel Pacheco: EMBRAPA, 1993. 51p. EMBRAPA-CNPGL. DOCUMENTOS, 55.

CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A.; SILVA, I. A. Seasonal variation of a hyperseasonal cerrado in Emas National Park, central Brazil. *Flora* 200: 2005, pp. 345-353.

DE-CAMPOS, A. B.; LUIZ, G. C.; MACEDO, R. A. R; PEIXOTO, V. M. P. Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no Estado de Goiás. In: ALMEIDA, M. G. (org.). *Abordagens Geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade*. Goiânia: UFG, 2002, p. 91-118.

Jornal Gazeta Mercantil. InvestNews. São Paulo, agosto de 2000.

SARMIENTO, G. The savannas of tropical America. In: GOODALL, D. W. (ed.), *Ecosystems of the world: Tropical Savannas*. Elsevier, Amsterdam, 1983, pp. 245-288.

BARBALHO, M. G. S.; CASTRO, S. S. Evolução do uso e cobertura da terra nas bacias dos rios Claro e dos Bois, afluentes do rio Araguaia, no Estado de Goiás. Goiânia. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Goiás, 2010.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. *Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest*, v. 39, fasc. 3, p. 249-272, 3 fig., 2 pol. Phot.h.t. 1968.

BLASCHKE, T.; KUX, H. Sensoriamento Remoto e SIG: novos sensores: métodos inovadores/visão atualizada. Oficina de Textos, São Paulo, 2005.

CÂMARA, G. S., CARVALHO, E. J. Análise de dados espaciais. Brasília: Embrapa, 2001.

CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. 1998 Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br>>. Acesso em: 13/02/2010.

CAMARGO, E. C. G.; MONTEIRO, A. M. V.; FELGUEIRAS, C. A.; FUKS, S. D. Integração de geoestatística e sistemas de informação geográfica: uma necessidade. 1999. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/geoest-gis>>. Acesso em: 13/02/2010.

CASTRO, S. S. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, 2005.

CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. de T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: Considerações Metodológicas. Campinas, SP. Revista GEOUSP, Nº 7, p. 27-37, 2000.

CASTRO, S. S.; XAVIER, L. S.; BARBALHO, M. G. S. Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares. Goiânia: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás, 2004.

CASTRO, S. S.; XAVIER, L. S.; MACEDO, M. Plano de controle de erosão linear nas nascentes dos Rios Araguaia e Araguainha. 2004.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; MAIA, S. M. F.; CERRI, C. E. P.; COSTA JUNIOR, C.; FEIGL, B. J.; FRAZÃO, L. A.; MELLO, F. F. de C.; GALDOS, M. V.; MOREIRA, C. S.; CARVALHO, J. L. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. Scientia Agricola (USP. Impresso), v. 67, p. 102-116, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. 1ª ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher. 1999.

DELGADO, I. M.; SOUZA, J. D.; SILVA, L. C.; SILVEIRA FILHO, N. C.; SANTOS, R. A.; PEDREIRA, A. J.; GUIMARÃES, J. T.; ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; LACERDA FILHO, J. V.; VALENTE, C. R.; PERROTTA, M. M.; HEINECK, C. A. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H (eds.) Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Serviço Geológico do Brasil, Brasília-DF, 2003.

DIAS, S. de F. B. Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Fundação Pró-Natureza, Brasília, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia-GO). Programa de Recuperação de Pastagens Degradadas no Cerrado Brasileiro: sistema agropastoril auto-sustentável. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA/EMBRAPA-CNPAG, 1995. Documento, 59. 26p.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 3ª ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, p. 190, 2007.

FARIA, K. M. S. de; CASTRO, S. S. Uso da terra e sua relação com os remanescentes do Cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT, MS). Associação de Geografia Teorética. Rio Claro. 2007.

FILHO, J. V. de L.; FRASCA, A. A. S. Compartimentação Geotectônica. In: Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Programa Geologia do Brasil: Integração, atualização e difusão de dados da geologia do Brasil. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M. Renovação de pastagem no cerrado com arroz. 1 - Sistema Barreirão. Goiânia - GO: EMBRAPA - CNPAF; 20 p. Documentos, 33, 1991.

LACERDA FILHO, J. V.; FRASCA, A. A. S. In: Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal - escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.

LATRUBESSE M. E.; CARVALHO M. T. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Secretaria da Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2006.

LOPES, L. M.; CASTRO, S. S. Compartimentação morfopedológica da microbacia do córrego Carapina, município de Goianápolis, GO. Geografia. 29 (2): 169-188, 2004.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema do cerrado: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: ANDRADE, R. P.; BARCELOS, A. O.; ROCHA, C. M. C. (eds.). SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS - PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 32, Brasília, 1995. Anais... Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: FAVORETTO, V.; RODRIQUES, L. R. A.; REIS, R. A. (eds.). SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DE PASTAGENS, 2, 1993, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP, UNESP, 1993. p. 216-245.

MARINHO, G. V.; CASTRO S. S. Caracterização físico-hídrica e de suscetibilidade a voçorocamento dos solos da sub-bacia do córrego Queixada na alta bacia do rio Araguaia. In: X SBGFA, 2003, Rio de Janeiro.

MARINHO, G. V.; CASTRO, S. S.; CAMPOS, A. B. de. Hydrology and gully processes in the upper Araguaia river basin, central Brazil. Zeitschrift fur Geomorphologie. Supplementband, 2006.

OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios: exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/PR. São Paulo, Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1994.

OLIVEIRA, A. M. S. e QUEIROZ NETO. Depósitos tecnogênicos induzidos pela erosão acelerada no Planalto Ocidental paulista. Boletim Paulista de Geografia 73: 1994 p.91-124.

OLIVEIRA, V. C. V.; CASTRO, S. S. Compartimentação morfológica, sistemas pedológicos e erosão laminar: algumas considerações sobre o setor sul da alta bacia do rio Araguaia-GO/MT. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology. Anais... Goiânia-Goiás, 2006.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2004, vol.28, n.2 [cited 2010-01-27], pp. 297-305.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO S. M, ALMEIDA S. P. Eds. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa - CPAC. 1998. p. 89-168.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340 p., 1999.

SALOMÃO, X. F. Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. São Paulo: Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1994.

SANTANA, M. P.; CASTRO, S. S.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. Sociedade e Natureza, Uberlândia, 19(2): p. 103-121. dez., 2007.

SEAGRO - Secretaria da Agricultura Abastecimento, Pecuária e Abastecimento. Portal do Agronegócio. Disponível em: <<http://www.agronegocio.goias.go.gov.br>>. Acesso em: 01/06/2010.

SILVA, A. A.; BARBALHO, M. G. S.; CASTRO, S. S. Análise comparada de formas de ocorrências erosivas lineares utilizando diferentes resoluções de imagens Landsat TM e TM5. In: IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2001, Recife. Anais... 2001. p.166.

TRICART, J.; KILIAN, J. La Eco-Geografia y la ordenacion del medio natural. Barcelona: Editorial Anagrama, 1982.

XAVIER, L. S.; CASTRO, S. S.; BARBALHO, M. G. S. Linear erosion in the region of the source area of Araguaia river. Sociedade e Natureza, Uberlândia, 2005.

Conclusões

A presente tese partiu da hipótese de que a fronteira agrícola ligada à modernização da agricultura no Cerrado brasileiro, a partir de década de 70 do século passado, teria favorecido o surgimento de impactos ambientais diversos resultantes do desmatamento intenso e indiscriminado das coberturas originais e sua conversão agropecuária, sobretudo em terras onde a aptidão agrícola não era favorável a esse uso, indicando algum tipo de restrição.

Assim, esse processo teria promovido primeiramente a incorporação das melhores terras à agricultura e as piores às pastagens, estas em terrenos de menor aptidão ao cultivo de grãos, devido problemas de fertilidade, declividade, dentre outros. O modelo adotado pela pecuária foi preferencialmente de corte e extensivo, porém sem o manejo adequado dos pastos e do gado, ocasionando processos erosivos e de assoreamento, dentre outros.

Os resultados aqui apresentados na forma de artigos conduziram às conclusões que não comprovam inteiramente essa hipótese inicial, como exposto a seguir, porém apresentaram informações inéditas sobre a área pesquisada, as bacias dos rios Claro e dos Bois, integrante da alta bacia do rio Araguaia, que lhe conferem especificidade no processo de ocupação e impactos ambientais decorrentes, com ênfase em erosão hídrica e assoreamento.

No primeiro artigo os dados sobre cobertura vegetal e evolução de uso da terra revelaram que a fragmentação das fitofisionomias é fato incontestável, mas sua análise permitiu discriminar claramente que as Formações Florestais foram inicialmente as mais penalizadas seguidas, posteriormente, pelas Formações Savânicas, no processo de conversão das terras à agropecuária. Restaram relativamente em bom estado as Matas Ciliares, provavelmente devido à exigência legal.

As informações temáticas sobre os solos já indicavam a suscetibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos lineares (ravinas ou voçorocas) em grande parte da área estudada, devido presença de terrenos frágeis constituídos por solos de textura média como os Latossolos Vermelho-Amarelos, os arenosos,

como Neossolos Quartzarênicos ou os solos morfologicamente contrastados, como os Argissolos. Solos Litólicos, além de Cambissolos, mais restritos, respondiam pelas áreas mais sensíveis onde se esperava maior incidência erosiva.

Mas, no segundo artigo, com a avaliação da aptidão agrícola e da discrepância entre uso e aptidão, a análise dos dados revelou que grande parte das áreas apresenta aptidão de uso regular para as lavouras e boa, regular e restrita para pastagem, o que foi interpretado como justificativa para o predomínio da atividade de pastagem de modo generalizado por toda a bacia, uma vez que a agricultura é mais exigente do que a pastagem demandando melhor capacidade dos solos, dos recursos da tecnologia de manejo agrícola e dos custos de produção. A análise da discrepância entre o uso e aptidão permitiu concluir que a área não apresenta conflitos de uso e ocupação das terras, em sua maioria, estando, portanto em acordo a aptidão agrícola recomendada. Logo, os impactos erosivos constatados não deveriam decorrer desses conflitos, o que é muito comum no país e no Cerrado.

No terceiro artigo, a análise dos dados obtidos a partir da identificação e quantificação dos focos erosivos (395) a partir de imagens de alta resolução espacial, revelou que sua ocorrência está relacionada não à discrepância entre o uso e a aptidão agrícola, como ressaltado no artigo anterior, mas, muito provavelmente ao manejo inadequado, ao sobrepastejo, à falta da manutenção da capacidade produtiva das pastagens, através da correção e fertilização do solo, dentre outros. Corroboraram essa interpretação o observado em campo e mesmo nas imagens de satélite, onde trilheiros convergentes aos focos erosivos não deixavam dúvidas sobre o caminho preferencial das águas superficiais. Quanto ao assoreamento, sua posição a jusante dos focos também não deixou dúvidas sobre sua relação inequívoca com os focos erosivos.

Com base nos resultados obtidos como expostos nos três artigos que constituem a presente tese pode-se concluir que os impactos ambientais (fragmentação da cobertura vegetal e erosão) que ocorrem nas bacias dos rios Claro e dos Bois são decorrentes, sobretudo, da atividade pecuária e só foi

possível a sua identificação mediante a combinação de métodos de superposição das cartas temáticas em ambiente SIG para avaliação das características de suscetibilidade, aptidão e conflito desta com o uso, aliado ao sensoriamento remoto, através da utilização imagens com média resolução espacial, em série histórica, e imagens com alta resolução espacial, corroboradas por observações em campo.

Considerações Finais

Todo trabalho científico deve abrir portas para novos trabalhos. Este não foi diferente. As portas abertas referem-se a algumas necessidades sentidas a partir dos dados aqui revelados e que não puderam ser aqui desenvolvidos em função do escopo da tese e das atividades do curso. Contudo, são aqui sugeridos para registrar a reflexão que os dados sugeriram, para além do que foi aqui analisado e interpretado. São elas:

- Espacializar e avaliar o grau e tipo de degradação das pastagens na área;
- Avaliar os focos erosivos em campo através de cadastros diagnósticos detalhados de modo a identificar os tipos e estágios evolutivos, e assim contribuir para os cálculos de valoração ambiental, principalmente de custo-benefício relativos à sua recuperação;
- Avaliar os focos de assoreamento em campo para melhor caracterizá-los em termos de suas características morfológico-estratigráficas, para confirmar suas idades, as áreas-fonte, os processos e sua relação com os focos erosivos lineares e, do mesmo modo avaliar o custo-benefício de recuperação das áreas assoreadas;
- Avaliar a viabilidade de elaborar um plano de manejo integrado para as bacias dos rios Claro e dos Bois de modo a promover a sua real sustentabilidade.