

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal Bioma Cerrado Ano - Base 2002

Edson Eyji Sano
Embrapa Cerrados

Roberto Rosa
Universidade Federal de Uberlândia

Jorge Luís Silva Brito
Universidade Federal de Uberlândia

Laerte Guimarães Ferreira
Universidade Federal de Goiás

Série Biodiversidade 36

Brasília - DF
2010

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS

Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal - Bioma Cerrado Ano - Base 2002

Edson Eyji Sano
Embrapa Cerrados

Roberto Rosa
Universidade Federal de Uberlândia

Jorge Luís Silva Brito
Universidade Federal de Uberlândia

Laerte Guimarães Ferreira
Universidade Federal de Goiás

Série Biodiversidade 36

República Federativa do Brasil

Presidente

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

Vice-Presidente

JOSÉ DE ALENCAR GOMES DA SILVA

Ministério do Meio Ambiente

Ministra

IZABELLA MÔNICA VIEIRA TEIXEIRA

Secretaria Executiva

Secretário

JOSÉ MACHADO

Secretaria de Biodiversidade e Florestas

Secretário

BRAULIO FERREIRA DE SOUZA DIAS

Departamento de Conservação da Biodiversidade

Diretora

DANIELA AMÉRICA SUAREZ DE OLIVEIRA

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS

Rui Faquini

**Mapeamento do Uso do Solo e
Cobertura Vegetal - Bioma Cerrado
Ano - Base 2002**

Brasília - DF
2010

Apoio:

Banco Mundial, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundo para o Meio Ambiente Global (GEF), Embrapa Cerrados, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO).

Instituições coordenadoras do mapeamento:

Embrapa Cerrados, Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Universidade Federal de Goiás (UFG).

Autores:

Edson Eyli Sano - Embrapa Cerrados, **Roberto Rosa** - Universidade Federal de Uberlândia, **Jorge Luís Silva Brito** - Universidade Federal de Uberlândia, **Laerte Guimarães Ferreira** - Universidade Federal de Goiás.

Fotos:

Agradecemos gentilmente a todos os fotógrafos autores mencionados nas imagens que cederam fotos para compor este livro.

Fotos Capa:

Bahia – Reserva da Vida Silvestre Veredas Oeste Baiano. Fotógrafo: Eraldo Peres

Minas Gerais – Parque Nacional Serra da Canastra. Fotógrafo: Rui Faquini

Goiás – Parque Estadual Terra Ronca. Fotógrafo: Rui Faquini

Revisão do Texto:

Juliana Carvalho Frota Mattos

Projeto gráfico, ilustrações e editoração:

Inove Gráfica e Editora LTDA.

Catalogação na Fonte

Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

M297 Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal – bioma cerrado: ano base 2002 / Edson Eyli Sano... [et al.] – Brasília: MMA/SBF, 2010.
96 p. ; il. color. : 29 cm. (Série Biodiversidade, 36)

ISBN 978-85-7738-146-3

1. Cerrado (Brasil). 2. Solo. 3. Cobertura vegetal. 4. Mapeamento geográfico. Sano, Edson Eyli. II. Rosa, Roberto. III. Brito, Jorge Luís Silva. IV. Ferreira, Laerte Guimarães. V. Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Biodiversidade e Florestas. VI. Título. VII. Série.

CDU(2.ed.)574(213.54)

Ministério do Meio Ambiente

Centro de Informação e Documentação Luiz Eduardo Magalhães – CID Ambiental
SEPN 505 Norte (W3 Norte), Edifício Marie Prendi Cruz – Térreo
Brasília, DF - 70730-542
Tel: 55 61 2028-2184 Fax: 55 61 2028-1980
Email: cid@mma.gov.br.

EQUIPE TÉCNICA

Aline Batista Ferreira

Ana Carolina de Paula Silva

Anne Karoline Alves

Baltazar Casagrande

Beatriz Aparecida Bessa Florêncio

Carla Rodrigues Santos

Dayane Cavalcante de Abreu

Edwin Andrés Piscocoyá Rodríguez

Elaine Cristina de Oliveira

Elaine Marra dos Santos

Eristelma Teixeira de Jesus Barbosa Silva

Fernanda Massuda

Gisele Martins Amaral

Gustavo Bayma Siqueira da Silva

Gustavo Isac Monteiro de Oliveira

Heleno da Silva Bezerra

Manuel Eduardo Ferreira

Marcus Vinícius Coelho Vieira da Costa

Marina de Fátima Vilela

Miriam Rodrigues da Silva

Pedro da Costa Novaes

Mirna Karla Amorim da Silva

Raphael de Oliveira Borges

Rodrigo Carvalho

Sara Nunes Giffoni

Tatiana Diniz Prudente

Thaise Sussane de Souza Lopes

Valdir Aparecido Steinke

SUMÁRIO

Siglas.....	7
Glossário.....	8
Prefácio.....	9
Apresentação.....	10
Resumo.....	11
Introdução.....	12
Capítulo 1 - Abordagem Metodológica.....	15
Legenda.....	16
Imagens de Satélite.....	19
Processamento e Análise de Imagens.....	20
Capítulo 2 - Resultados.....	30
Capítulo 3 - Unidades Federativas Cobertas pelo Bioma Cerrado.....	35
Estado da Bahia.....	37
Distrito Federal.....	40
Estado de Goiás.....	43
Estado do Maranhão.....	46
Estado do Mato Grosso.....	49
Estado do Mato Grosso do Sul.....	52
Estado de Minas Gerais.....	55
Estado do Piauí.....	58
Estado de São Paulo.....	61
Estado do Tocantins.....	64
Capítulo 4 - Bacias Hidrográficas Cobertas pelo Bioma Cerrado.....	67
Bacia Hidrográfica da Amazônia.....	71
Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental.....	74
Bacia Hidrográfica do Paraguai.....	77
Bacia Hidrográfica do Paraná.....	80
Bacia Hidrográfica do Parnaíba.....	83
Bacia Hidrográfica do São Francisco.....	86
Bacia Hidrográfica do Tocantins.....	89
Capítulo 5 - Considerações Finais.....	92
Referências.....	94

SIGLAS

CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DF	Distrito Federal
GEF	Fundo para o Meio Ambiente Global (<i>Global Environment Fund</i>)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MIR	Mapa-Índice Reduzido
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MODIS	Espectroradiômetro Imageador de Resolução Moderada (<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>)
PAD-DF	Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROBIO	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
UTM	Universal Transversa de Mercator

GLOSSÁRIO

Bioma Cerrado:

complexo vegetacional (grande biosistema subcontinental) que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América tropical e outros continentes - África, sudeste da Ásia e Austrália.

Cobertura Vegetação Natural:

toda área que apresenta cobertura vegetal original, independentemente da presença ou não de algum tipo de atividade antrópica.

PROBIO:

sigla para Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica, foi um projeto do Ministério do Meio Ambiente e teve financiamento do Banco Mundial/GEF (*Global Environment Facility*). O PROBIO objetivou subsidiar o Governo Brasileiro, junto ao Programa Nacional da Diversidade Biológica, a identificar ações prioritárias, estimular o desenvolvimento de atividades entre os setores público e privado e disseminar informações sobre diversidade biológica.

PREFÁCIO

A Secretaria de Biodiversidade e Florestas – SBF do Ministério do Meio Ambiente, por meio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO, em parceria com a Embrapa Cerrados, Universidade Federal de Uberlândia e Universidade Federal de Goiás, produziram o Mapeamento de Uso do Solo e Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado – Ano Base 2002, parte de um estudo maior envolvendo vários institutos de pesquisa e universidades que resultaram no mapeamento 1:250.000 de todos os biomas continentais brasileiros.

Até então, o único bioma que possuía dados oficiais de monitoramento dos desmatamentos era a Amazônia, iniciado em 1988 e realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Para os biomas extra-amazônicos, apesar da existência de iniciativas isoladas de mapeamento por parte de governos estaduais, instituições de pesquisa e ONGs, ainda existia carência de iniciativas de monitoramento sistemático e abrangente que identificassem onde ocorriam os desmatamentos, aliado ao fato de que estas não propiciavam a geração de cálculos precisos do total de área convertida, bem como estimativas de taxas anuais de desmatamentos.

Estes fatos, somados à absoluta ausência de dados oficiais de desmatamentos para os biomas Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, prejudicavam, entre outros, a fiscalização e a elaboração de políticas públicas destinadas à conservação da biodiversidade destes biomas, bem como o cálculo de emissões de Carbono oriundas de desmatamentos e de mudanças no uso do solo, necessário à elaboração do inventário nacional de emissões de gases de efeito estufa.

Para reverter tal situação, em setembro de 2008 o Ministério do Meio Ambiente firmou com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, a Agência Brasileira de Cooperação - ABC/MRE e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, o Projeto Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite, com o objetivo de dotar o governo federal de capacidade para o monitoramento da cobertura florestal de todos os biomas extra-amazônicos brasileiros.

O Mapeamento de Uso do Solo e Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado – ano-base 2002 – serviu de base para geração do primeiro produto do projeto Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite, o qual deu início aos cálculos oficiais anuais de áreas desmatadas e das emissões de gases de efeito estufa. Os resultados deste Projeto, ao proporcionar dados referentes aos desmatamentos anuais ocorridos no bioma Cerrado, serviram de embasamento para as ações previstas no Decreto nº 7.302 de 15 de setembro de 2010, que institui o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas do Bioma Cerrado – PPCerrado, bem como permitirá ao Governo Federal definir as ações para diminuição das emissões de gases de efeito estufa conforme prevê o Decreto no 7.390, de 9 de dezembro de 2010 que regulamenta a Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009 que institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMC.

BRAULIO FERREIRA DE SOUZA DIAS
Secretário de Biodiversidade e Florestas

APRESENTAÇÃO

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), lançou, em 2004, editais para a seleção de subprojetos para mapear a cobertura vegetal natural e antrópica dos seis biomas brasileiros – Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. O mapeamento contou ainda com a supervisão técnica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A cobertura vegetal natural foi definida como sendo aquelas áreas que apresentam cobertura vegetal original, com ou sem a presença de atividade antrópica. Segundo essa definição, áreas de pastagens nativas, por exemplo, foram computadas como cobertura vegetal natural, mesmo que essas áreas estivessem sendo utilizadas para criação de gado.

O mapeamento foi realizado com base em imagens Landsat ETM+, obtidas principalmente no ano de 2002. Os seguintes critérios foram seguidos: unidade mínima de mapeamento de 40 hectares, considerada a escala cartográfica final de 1:250.000; classificação de tipologias de vegetação segundo o manual técnico de vegetação do IBGE, até o nível de subformação; produção de mapas em sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e referencial geodésico SAD69; e geração de mapas digitais em formato *shapefile*, com consistência topológica.

Polígonos com predomínio de cobertura vegetal natural, ainda que com algum grau de uso antrópico, foram contabilizados e mapeados no rol das tipologias de vegetação natural. Da mesma forma, áreas em que houve conversão em pastagens cultivadas, cultura agrícolas, reflorestamentos, mineração, urbanização e outros usos semelhantes em que a vegetação nativa deixasse de ser predominante, foram contabilizadas e discriminadas como áreas antrópicas. A vegetação secundária, em estágio avançado de desenvolvimento, foi contabilizada e mapeada como vegetação natural.

Esse mapeamento irá subsidiar os compromissos assumidos pelo país, em 1992, junto à Convenção da Diversidade Biológica e à Agenda 21, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO-92). Além disso, o conhecimento da real situação em que se encontra a cobertura vegetal não só do Cerrado, mas também de todos os outros biomas brasileiros, é fundamental para o estabelecimento de políticas públicas e identificação de oportunidades para conservação e uso sustentável da nossa biodiversidade. Historicamente, apenas a Amazônia e a Mata Atlântica têm recebido programas permanentes de monitoramento da evolução da cobertura vegetal.

Os Autores

RESUMO

O bioma Cerrado ocupa 204,7 milhões de hectares na porção central do Brasil, é o segundo bioma brasileiro mais rico em biodiversidade e possui uma dinâmica acentuada em termos de sazonalidade climática e ocupação humana. Esse estudo mapeou, de forma inédita, a cobertura vegetal natural e antrópica do referido bioma na escala de 1:250.000. Tratou-se de uma iniciativa da Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério de Meio Ambiente, implementada com recursos financeiros do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO. Foram adquiridas 121 cenas do satélite Landsat da estação seca de 2002. Cada cena cobre uma área no terreno de aproximadamente 185 km x 185 km. As imagens foram mosaicadas e recortadas segundo a articulação das folhas cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:250.000 e processadas pela técnica de segmentação de imagens por crescimento de regiões. Os segmentos foram exportados para o formato shape e mapeados nas telas dos monitores de computadores. A legenda correspondente à cobertura vegetal natural foi baseada na proposta do Sistema Brasileiro de Classificação da Vegetação Brasileira do IBGE, até o nível de subformação. Em termos de cobertura antrópica, as seguintes classes foram consideradas: cultura agrícola, pastagem cultivada, reflorestamento, área urbana e área degradada por mineração. O mapeamento de 172 recortes indicou que a cobertura natural (áreas com cobertura vegetal original, com ou sem atividade antrópica) estava presente em 61% do bioma. No estado do Piauí, essa porcentagem foi superior a 90%, enquanto no estado de São Paulo, esse índice diminuiu para menos de 15%. Houve um acentuado predomínio das formações savânicas sobre as formações florestais e campestres.

INTRODUÇÃO

Em 2004, o governo brasileiro lançou um grande desafio para a comunidade técnico-científica do Brasil: mapear a cobertura vegetal do Brasil em um nível de detalhe compatível com a escala de 1:250.000. Para isso, foram abertos editais específicos para os seis biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal). Todos os biomas deveriam executar os seus respectivos mapeamentos utilizando os mesmos padrões em termos de legenda (Sistema Brasileiro de Classificação de Vegetação do Brasil) e conjunto de imagens de satélite (Landsat ETM+, ano-base: 2002). O lançamento do referido desafio correspondeu a uma iniciativa da Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério de Meio Ambiente, implementada com recursos financeiros do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO e envolveu a formação de parceria entre o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o Fundo para o Meio Ambiente Global (GEF) do Banco Mundial e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Esse estudo aborda o mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado. O conhecimento da real situação em que se encontra a cobertura vegetal não só do Cerrado, mas também dos outros biomas brasileiros, é fundamental para o estabelecimento de políticas públicas e identificação de oportunidades para conservação e uso sustentável da nossa biodiversidade. Historicamente, apenas o da Amazônia e o da Mata Atlântica têm recebido programas permanentes de monitoramento do desflorestamento.

O Cerrado possui uma área de 204,7 milhões de hectares (IBGE, 2004) e ocupa a porção central do Brasil, embora também se estenda até o litoral nordeste do estado do Piauí e norte do estado do Paraná (Figura 1). Engloba parte dos seguintes estados brasileiros: Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins, além do Distrito Federal. O Cerrado caracteriza-se como uma formação do tipo savana tropical, com destacada sazonalidade climática e presença, em diferentes proporções, de formações herbáceas, arbustivas e arbóreas (Eiten, 1993; Ribeiro e Walter, 2008). Apenas 0,85% de sua área é integralmente protegida na forma de unidades federais de conservação, como são os casos do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e do Parque Nacional das Emas no estado de Goiás. Em termos de agricultura, predominam os extensos plantios de soja, milho, feijão, algodão, café e cana-de-açúcar. Municípios como Luís Eduardo Magalhães na Bahia, Jataí e Rio Verde em Goiás e Lucas do Rio Verde e Sinop em Mato Grosso, conhecidos pela sua elevada produtividade e intensa mecanização, estão todos situados no bioma Cerrado.



Figura 1. Localização do bioma Cerrado no Brasil.

O bioma Cerrado é um complexo vegetacional composto por três formações: florestais, com formação de dossel contínuo ou descontínuo e predomínio de espécies arbóreas; savânicas, com presença de áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem a formação de dossel contínuo; e campestres, que englobam áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, mas sem a presença de árvores na paisagem.

As iniciativas anteriores de mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica no bioma em questão podem ser divididas em três escalas: continental, regional e estadual. A nível continental, destaca-se o trabalho desenvolvido por Eva et al. (2004) que produziram um mapa de cobertura de solo da América do Sul utilizando uma escala de mapeamento definida por sistemas sensores orbitais com resolução espacial de 1 km. O trabalho apresentou um mapa continental com nível de generalização 1. Nesse nível, o Cerrado foi subdividido em três classes: campos, savanas e agricultura.

A nível regional, Mantovani e Pereira (1998), baseado na análise de imagens do Landsat, estimaram a integridade da cobertura vegetal do Cerrado relacionando-a com quatro graus distintos de antropização: não-cerrado, Cerrado não-antropizado, Cerrado antropizado e Cerrado fortemente antropizado. Esses últimos autores não apresentaram nenhum resultado em forma de mapa temático. Em 2004, Machado et al. (2004) lança-

ram os resultados da análise de imagens do sensor Terra/MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, resolução espacial de 250 metros). Nesse estudo, os autores estimaram que cerca de 55% do Cerrado tinham sido desmatados até o ano de 2002 e ressaltaram ainda que essa porcentagem poderia estar subestimada em função da resolução espacial relativamente grosseira do sensor MODIS.

Em termos estaduais, destaca-se o trabalho coordenado pela Agência Ambiental e pela Agência Goiana de Transportes e Obras de Goiás que produziram o levantamento de cobertura vegetal do referido estado. Os dados cartográficos estão disponíveis na página eletrônica correspondente ao Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás, mais especificamente na seguinte página eletrônica: <http://www.sieg.go.gov.br>.

O Instituto Florestal da Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo produziu um diagnóstico da situação da cobertura vegetal desse estado, com dados precisos sobre a fragmentação que a cobertura vegetal original sofreu nos 500 anos de ocupação do território paulista. Os resultados estão disponíveis no atlas denominado de “Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo” ou no trabalho apresentado por Kronka et al. (2005). Nesses estudos, foram mapeados cerca de 3,5 milhões de hectares de vegetação natural, o que corresponde a 14% do estado. Em termos de fitofisionomias do Cerrado, foram encontrados 210.000 hectares, isto é, 0,85% da superfície estadual.

A Universidade Federal de Lavras coordenou o trabalho intitulado “Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos do Estado de Minas Gerais” (Scolforo e Carvalho, 2006). Nesse estudo, foram encontrados, para o ano-base de 2003, cerca de 9.500 hectares de Floresta Estacional Semidecidual e mais de 117.000 hectares de encraves. Tais dados foram obtidos com base na análise de imagens do satélite Landsat de primavera, verão e inverno (Carvalho, 2005).

CAPÍTULO 1

ABORDAGEM METODOLÓGICA

LEGENDA

A legenda referente à cobertura vegetal natural foi baseada no Sistema Brasileiro de Classificação da Vegetação Brasileira (IBGE, 1992). Nesse sistema, o Cerrado propriamente dito foi subdividido em quatro subgrupos de formação (Tabela 1):

- Savana Florestada (Sd);
- Savana Arborizada (Sa);
- Savana Parque (Sp); e
- Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg).

As florestas-de-galerias, pelas suas dimensões, não foram separadas nesse sistema de classificação, sendo consideradas, portanto, como componentes do Cerrado. A presença ou ausência delas, numa determinada área, define as subformações vegetais. Por exemplo, pode-se ter a Savana Arborizada sem floresta-de-galeria (Sas) ou a Savana Arborizada com floresta-de-galeria (Saf).

A título de comparação com o sistema proposto por Ribeiro & Walter (2008), a Savana Arborizada corresponde ao tipo fitofisionômico denominado Cerrado Sentido Restrito e, em especial, aos subtipos Cerrado Denso e Cerrado Típico. Nos terrenos bem drenados, a Savana Parque equivale aos subtipos definidos como Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre e, às vezes, como Campo Sujo e Campo Rupestre. Nos terrenos mal drenados, a equivalência se dá com o Parque de Cerrado e, eventualmente, com Vereda, Campo Sujo Úmido e Campo Sujo com murundus. Embora a classificação proposta por Ribeiro e Walter (2008) seja bastante utilizada em estudos que envolvem análise de imagens de satélite (por exemplo, Sano et al. 2005; Ferreira et al., 2007), ela não foi adotada aqui pela impossibilidade de ser estendida para outros biomas.

No bioma em questão, foram mapeadas ainda as seguintes classes de cobertura vegetal natural:

- **Floresta Ombrófila Densa (floresta tropical pluvial):**
 - aluvial (Da), ao longo dos flúvios (Da); e
 - submontana (Ds), de 4° de latitude norte a 16° de latitude sul, elevação variando em torno de 100m a 600m; ou de 16° a 24° de latitude sul, elevação variando em torno de 50m a 500m; ou de 24° a 32° de latitude sul, elevação variando em torno de 30m a 400m.
- **Floresta Ombrófila Aberta (faciações da Floresta Ombrófila Densa):**
 - aluvial (Aa), ao longo dos flúvios; e
 - submontana (As), de 4° de latitude norte a 16° de latitude sul, elevação variando em torno de 100m a 600m.
- **Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária):**
 - Montana (Mm), de 16° a 24° de latitude sul, elevação variando em torno de 500m a 1.500m; ou de 24° a 32° de latitude sul, elevação variando em torno de 400m a 1.000m.

Tabela 1. Síntese da legenda referente às classes de cobertura vegetal natural do bioma Cerrado.

Região Fitoecológica	Formação	Subformação	Símbolo
Floresta Ombrófila densa (D)	aluvial	-	Da
	submontana	-	Ds
Floresta Ombrófila aberta (A)	aluvial	-	Aa
	submontana	-	As
Floresta Ombrófila mista	montana	-	Mm
Floresta Estacional semidecidual (F)	aluvial	-	Fa
	terras baixas	-	Fb
	submontana	-	Fs
	montana	-	Fm
Floresta Estacional decidual (C)	terras baixas	-	Cb
	submontana	-	Cs
	montana	-	Cm
Savana (S)	florestada	-	Sd
Savana (S)	arborizada	sem floresta de galeria	Sas
		com floresta de galeria	Saf
Savana (S)	parque	sem floresta de galeria	Sps
		com floresta de galeria	Spf
Savana (S)	gramíneo-lenhosa	sem floresta de galeria	Sgs
		com floresta de galeria	Sgf
Savana Estépica (T)	florestada	-	Td
Savana Estépica (T)	arborizada	sem floresta de galeria	Tas
		com floresta de galeria	Taf
Savana Estépica (T)	parque	sem floresta de galeria	Tps
		com floresta de galeria	Tpf
Savana Estépica (T)	gramíneo-lenhosa	sem floresta de galeria	Tgs
		com floresta de galeria	Tgf
Vegetação Secundária (Vs)	-	-	Vs
Refúgios Vegetacionais	-	-	r

■ **Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia):**

- aluvial (Fa), ao longo dos flúvios;
- terras baixas (Fb), de 4° de latitude norte a 16° de latitude sul, elevação variando em torno de 5m a 100m; ou de 16° a 24° de latitude sul, elevação variando em torno de 5m a 50m; ou de 24° a 32° de latitude sul, elevação variando em torno de 5m a 30m.
- submontana (Fs), de 4° de latitude norte a 16° de latitude sul, elevação variando em torno de 100m a 600m; ou de 16° a 24° de latitude sul, elevação variando em torno de 50m a 500m; ou de 24° a 32° de latitude sul, elevação variando em torno de 30m a 400m;
- montana (Fm), de 4° de latitude norte a 16° de latitude sul, elevação variando em torno de 600m a 2.000m; ou de 16° a 24° de latitude sul, elevação variando em torno de 500m a 1.500m; ou de 24° a 32° de latitude sul, elevação variando em torno de 400m a 1.000m.

■ **Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia):**

- terras baixas (Cb), de 4° de latitude norte a 16° de latitude sul, elevação variando em torno de 100m a 600m; ou de 16° a 24° de latitude sul, elevação variando em torno de 50m a 500m; ou de 24° a 32° de latitude sul, elevação variando em torno de 30m a 300m.

- submontana (Cs), de 4° de latitude norte a 16° de latitude sul, elevação variando em torno de 100m a 600m; ou de 16° a 24° de latitude sul, elevação variando em torno de 50m a 500m; ou de 24° a 32° de latitude sul, elevação variando em torno de 30m a 400m;
 - montana (Cm), de 4° de latitude norte a 16° de latitude sul, elevação variando em torno de 600m a 2.000m; ou de 16° a 24° de latitude sul, elevação variando em torno de 500m a 1.500m; ou de 24° a 32° de latitude sul, elevação variando em torno de 400m a 1.000m.
- **Savana Estépica (Caatinga do sertão árido, Campos de Roraima, Chaco sul-matogrossense e Parque de Espinilho da Barra do rio Quarai):**
 - florestada (Td);
 - arborizada, sem floresta de galeria (Tas) ou com floresta de galeria (Taf);
 - parque, sem floresta de galeria (Tps) ou com floresta de galeria (Tpf); e
 - gramíneo-lenhosa, sem floresta de galeria (Tgs).
 - **Formações Pioneiras:**
 - com influência marinha (restinga) (Pm);
 - com influência flúviomarinha (Pf); e
 - com influência fluvial e/ou lacustre (Pa).

As outras classes de cobertura vegetal que completaram a legenda desse trabalho foram a Vegetação Secundária (Vs), a qual ocorrem próximo ao bioma da Amazônia e as áreas de refúgios vegetacionais (r). Com o intuito de reduzir o número total de classes de cobertura vegetal no Cerrado, evitou-se o uso de representações convencionais de classes que ocorrem ao longo de contatos ou tensões ecológicas com outros biomas. Por exemplo, o termo SNc/Sd + Fs foi simplificado para Sd, que é a classe dominante nesse tipo de representação.

As seguintes classes compuseram o grupo de cobertura vegetal antrópica (Tabela 2):

- Cultura agrícola (Ac);
- Pastagem plantada (Ap);
- Reflorestamento (R);
- Área com influência urbana (lu); e
- Área degradada por mineração (Im).

Tabela 2. Legenda referente à cobertura antrópica do bioma Cerrado.

Classe	Símbolo
Cultura agrícola	Ac
Pastagem cultivada	Ap
Reflorestamento	R
Área com influência urbana	lu
Área degradada por mineração	Im

IMAGENS DE SATÉLITE

A base de imagens de sensoriamento remoto desse projeto foi composta por um conjunto de 121 órbitas/pontos do satélite norte-americano Landsat ETM+, georreferenciadas para o sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) e *datum* = SAD'69. Esse sensor foi selecionado por apresentar resolução espacial de 30 metros, compatível com a escala de mapeamento de 1:250.000, confiabilidade na aquisição de dados em termos de qualidade radiométrica e geométrica e faixa de imageamento relativamente extensa de 185 km, o que evita a necessidade de aquisição de um número relativamente elevado de imagens.

Toda a análise de imagens foi baseada na composição colorida RGB das bandas 4, 5 e 3, as quais obtêm imagens nas faixas espectrais do infravermelho próximo (0,76 – 0,90 μm), infravermelho médio (1,55 – 1,75 μm) e vermelho (0,63 – 0,69 μm), respectivamente (**Figura 2**). A vegetação verde e sadia absorve quantidade máxima de radiação eletromagnética na faixa espectral da banda 3, relacionada com atividades fotossintéticas. A banda 4 representa a região que apresenta picos máximos de reflectância das folhas verdes. A banda 5 é útil para discriminar alvos sem cobertura vegetal (por exemplo, solo exposto, solo coberto com palhada seca, pastagem seca, área urbana e cultura agrícola com exposição predominante do componente solo).

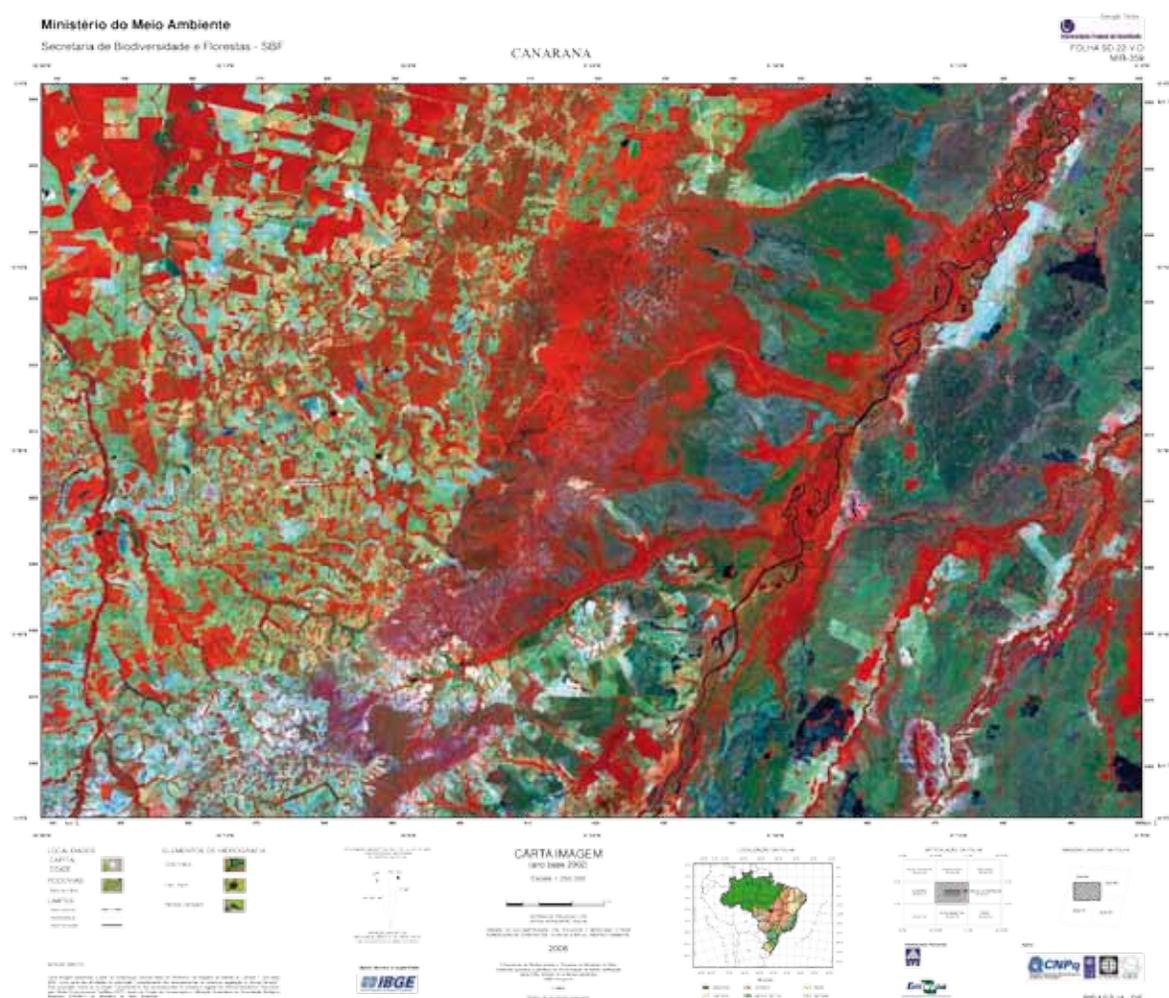


Figura 2. Exemplo de uma carta-imagem (composição colorida das bandas 3, 4 e 5 do satélite Landsat ETM+) do norte do estado de Mato Grosso, utilizada para o mapeamento de cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado.

Na **Tabela 3**, são mostradas as datas das imagens analisadas, identificadas em termos de órbita e ponto. A maioria das cenas foi adquirida em agosto, setembro e outubro, o que corresponde à estação seca. Por problemas de cobertura de nuvens, 33% do total das imagens exigiram a utilização de uma combinação de duas cenas da mesma área.

As imagens foram recortadas segundo os limites das cartas planialtimétricas do IBGE ou da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército brasileiro. Cada carta possui uma área de $1^\circ \times 1,5^\circ$, o que equivale a uma área em torno de 1,8 milhões de hectares. Na **Figura 3**, é mostrada a localização dos recortes de imagens no bioma Cerrado com os seus respectivos índices MIR (Mapa-Índice Reduzido). Na **Tabela 4**, são apresentadas as correspondências dessas cartas com os seus respectivos índices de nomenclatura e nome das folhas. Foi elaborado um total de 172 recortes na escala de mapeamento de 1:250.000.

PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE IMAGENS

Todos os recortes foram processados através da técnica de segmentação de imagens por crescimento de regiões, disponível no aplicativo SPRING 4.0. O processo de segmentação de imagens consiste em dividir uma imagem em regiões ou segmentos compostos por conjuntos de pixels adjacentes espectralmente uniformes (Earthal et al., 1991). Inicialmente, a técnica de segmentação considera cada pixel de uma imagem como sendo uma região distinta. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de subimagens e, então, realiza-se a união entre elas, segundo um limiar de agregação preestabelecido. Para isso, são analisadas as médias de cada subimagem.

Os polígonos gerados pela segmentação de imagens foram convertidos para o formato *shape*. Cada segmento foi associado a uma determinada classe de cobertura vegetal natural ou antrópica. Esse mapeamento foi feito diretamente no monitor da tela de computador, através da sobreposição do recorte de imagem com o mapa vetorial de segmentação e utilizando-se uma escala de visualização de aproximadamente 1:50.000. Em função da escala de mapeamento proposto, polígonos com dimensões inferiores a 40 hectares foram englobados na classe adjacente maior.

Tabela 3. Datas das imagens do satélite Landsat utilizadas para a elaboração do mapa de cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado. Ano-base = 2002. Valores entre 217 a 229 representam as órbitas do Landsat no Sistema de Referência Mundial. Valores entre 62 a 76 representam os pontos nesse mesmo sistema.

	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	
62									21/06 24/08	17/08	23/06 26/08			62
63									24/08	02/09 20/10	22/05 26/08 13/10			63
64							22/08	28/06	24/08	17/08	03/05 20/05 26/08 13/10			64
65							22/08	28/06	24/08	13/05 20/10	20/04 10/08 13/10			65
66							22/08	21/12	11/10	13/05 20/10	09/07 13/10			66
67						12/07 16/10	22/08	21/12	11/10	13/05 18/09	20/04 13/10	06/10		67
68	16/08		05/10			17/09 17/11	21/07	02/10	11/10	30/06 02/09	20/04 13/10	29/04 06/10		68
69	16/08	25/08	03/09	11/08 12/09	04/08 20/08	17/09 17/11	19/06 22/08	20/10	07/07 11/10	02/09	20/04 13/10	29/04 06/10		69
70	31/07	25/08	05/10	12/09	04/08 20/08	17/11	22/08	16/09	11/10	18/09	09/07 13/10	29/04 06/10 22/10		70
71			17/07	08/06 15/10	04/08 05/09	26/06	06/08	15/08 11/02	11/10	18/09	27/09	29/04 09/09 06/10	21/03 15/10	71
72		26/09	01/07	28/09	08/11	26/06 16/10	31/03 03/06	15/08	11/10	20/10	13/10	28/03 03/08 22/10	15/10	72
73				28/09	04/08	30/09	03/06 06/08	15/08	11/10	20/10	13/10	02/07 09/09 06/10	13/09 04/10	73
74				28/09	04/08	30/09	06/08	02/10	11/10	20/10	13/10	02/07 09/09 06/10	20/06 15/10	74
75				28/09	21/09	28/07	06/08	02/10	25/09	02/09	13/10			75
76				28/09	21/09	01/11		03/11	11/10	02/09	07/06 13/10			76
77									11/10	02/09				77
	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	

Tabela 4. Identificação de cartas topográficas na escala de 1:250.000 do bioma Cerrado.

Mapa-Índice Reduzido (MIR)	Nomenclatura	Nome da Carta
0105	SA-23-Z-A	São Luiz
0106	SA-23-Z-B	Barreirinhas
0107	SA-24-Y-A	
0126	SA-23-Z-C	Itapecuru Mirim
0127	SA-23-Z-D	Chapadinha
0128	SA-24-Y-C	
0149	SB-23-V-B	Vitorino Freire
0150	SB-23-X-A	Bacabal
0151	SB-23-X-B	Caxias
0172	SB-22-X-D	Marabá
0173	SB-23-V-C	Imperatriz
0174	SB-23-V-D	Barra do Corda
0175	SB-23-X-C	Presidente Dutra
0176	SB-23-X-D	Terezina
0199	SB-22-Z-B	Xambioá
0200	SB-23-Y-A	Tocantinópolis
0201	SB-23-Y-B	Fortaleza dos Nogueira
0202	SB-23-Z-A	São João dos Patos
0203	SB-23-Z-B	
0226	SB-22-Z-D	Araguaína
0227	SB-23-Y-C	Carolina
0228	SB-23-Y-D	Balsas

0229	SB-23-Z-C	Uruçuí
0230	SB-23-Z-D	
0252	SC-22-X-A	Redenção
0253	SC-22-X-B	Conceição do Araguaia
0254	SC-23-V-A	Itacajá
0255	SC-23-V-B	Tasso Fragoso
0256	SC-23-X-A	
0257	SC-23-X-B	São João do Piauí
0278	SC-22-X-C	Santana do Araguaia
0279	SC-22-X-D	Miracema do Norte
0280	SC-23-V-C	Lizarda
0281	SC-23-V-D	Guilbués
0282	SC-23-X-C	Bom Jesus
0283	SC-23-X-D	Remanso
0302	SC-22-Y-B	Rio Comandante Fontoura
0303	SC-22-Z-A	Santa Terezinha
0304	SC-22-Z-B	Porto Nacional
0305	SC-23-Y-A	Ponte Alta do Norte
0306	SC-23-Y-B	Corrente
0307	SC-23-Z-A	Curimatã
0308	SC-23-Z-B	Xique-Xique
0317	SC-21-Y-C	Juína
0318	SC-21-Y-D	Porto dos Gaúchos
0322	SC-22-Y-D	Serra do Roncador
0323	SC-22-Z-C	São Félix do Araguaia
0324	SC-22-Z-D	
0325	SC-23-Y-C	Dianópolis
0326	SC-23-Y-D	Formosa do Rio Preto
0327	SC-23-Z-C	Santa Rita de Cássia
0328	SC-23-Z-D	Barra
0336	SD-20-X-B	Vilhena
0337	SD-21-V-A	Aldeia Espirro
0338	SD-21-V-B	Rio Treze de Maio
0339	SD-21-X-A	Sorriso
0340	SD-21-X-B	Vera
0342	SD-22-V-B	Cascalheira
0343	SD-22-X-A	Araguaçu
0344	SD-22-X-B	Alvorada
0345	SD-23-V-A	Arraias
0346	SD-23-V-B	Barreiras
0347	SD-23-X-A	Santana
0348	SD-23-X-B	Ibotirama
0354	SD-21-V-C	Vila Oeste
0355	SD-21-V-D	Utiriti
0356	SD-21-X-C	Rio Claro
0357	SD-21-X-D	Boca da Mata
0358	SD-22-V-C	Guarapu
0359	SD-22-V-D	Canarana
0360	SD-22-X-C	São Miguel do Araguaia
0361	SD-22-X-D	Porangatu
0362	SD-23-V-C	Campos Belos
0363	SD-23-V-D	São Domingos
0364	SD-23-X-C	Santa Maria da Vitória
0365	SD-23-X-D	Bom Jesus da Lapa
0370	SD-21-Y-A	Uirapuru
0371	SD-21-Y-B	
0372	SD-21-Z-A	Rosário do Oeste
0373	SD-21-Z-B	Paranatingá
0374	SD-22-Y-A	

0375	SD-22-Y-B	Nova Xavantina
0376	SD-22-Z-A	Itapaci
0377	SD-22-Z-B	Uruaçu
0378	SD-23-Y-A	Iaciara
0379	SD-23-Y-B	Posse
0380	SD-23-Z-A	Manga
0381	SD-23-Z-B	Guanambi
0386	SD-21-Y-C	Jauru
0387	SD-21-Y-D	Barra dos Bugres
0388	SD-21-Z-C	
0389	SD-21-Z-D	Dom Aquino
0390	SD-22-Y-C	General Carneiro
0391	SD-22-Y-D	Barra do Garças
0392	SD-22-Z-C	Goiás
0393	SD-22-Z-D	Goianésia
0394	SD-23-Y-C	Brasília
0395	SD-23-Y-D	Buritis
0396	SD-23-Z-C	Januária
0397	SD-23-Z-D	Janaúba
0398	SD-24-Y-C	Pedra Azul
0403	SE-21-V-B	Cáceres
0404	SE-21-X-A	Poconé
0405	SE-21-X-B	Rondonópolis
0406	SE-22-V-A	Guiratinga
0407	SE-22-V-B	Iporá
0408	SE-22-X-A	São Luís de Montes Belos
0409	SE-22-X-B	Goiânia
0410	SE-23-V-A	Unaí
0411	SE-23-V-B	São Romão
0412	SE-23-X-A	Montes Claros
0413	SE-23-X-B	Araçuaí
0414	SE-24-V-A	Almenara
0419	SE-21-X-D	Itiquira
0420	SE-22-V-C	Mineiros
0421	SE-22-V-D	Jataí
0422	SE-22-X-C	Rio Verde
0423	SE-22-X-D	Morrinhos
0424	SE-23-V-C	Paracatu
0425	SE-23-V-D	João Pinheiro
0426	SE-23-X-C	Pirapora
0427	SE-23-X-D	Capelinha
0432	SE-21-Z-B	Coxim
0433	SE-22-Y-A	Parque Nacional das Emas
0434	SE-22-Y-B	Caçu
0435	SE-22-Z-A	Quirinópolis
0436	SE-22-Z-B	Uberlândia
0437	SE-23-Y-A	Patos de Minas
0438	SE-23-Y-B	Três Marias
0439	SE-23-Z-A	Curvelo
0440	SE-23-Z-B	Guanhães
0443	SE-21-Y-D	Corumbá
0444	SE-21-Z-C	Porto Carrero
0445	SE-21-Z-D	Camapuã
0446	SE-22-Y-C	Paraíso
0447	SE-22-Y-D	Paranaíba
0448	SE-22-Z-C	Iturama
0449	SE-22-Z-D	Prata
0450	SE-23-Y-C	Uberaba
0451	SE-23-Y-D	Bom Despacho

0452	SE-23-Z-C	Belo Horizonte
0453	SE-23-Z-D	Ipatinga
0456	SF-21-V-B	
0457	SF-21-X-A	
0458	SF-21-X-B	
0459	SF-22-V-A	Ribas do Rio Pardo
0460	SF-22-V-B	Andradina
0461	SF-22-X-A	Votuporanga
0462	SF-22-X-B	São José do Rio Preto
0463	SF-23-V-A	Franca
0464	SF-23-V-B	Furnas
0465	SF-23-X-A	Divinópolis
0469	SF-21-V-D	
0470	SF-21-X-C	
0471	SF-21-X-D	
0472	SF-22-V-C	Xavantina
0473	SF-22-V-D	Dracena
0475	SF-22-X-D	Araraquara
0476	SF-23-V-C	Ribeirão Preto
0477	SF-23-V-D	Varginha
0481	SF-21-Y-B	
0482	SF-21-Z-A	Ponta Porã
0483	SF-21-Z-B	
0484	SF-22-Y-A	Loanda
0485	SF-22-Y-B	Presidente Prudente
0486	SF-22-Z-A	Marília
0487	SF-22-Z-B	Bauru
0488	SF-23-Y-A	Campinas
0497	SF-22-Z-C	Cornélio Procópio
0498	SF-22-Z-D	Itapetininga
0499	SF-23-Y-C	São Paulo
0506	SG-22-X-A	Telêmaco Borba
0507	SG-22-X-B	Itararé

Uma chave de interpretação das composições coloridas foi construída para orientar os técnicos envolvidos na análise de imagens. Essa chave incluiu a definição das características tonais, texturais e geométricas das classes de mapeamento presentes no Cerrado. A tonalidade está relacionada com o comportamento espectral dos alvos, onde cada alvo reflete a radiação eletromagnética incidente com intensidade distinta, em diferentes faixas de comprimento de onda. A tonalidade é a responsável pelas variações nas cores numa composição colorida. Na **Figura 4**, é ilustrado um modelo de chave de interpretação que foi utilizado nessa etapa do trabalho.

Na **Figura 5**, são mostrados exemplos de como alguns alvos agrícolas representativos do Cerrado aparecem nas composições coloridas RGB. Nessa composição, alvos com cobertura vegetal pouco densa como são os casos de pastagens cultivadas (Figura 5a) apresentam coloração esverdeada. Áreas agrícolas com predomínio de solo exposto ou palhada seca (Figura 5b) apresentam padrões róseo ou esbranquiçado, enquanto áreas com cobertura vegetal densa, como são as áreas de reflorestamento (Figura 5c), aparecem com coloração vermelho-escuro, fruto da alta reflectância das folhas verdes na faixa espectral do infravermelho próximo.

A textura corresponde ao padrão de arranjo espacial dos elementos texturais (menor feição contínua e homogênea distinguível em uma imagem de satélite e passível de repetição). A textura pode variar de lisa a rugosa e depende não só das características dos alvos,

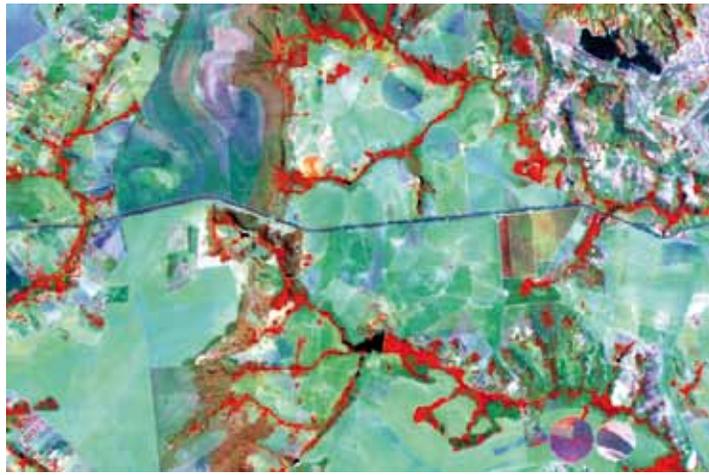
mas também da resolução do sistema sensor e da escala de trabalho. Na **Figura 6**, são mostrados exemplos de imagens de satélite com texturas lisa e rugosa. Em termos de forma geométrica, as feições naturais geralmente tendem a apresentar formas irregulares, enquanto que feições antrópicas frequentemente apresentam padrões geométricos regulares. Um exemplo clássico de feição regular são as áreas irrigadas por sistema de irrigação por pivô-central (**Figura 7**). Todos os elementos de fotointerpretação mencionados aqui, isto é, a tonalidade, a textura e as formas geométricas dos alvos são conceitos visuais interrelacionados que auxiliam a percepção e o reconhecimento de objetos e feições no terreno (Rosa, 2007).

A última etapa de análise de imagens correspondeu ao ajuste de bordas entre duas cartas adjacentes. Esse ajuste de mapeamento é necessário, pois é comum uma classe de mapeamento extrapolar os limites de uma carta topográfica ou de uma imagem de satélite (Star e Estes, 1990).

Os resultados foram analisados por unidade federativa e por bacia hidrográfica. Nas **Tabelas 5 e 6**, são mostradas as áreas (em hectares) de cada unidade federativa e de cada bacia hidrográfica que estão cobertas pelo bioma Cerrado. As delimitações das bacias ou regiões hidrográficas constam da Resolução 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos de 15 de outubro de 2003, publicado no Diário Oficial da União de 17 de dezembro de 2003. As bacias hidrográficas do Tocantins, Paraná e São Francisco são as três mais extensas do referido bioma, com cerca de 60, 43 e 37 milhões de hectares, respectivamente. As bacias denominadas de Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Sudeste e Atlântico Leste ocupam menos de 2% da área total do Cerrado e, portanto, os seus respectivos mapas não foram confeccionados.

Classe de Cobertura Vegetal	Padrões Característicos de Interpretação	Composição Colorida RGB (Exemplo)
Savana arborizada (Sa)	Padrão de cor: vermelho brilhante Textura: intermediária a rugosa Forma geométrica: irregular	
Savana parque (Sp)	Padrão de cor: verde escuro Textura: intermediária a rugosa Forma geométrica: irregular	
Savana gramíneo-lenhosa (Sg)	Padrão de cor: verde claro Textura: intermediária Forma geométrica: irregular	
Pastagem cultivada (Ap)	Padrão de cor: verde azulado Textura: intermediária a lisa Forma geométrica: regular	

Figura 4. Exemplo de chave de interpretação utilizado para o mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado.



(a)



(b)

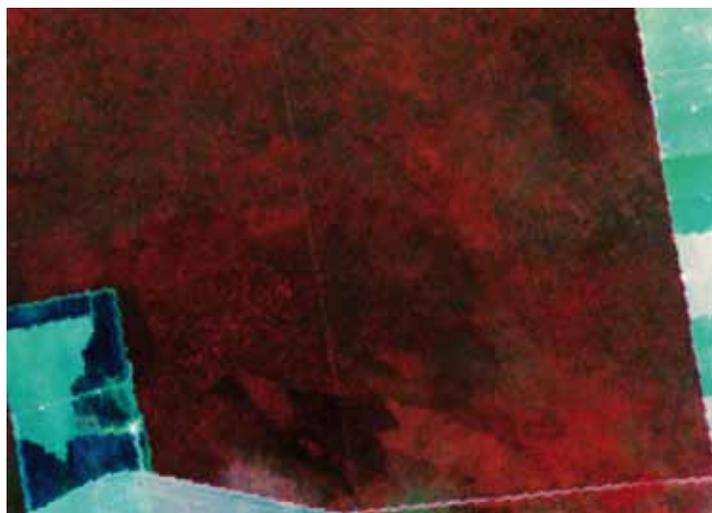


(c)

Figura 5. Exemplos de composições coloridas do satélite Landsat ETM+ sobre algumas áreas agrícolas do bioma Cerrado. (a) Pastagem cultivada; (b) Cultura agrícola; e (c) Reflorestamento.



(a)



(b)

Figura 6. Exemplos de composições coloridas de imagens do satélite Landsat ETM+ da região de Barreiras/Bahia, mostrando áreas com textura lisa (a) e rugosa (b).



Figura 7. Exemplo de composição colorida de imagem do satélite Landsat ETM+ da região de Cristalina/MG, mostrando áreas circulares no recorte de imagem, associadas a sistema de irrigação por pivô-central.

Tabela 5. Área e porcentagem da unidade federativa coberta pelo bioma Cerrado.

Unidade Federativa	Área (ha)	Porcentagem no Estado
Bahia	15.220.249	27
Distrito Federal	582.185	100
Goiás	33.077.688	97
Maranhão	21.318.374	66
Mato Grosso	36.015.331	40
Mato Grosso do Sul	21.658.805	61
Minas Gerais	33.479.147	57
Pará*	28.198	0
Paraná*	374.875	2
Piauí	9.385.116	37
Rondônia*	45.331	0
São Paulo	8.134.578	33
Tocantins	25.347.839	91
TOTAL	204.667.716	-

* Não foi mapeado devido à baixa ocorrência do bioma Cerrado na referida unidade federativa.

Tabela 6. Bacias hidrográficas pertencentes ao bioma Cerrado, com seus respectivos cálculos de áreas.

Bacia Hidrográfica	Área (ha)	Porcentagem no Cerrado
Atlântico Nordeste Oriental*	12.608	0
Atlântico Sudeste*	164.823	0,1
Atlântico Leste*	3.324.836	1,6
Atlântico Nordeste Ocidental	12.481.627	6,1
Parnaíba	15.587.341	7,6
Amazônia	15.679.538	7,7
Paraguai	18.025.034	8,8
São Francisco	36.513.093	17,8
Paraná	43.013.213	21,0
Tocantins	59.865.603	29,3
TOTAL	204.667.716	100

* Não foi mapeado devido à baixa ocorrência do bioma Cerrado na referida bacia hidrográfica.

CAPÍTULO 2

RESULTADOS

A porcentagem de cobertura vegetal natural encontrada para o bioma Cerrado foi de **60,5%** (**Tabela 7**). Essa porcentagem foi maior que, por exemplo, os 45% de remanescentes que foram encontradas por Machado et al. (2004). A diferença nos dois valores pode ser explicada pelas diferenças no conceito sobre cobertura vegetal natural (Sano et al. 2008). Um exemplo típico são os casos de pastagens nativas, consideradas como áreas antrópicas por Machado et al. (2004), devido à presença de criação de gado bovino e como áreas naturais pelo MMA, pois a vegetação original continua preservada. Outro parâmetro que pode ter contribuído para essa diferença foram as resoluções espaciais distintas dos dois sistemas sensores envolvidos (MODIS e ETM+). Os resultados divulgados pelos últimos autores foram obtidos com base na análise de imagens de satélite com uma resolução espacial de 1 km, mais grosseira que os 30 metros do satélite Landsat. Variação nos limites do bioma também pode ter contribuído para a presença dessa diferença numérica.

Dos 123,7 milhões de hectares de cobertura vegetal natural encontrados (**Tabela 8**), 61% correspondem às formações savânicas (áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem a formação de dossel contínuo), vindo a seguir, as formações florestais (áreas com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel, contínuo ou descontínuo) e campestres (áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem), com 32 e 7%, respectivamente. As seguintes classes foram consideradas como pertencentes às formações florestais: Aa, As, Cb, Cm, Cs, Da, Ds, Fa, Fb, Fm, Fs, Mm, Pf, Pm, Sd, Td, e Vs. Nas formações savânicas, foram englobadas as seguintes classes: Saf, Sas, Spf, Sps, Taf, Tas, Tpf e Tps. Por último, nas formações campestres, foram incluídas as classes Pa, r, Sgf, Sgs e Tgs.

Tabela 7. Cálculo de área ocupada por diferentes classes de cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado.

Cobertura Vegetal	Classe	Área (hectares)	Porcentagem
Natural	Aa	18.087	
	As	704.917	
	Da	204.694	
	Ds	42.854	
	Mm	10.744	
	Cb	13.228	
	Cm	457.716	
	Cs	2.417.045	
	Fa	6.252.391	
	Fb	47.158	
	Fm	353.815	
	Fs	8.609.908	
	Saf	23.026.376	
	Sas	18.770.848	60,5
	Sd	12.912.495	
	Spf	22.994.063	
	Sps	9.377.994	
	Sgf	5.235.218	
	Sgs	2.381.550	
	Pa	188.698	
	Pf	16.652	
	Pm	1.123.102	
	Taf	195.227	
	Tas	1.090.997	
	Td	65.852	
	Tpf	17.928	
	Tps	181.613	
	Tgs	171.168	
	r	84.942	
	Vs	6.978.443	
Antrópica	Ac	21.586.889	
	Ap	54.149.493	
	Im	5.463	38,9
	Iu	891.891	
	R	3.165.436	
Massa de Água	água	922.821	0,5
TOTAL		204.667.716	100

Tabela 8. Cálculo de áreas ocupadas pelas formações florestais, savânicas e campestres no bioma Cerrado.

Formações	Área (hectares)	Porcentagem (%)
Florestais	40.229.098	32
Savânicas	75.655.044	61
Campestres	8.061.576	7
TOTAL	123.677.075	100

Um outro aspecto importante que deve ser ressaltado desse estudo é a distribuição espacial bastante heterogênea da cobertura vegetal natural no bioma em questão (**Figura 8**). As áreas mais extensas são encontradas na porção norte da região de estudo, enquanto a maior parte da região sul apresenta um domínio da cobertura antrópica, com destaque para a intensa antropização de toda a parte do Cerrado paulista. Esse retrato é fruto do próprio histórico de ocupação das terras do Brasil. A ocupação do Cerrado iniciou-se na década de 1920, quando a indústria de café estava em plena atividade, principalmente no estado de São Paulo. Mais tarde, com o esgotamento de terras férteis do sul e sudeste do Brasil e com o crescimento populacional, o governo de Getúlio Vargas (1930-1945) promoveu um incentivo à ocupação do sul do estado de Goiás, através de fornecimento de subsídios e assistência técnica aos pecuaristas interessados (Klink e Machado, 2005). A porção norte encontra-se relativamente preservada por causa das dificuldades de acesso e pela distância aos grandes centros urbanos e consumidores.

Na **Figura 9**, é mostrada a porcentagem de áreas remanescentes encontradas em cada carta temática. Na porção norte do Cerrado, são encontrados, com frequência, índices superiores a 90% de preservação em várias cartas temáticas. Na porção sul, esse índice diminui para porcentagens inferiores a 10% em várias cartas temáticas. As áreas mais preservadas correspondem à porção nordeste do bioma, mais especificamente no oeste de Tocantins e sul dos estados de Maranhão e Piauí. As áreas com menor preservação são encontradas em maior extensão no sul de Goiás, Triângulo Mineiro, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

CAPÍTULO 3

UNIDADES FEDERATIVAS COBERTAS PELO BIOMA CERRADO

São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul foram os estados que apresentaram os menores índices de cobertura vegetal natural (**Tabela 9**): 15, 32 e 32%, respectivamente. Por outro lado, os três estados da região norte do Cerrado, isto é, Piauí, Maranhão e Tocantins, foram os que apresentaram os maiores índices de preservação: 92, 89 e 79%, respectivamente.

Tabela 9. Cálculo de área ocupada por cobertura vegetal natural e antrópica em cada unidade federativa coberta pelo bioma Cerrado.

Estado	Porcentagem do Bioma no Estado (%)	Cobertura Vegetal Natural (ha)	Cobertura Antrópica (ha)	Formações Florestais (ha)	Formações Savânicas (ha)	Formações Campestres (ha)	Cobertura Vegetal Natural (%)
SP	33	1.078.716	6.934.203	833.387	210.441	34.888	13
PR	2	118.692	255.565	20.558	14.048	84.085	32
MS	61	6.935.404	14.722.762	2.867.267	3.599.826	468.311	32
DF	100	213.527	362.138	44.645	162.718	6.164	37
GO	97	14.706.696	18.180.482	2.929.033	11.090.161	687.502	44
MG	57	17.794.873	15.418.690	3.279.762	11.322.147	3.192.964	53
MT	40	23.740.333	12.148.095	7.717.102	15.868.080	155.151	66
BA	27	11.209.896	3.963.095	3.333.902	7.357.605	518.389	74
TO	92	20.251.786	4.838.460	4.639.932	13.362.688	2.249.165	79
MA	65	18.753.706	2.318.028	12.337.965	6.032.951	382.790	89
PI	37	8.590.582	758.423	2.319.035	6.210.085	61.462	91

Bahia

Eraldo Peres



Na **Tabela 10**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado baiano. Houve um predomínio das formações savânicas na sua porção central (**Figura 10**). Essa é uma região de transição com a formação savana-estépica do bioma Caatinga. As formações florestais ocorrem na porção oriental do estado, enquanto as formações campestres predominam na porção noroeste. Por outro lado, o oeste baiano ressaltava-se pela produção agrícola de grãos de sequeiro e, mais recentemente, de café e algodão irrigado, conferindo ser um importante pólo exportador de grãos do Brasil (**Figura 11**).

Tabela 10. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado baiano, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do estado da Bahia coberta pelo bioma Cerrado	27
Cobertura natural no Cerrado baiano	73
Formações florestais	22
Formações savânicas	48
Formações campestres	3
Cobertura antrópica no Cerrado baiano	27

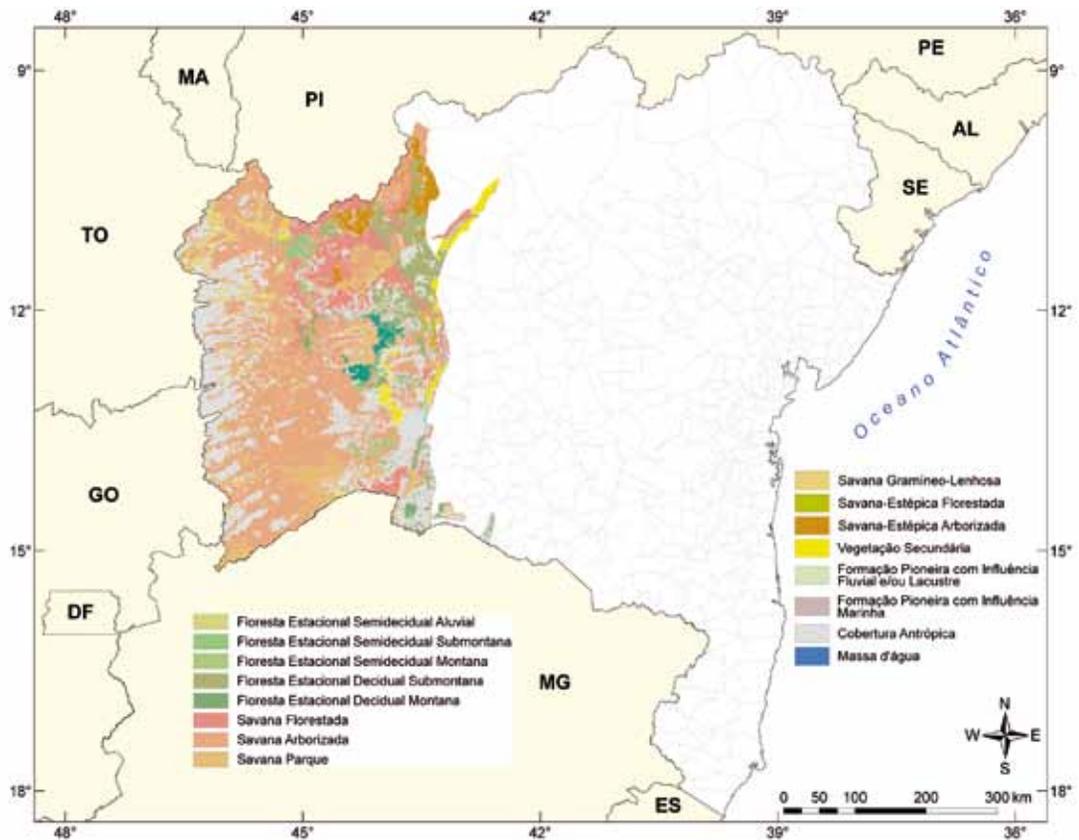


Figura 10. Mapa de cobertura vegetal natural do Cerrado baiano.

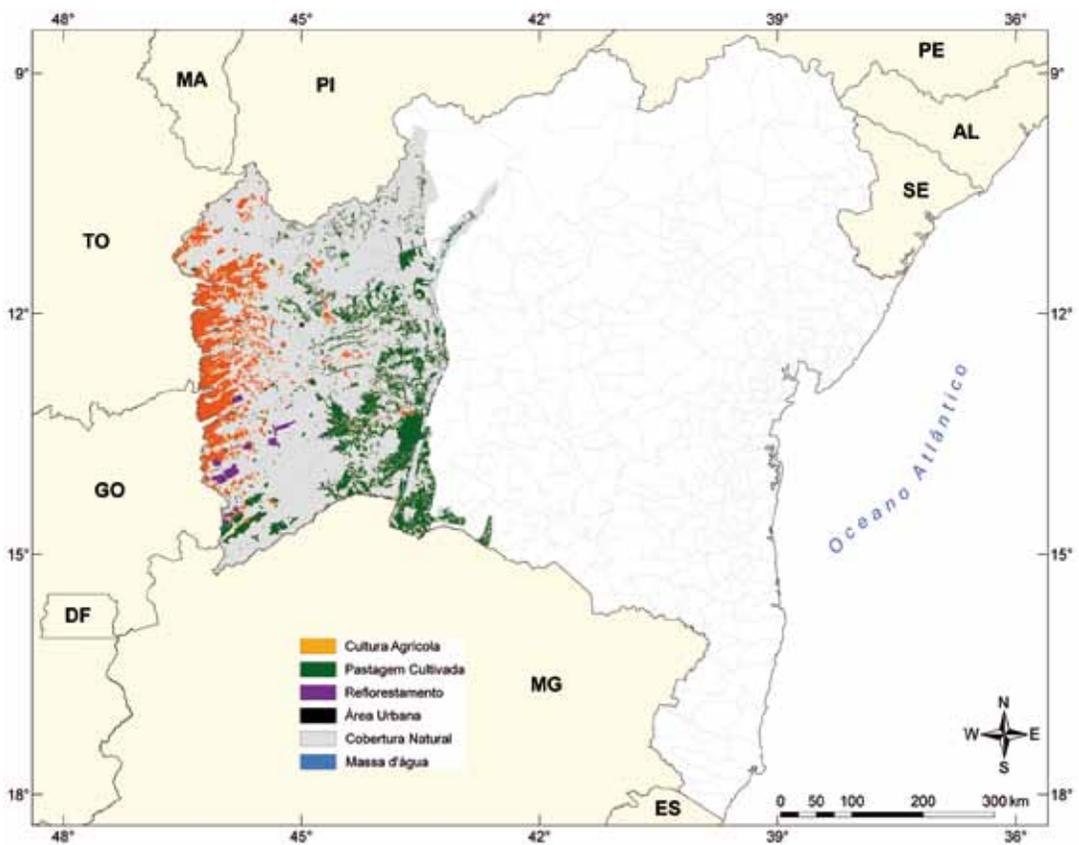


Figura 11. Mapa de cobertura antrópica do Cerrado baiano.

Distrito Federal

Rui Faquini



Na **Tabela 11**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do DF. Pouco mais de 1/3 do DF apresentam cobertura vegetal natural (**Figura 12**). Tais áreas encontram-se em regiões permanentemente protegidas por lei, como são os casos do Parque Nacional de Brasília (30.000 hectares), a Reserva Ecológica de Águas Emendadas (~ 8.000 hectares) e a reserva ecológica do Jardim Botânico. As outras áreas naturais correspondem a regiões com relevo acidentado, impróprias para agricultura. Dentre as formações naturais, percebe-se o predomínio das formações savânicas. As formações campestres aparecem com maior extensão na porção sul. Em termos de cobertura antrópica, o DF destaca-se das demais unidades federativas do Cerrado por apresentar contribuição significativa de manchas urbanas, notadamente Brasília, cidades-satélites e condomínios rurais mais recentes (**Figura 13**). A área antrópica da porção oeste do DF corresponde ao PAD-DF (Plano de Assentamento Dirigido do DF), onde ocorre a produção de alimentos para consumo interno, notadamente soja, milho, feijão e hortaliças.

Tabela 11. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Distrito Federal, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do Distrito Federal coberta pelo bioma Cerrado	100
Cobertura natural no Distrito Federal	37
Formações florestais	8
Formações savânicas	28
Formações campestres	1
Cobertura antrópica no Distrito Federal	63

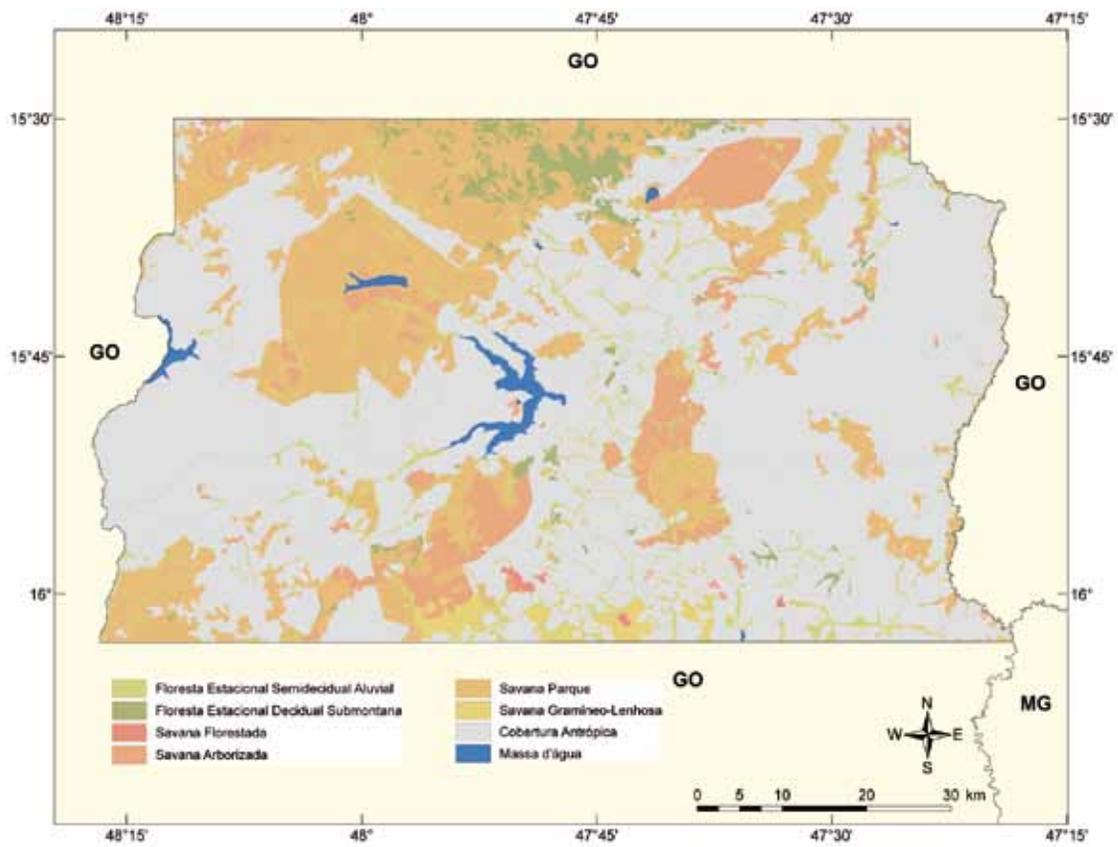


Figura 12. Mapa de cobertura vegetal natural do Distrito Federal.

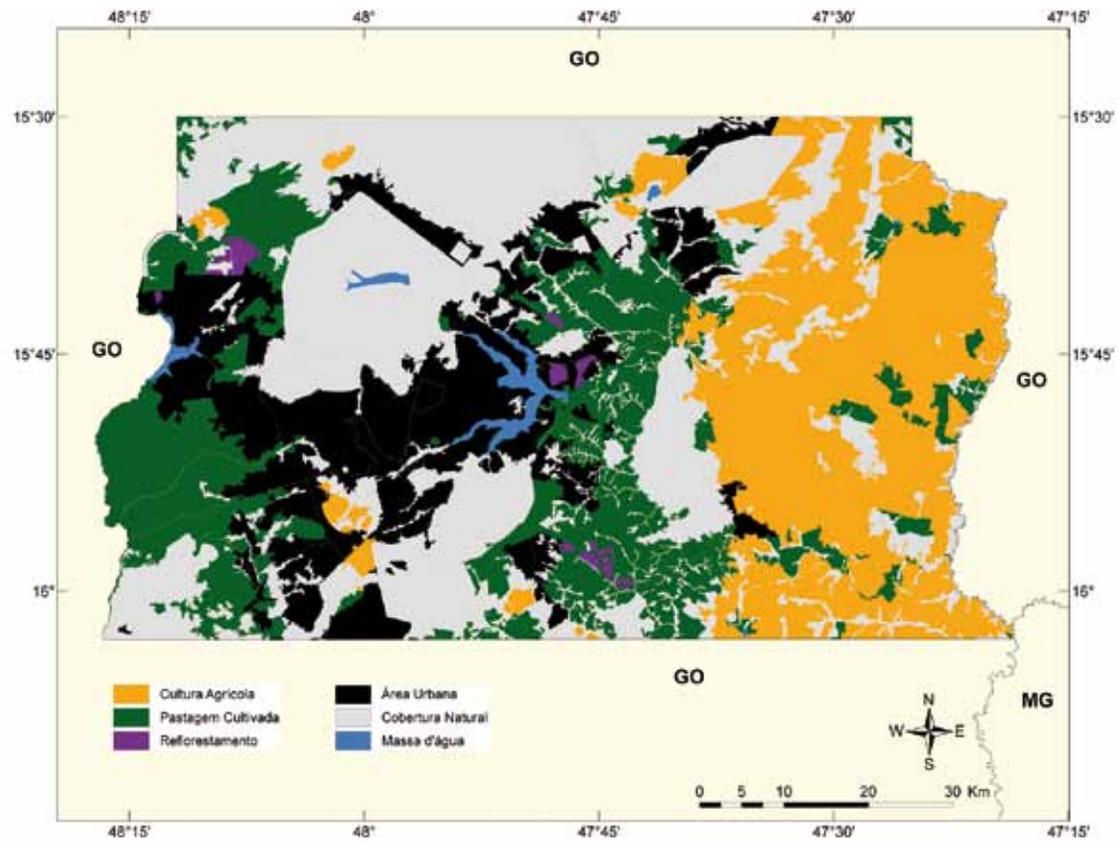


Figura 13. Mapa de cobertura antrópica do Distrito Federal.

Goiás

Rui Faquini



Na **Tabela 12**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado goiano. Essa região é um outro exemplo onde há um predomínio da cobertura antrópica sobre a natural (**Figura 14**). A cobertura natural predominante do Cerrado goiano são as formações savânicas que cobrem cerca de 28% da área. As áreas mais extensas de cobertura vegetal natural encontram-se na porção nordeste, na região conhecida como Vão do Paranã. Nessa região, os solos são arenosos ou pedregosos, ou seja, pobres em nutrientes. Conseqüentemente, municípios como Flores de Goiás e Iaciara, localizados nesse compartimento geomorfológico, tendem a apresentar porcentagens elevadas de preservação (Sano et al., 2007). Municípios que possuem grande parte do seu território ocupada por parques nacionais como são os casos de Cavalcante (Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros) e Mineiros (Parque Nacional das Emas) ou que possuem terrenos acidentados (Niquelândia, associado aos complexos máficos e ultramáficos) tendem a apresentar porcentagens elevadas de cobertura vegetal natural.

A cobertura antrópica encontra-se espalhada praticamente em todo o estado, fruto da ocorrência de extensas áreas de pastagens cultivadas com o gênero *Brachiaria* (**Figura 15**). Em termos de produção altamente tecnificada de grãos, destaca-se a região de Rio Verde no sudoeste do estado, a qual produz soja e milho com emprego intensivo de mecanização.

Tabela 12. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado goiano, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do estado de Goiás coberta pelo bioma Cerrado	27
Cobertura natural no Cerrado goiano	74
Formações florestais	22
Formações savânicas	48
Formações campestres	3
Cobertura antrópica no Cerrado goiano	25

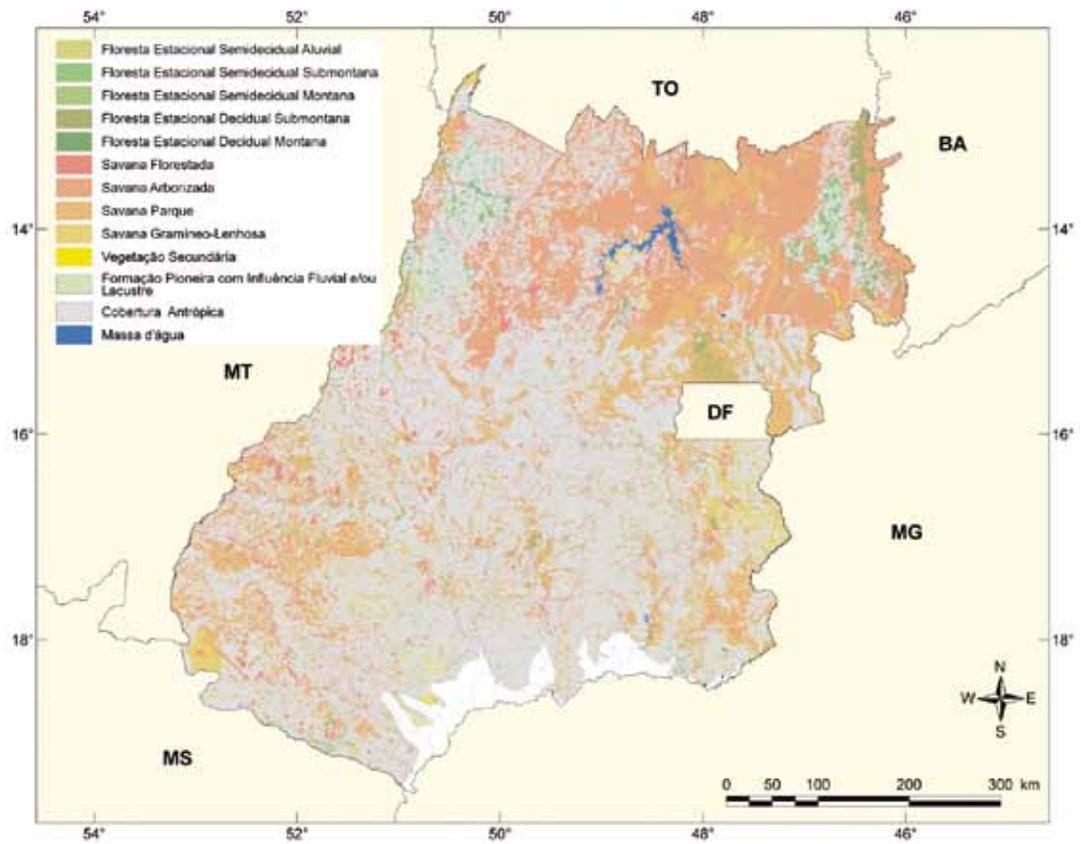


Figura 14. Mapa de cobertura vegetal natural do Cerrado goiano.

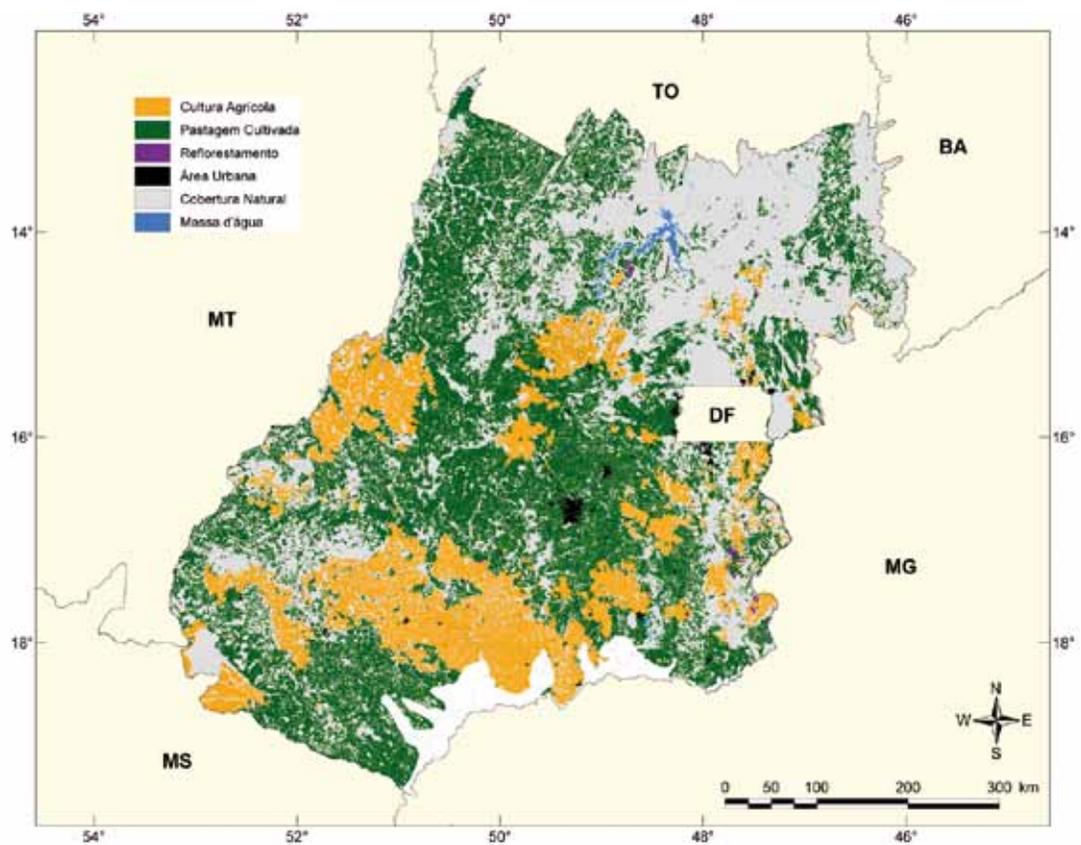


Figura 15. Mapa de cobertura antrópica do Cerrado goiano.

Maranhão

Paulo Zuppani



Na **Tabela 13**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado maranhense. Esse estado também é um dos estados do Cerrado com maior índice de cobertura vegetal natural: 89% (**Figura 16**) e destaca-se por ser um dos poucos a apresentar áreas de formações florestais maiores que as das savânicas: 58 e 29%, respectivamente. Conforme é mostrada na **Figura 17**, em termos de produção de grãos, esse estado não possui destaque no cenário nacional, com exceção dos três municípios do sul maranhense, isto é, Balsas, Tasso Fragoso e Alto Parnaíba, onde receberam incentivos do governo japonês para implementar projetos de irrigação nessa região.

Tabela 13. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado maranhense, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do estado do Maranhão coberta pelo bioma Cerrado	65
Cobertura natural no Cerrado maranhense	89
Formações florestais	58
Formações savânicas	29
Formações campestres	2
Cobertura antrópica no Cerrado maranhense	11

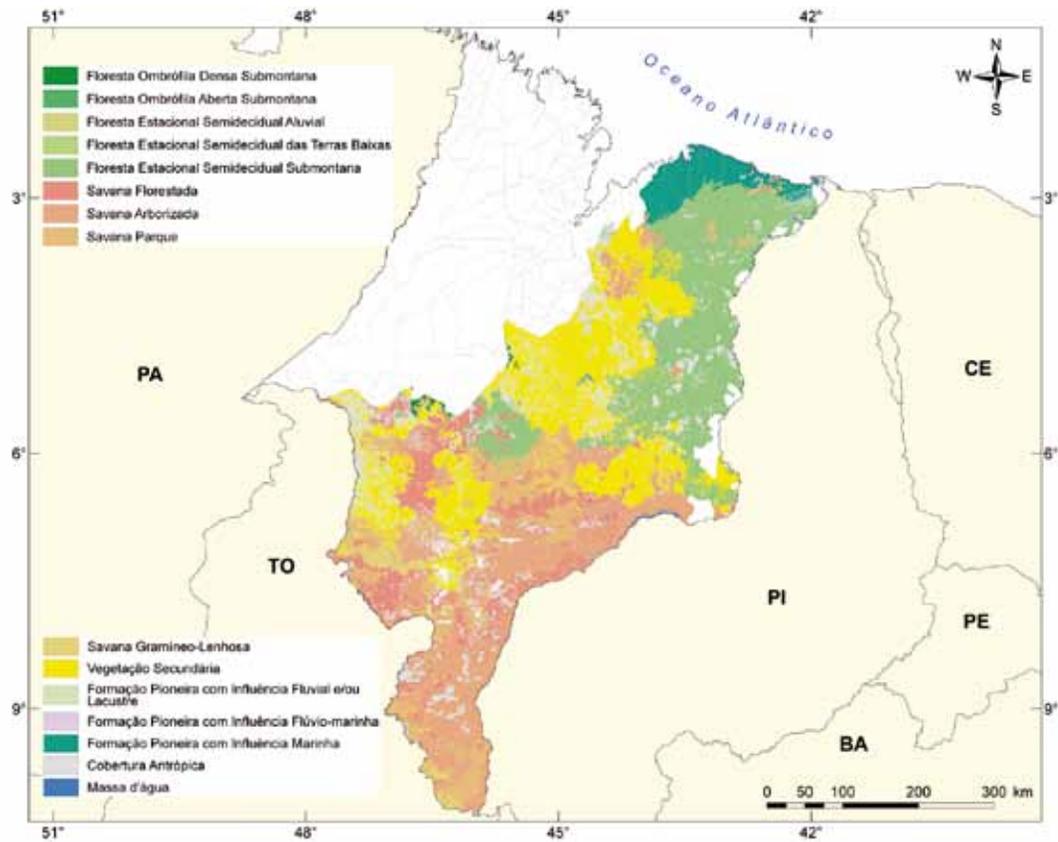


Figura 16. Mapa de cobertura vegetal natural do Cerrado maranhense.

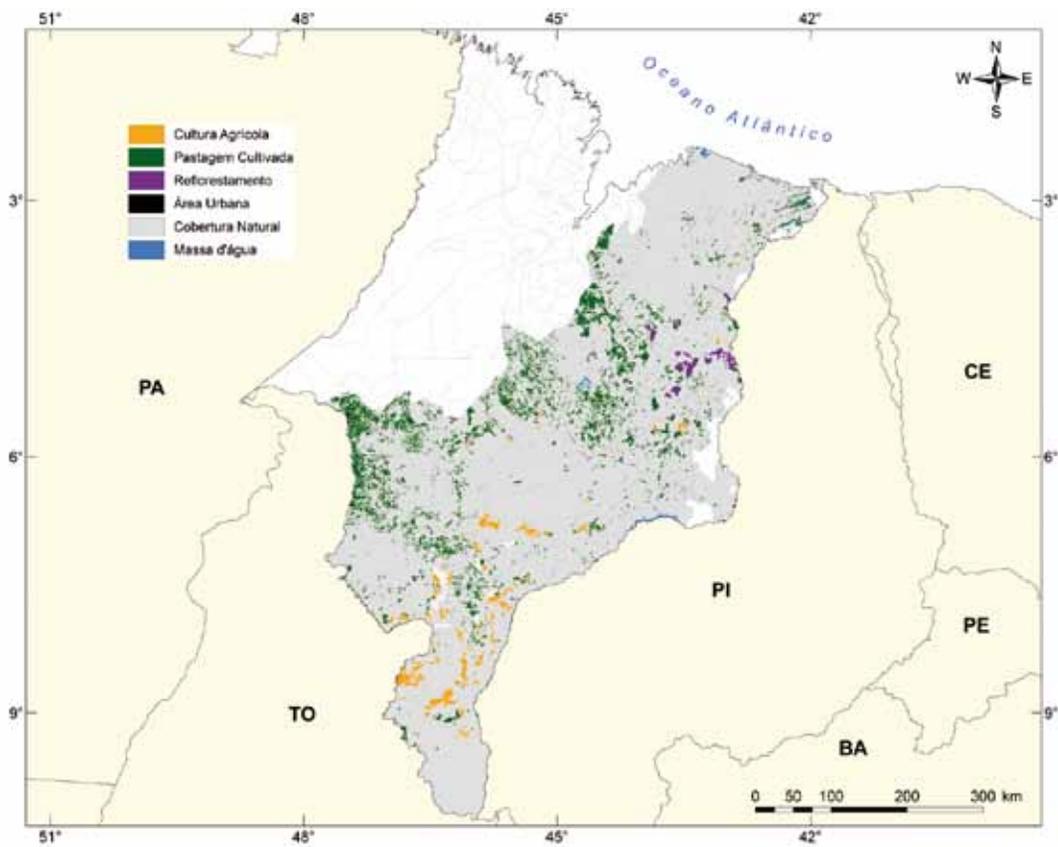


Figura 17. Mapa de cobertura antrópica do Cerrado maranhense.

Mato Grosso

Zig Koch



Na **Tabela 14**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado matogrossense. Nessa área geográfica, 66% correspondem a cobertura vegetal natural (**Figura 18**). Nela, predominam as formações savânicas (44% de cobertura), enquanto que as florestais aparecem principalmente na porção central do estado, numa área que corresponde à região de transição com o bioma da Amazônia. As formações campestres possuem baixa representatividade no estado. Na porção central do estado (**Figura 19**), destaca-se ainda uma grande mancha de cobertura antrópica, o que corresponde aos municípios de Sinop e Sorriso, amplamente conhecidos pela alta produtividade e produção agrícola, notadamente de soja, milho e, mais recentemente, de algodão. Na porção sul do estado, destaca-se outro município, o Rondonópolis, também conhecido pela importância em termos de produção nacional de grãos e também pela expansão de áreas implantadas com pastagens cultivadas nos municípios ao redor. Nessa região, existem boa infra-estrutura de rodovias e presença de um número significativo de frigoríficos (Sano et al., 1999).

Tabela 14. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado matogrossense, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do estado de Mato Grosso coberta pelo bioma Cerrado	40
Cobertura natural no Cerrado matogrossense	66
Formações florestais	21
Formações savânicas	44
Formações campestres	0
Cobertura antrópica no Cerrado matogrossense	34

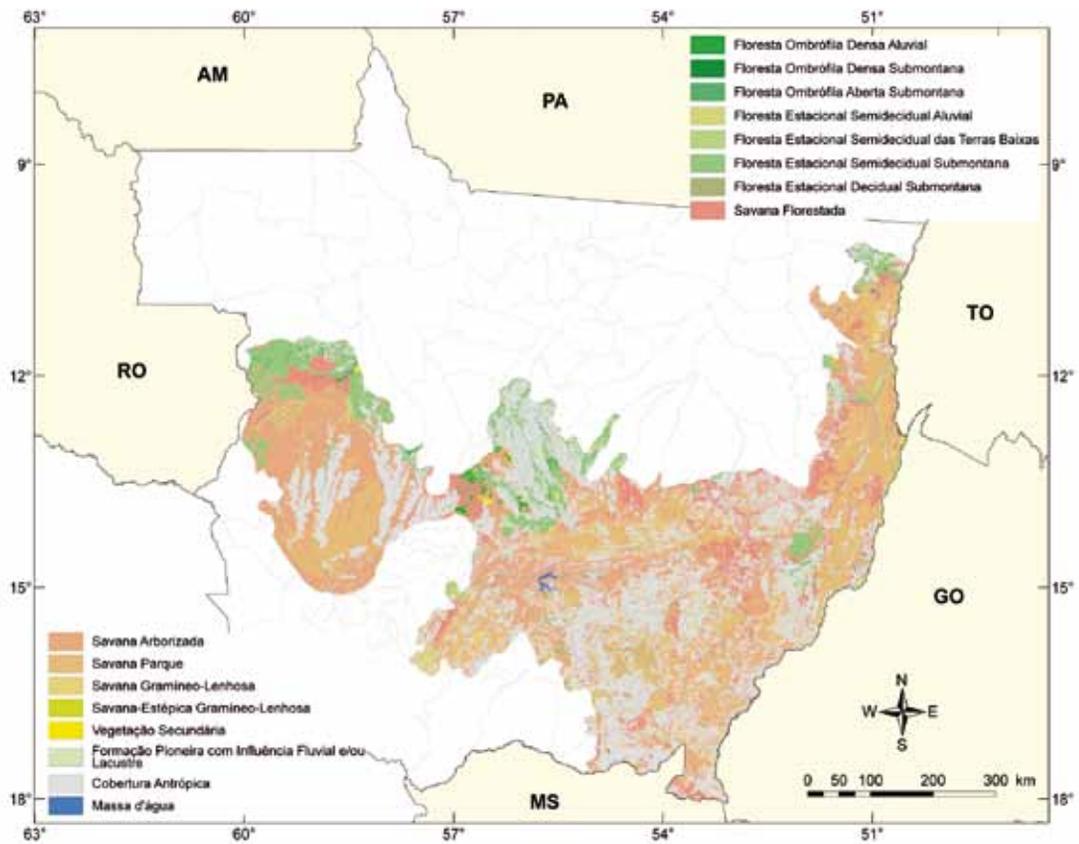


Figura 18. Mapa de cobertura vegetal natural do Cerrado matogrossense.

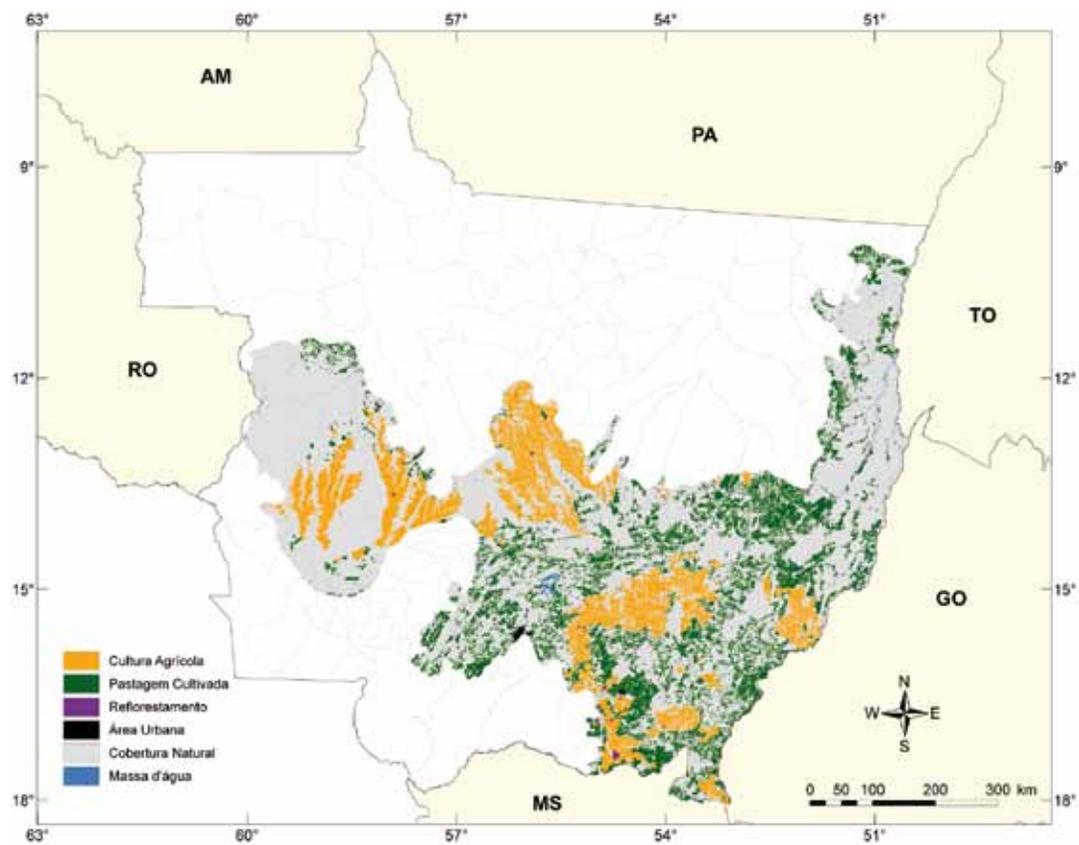
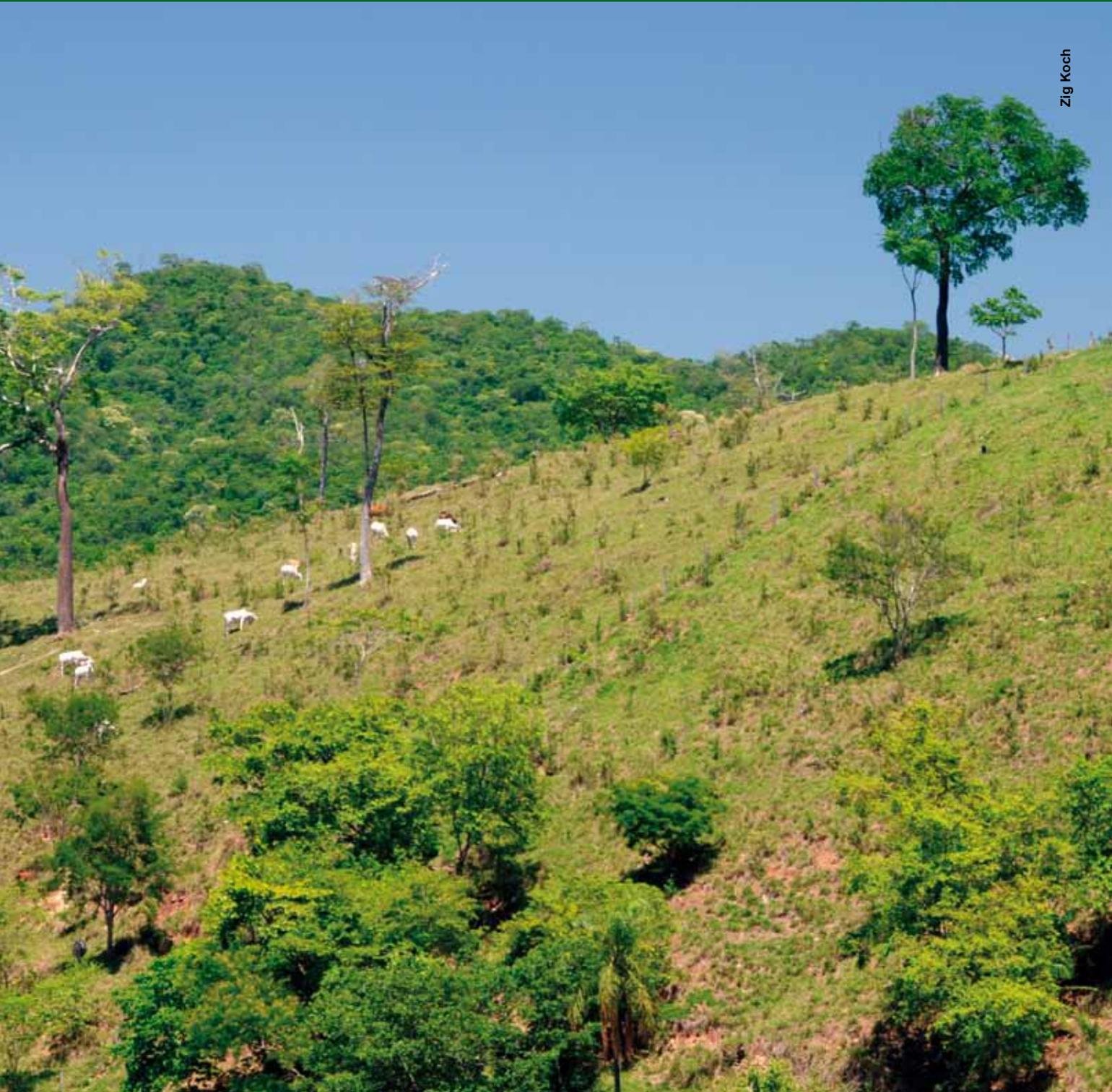


Figura 19. Mapa de cobertura antrópica do Cerrado matogrossense.

Mato Grosso do Sul



Zig Koch

Na **Tabela 15**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado sulmatogrossense. Nessa área geográfica, restam apenas 32% de cobertura vegetal natural (**Figura 20**). Predominam as formações florestais e campestres, os quais ocupam 13 e 17% da área total, respectivamente. Não se percebe a presença de nenhum município contendo fragmentos extensos do Cerrado. As formações campestres são representadas por uma grande mancha que ocorre na porção oeste do estado. As coberturas antrópicas (**Figura 21**) são representadas principalmente pelas pastagens cultivadas. Mato Grosso do Sul é o estado que apresenta o maior contingente bovino do Brasil (Sano et al., 1999). Na parte leste do estado, destaca-se a região conhecida como “bolsão matogrossense”, que cobre uma área de cerca de 3 milhões de hectares dominadas por solos arenosos e de baixa fertilidade. Nesse bolsão, a principal atividade econômica é a criação de gado de corte.

Tabela 15. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado sulmatogrossense, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do estado de Mato Grosso do Sul coberta pelo bioma Cerrado	61
Cobertura natural no Cerrado sulmatogrossense	32
Formações florestais	13
Formações savânicas	17
Formações campestres	2
Cobertura antrópica no Cerrado sulmatogrossense	68

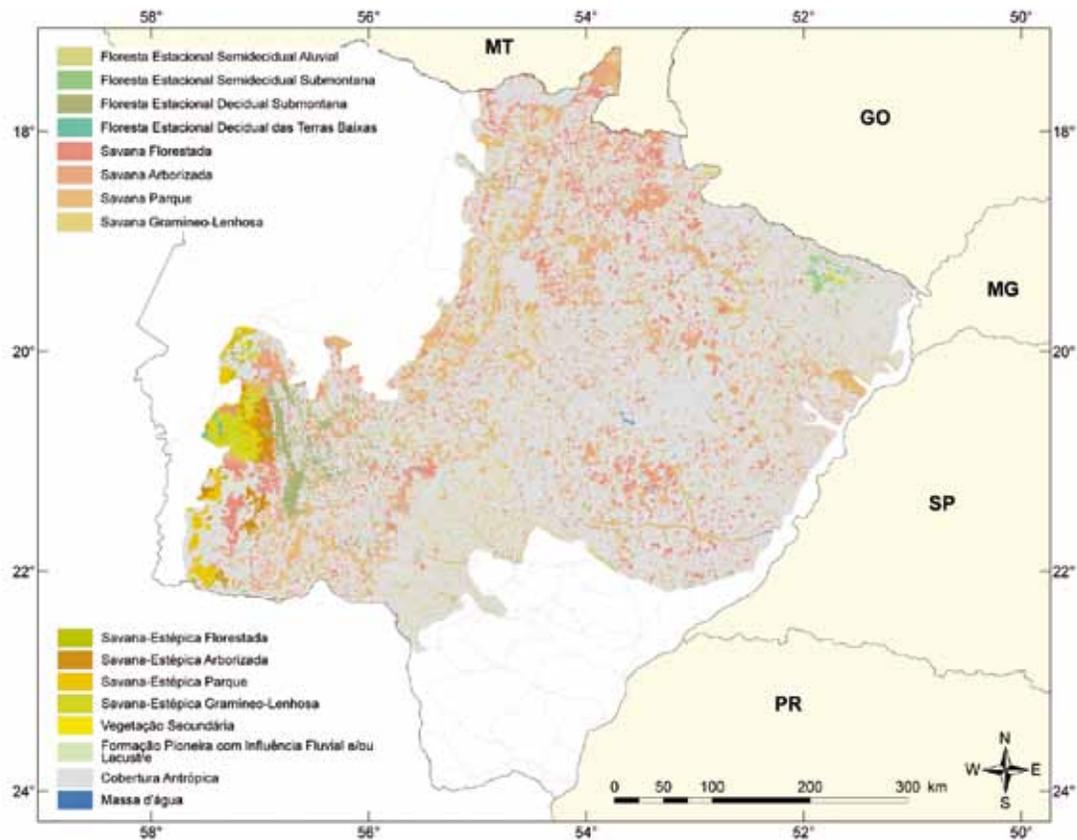


Figura 20. Mapa de cobertura vegetal natural do Cerrado sulmatogrossense.

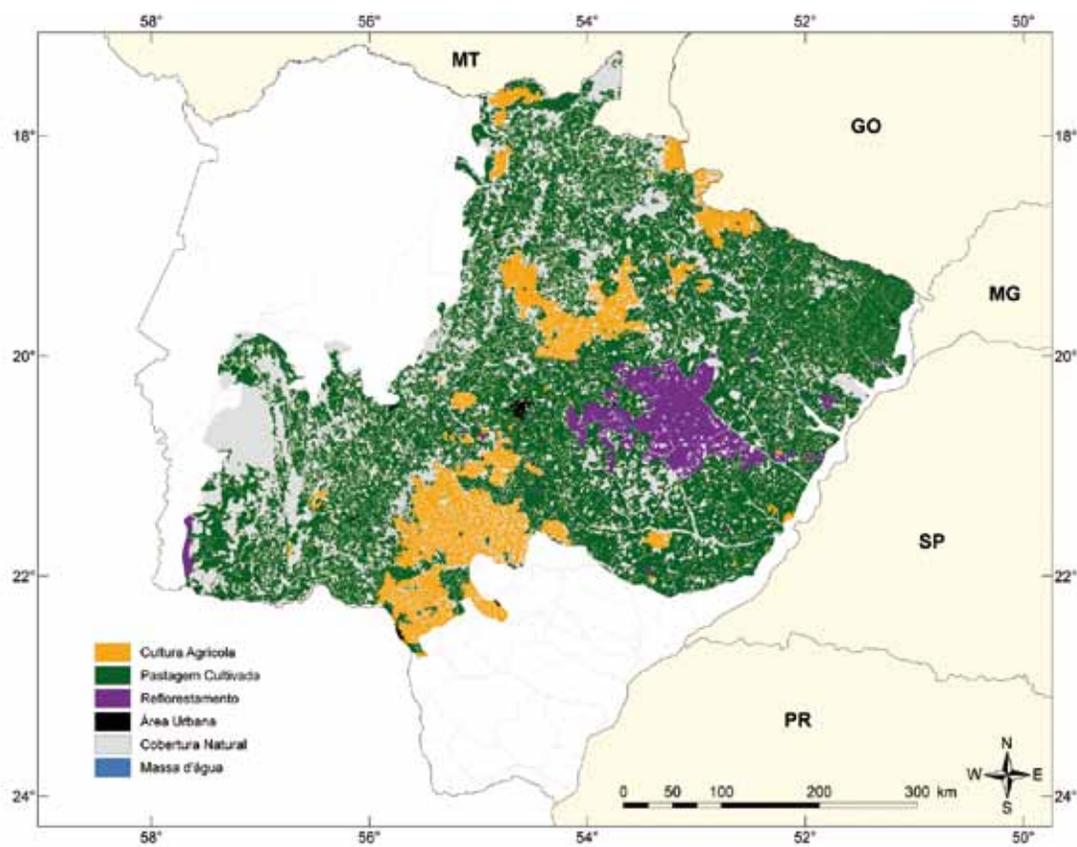


Figura 21. Mapa de cobertura antrópica do Cerrado sulmatogrossense.

Minas Gerais

Rui Faquini



Na **Tabela 16**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado mineiro. Nessa área, destacam-se duas características marcantes (**Figura 22**). A primeira é a ocorrência de formações campestres em grandes extensões, principalmente nas porções sul e leste do estado. De fato, com cerca de 3,2 milhões de hectares, Minas Gerais é o estado que apresentou a maior quantidade desse tipo de formação no bioma Cerrado. A outra característica que se sobressai com relação a esse estado é a presença de extensas áreas de cobertura antrópica no sudoeste do estado, principalmente na região do Triângulo Mineiro (**Figura 23**). A porcentagem média de cobertura vegetal original nessa região do Triângulo situou-se em torno de 25%. Esse valor é significativamente mais baixo em relação à média estadual encontrada por Scolforo e Carvalho (2006): 41%.

Tabela 16. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado mineiro, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do estado de Minas Gerais coberta pelo bioma Cerrado	57
Cobertura natural no Cerrado mineiro	53
Formações florestais	10
Formações savânicas	34
Formações campestres	10
Cobertura antrópica no Cerrado mineiro	47

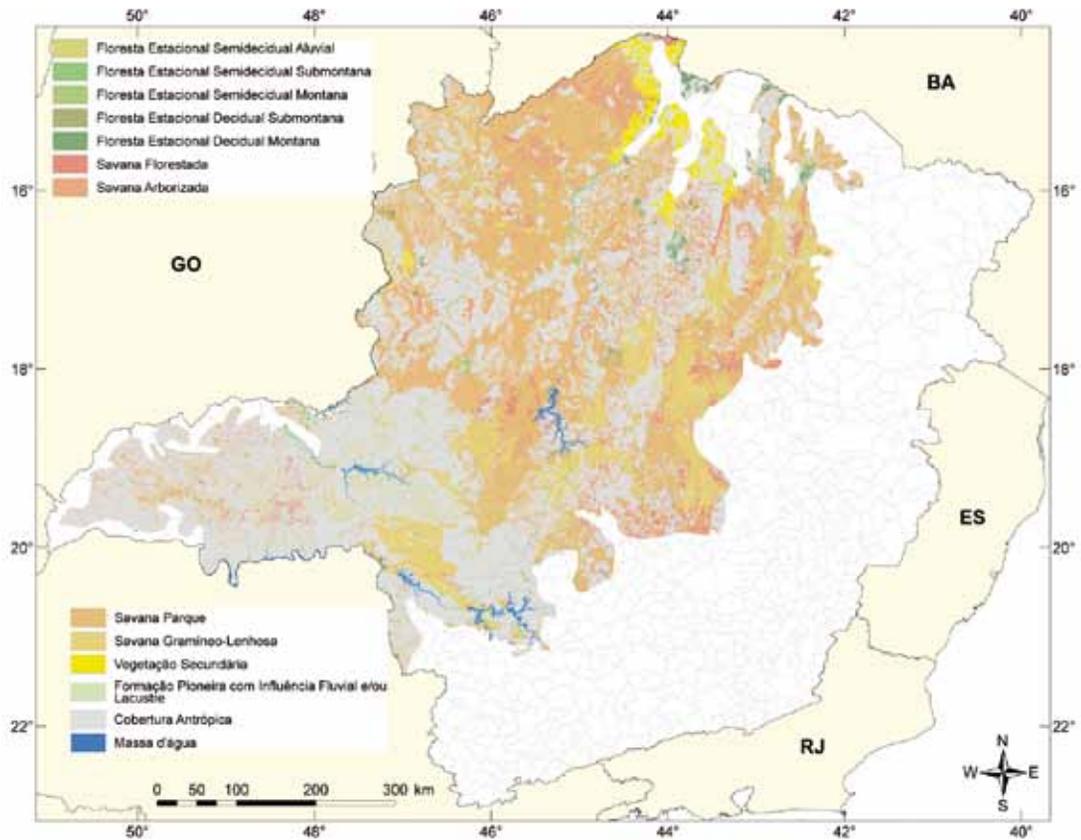


Figura 22. Mapa de cobertura vegetal natural do Cerrado mineiro.

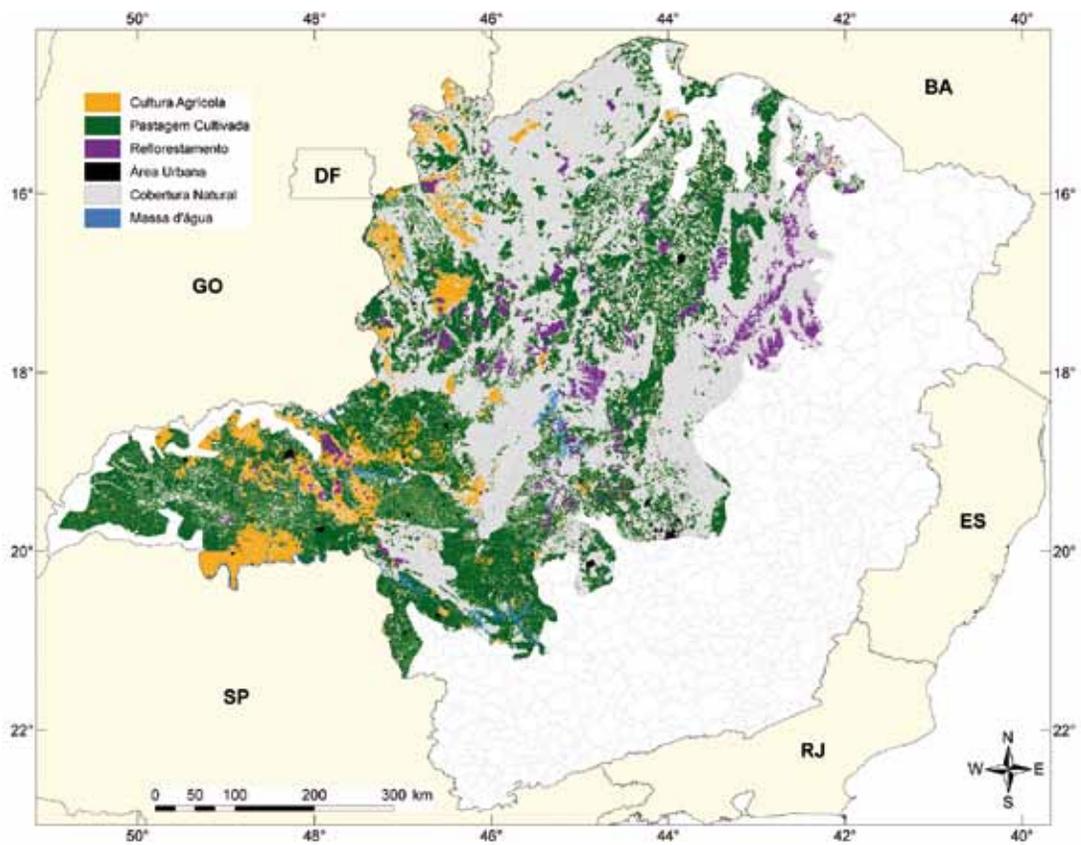
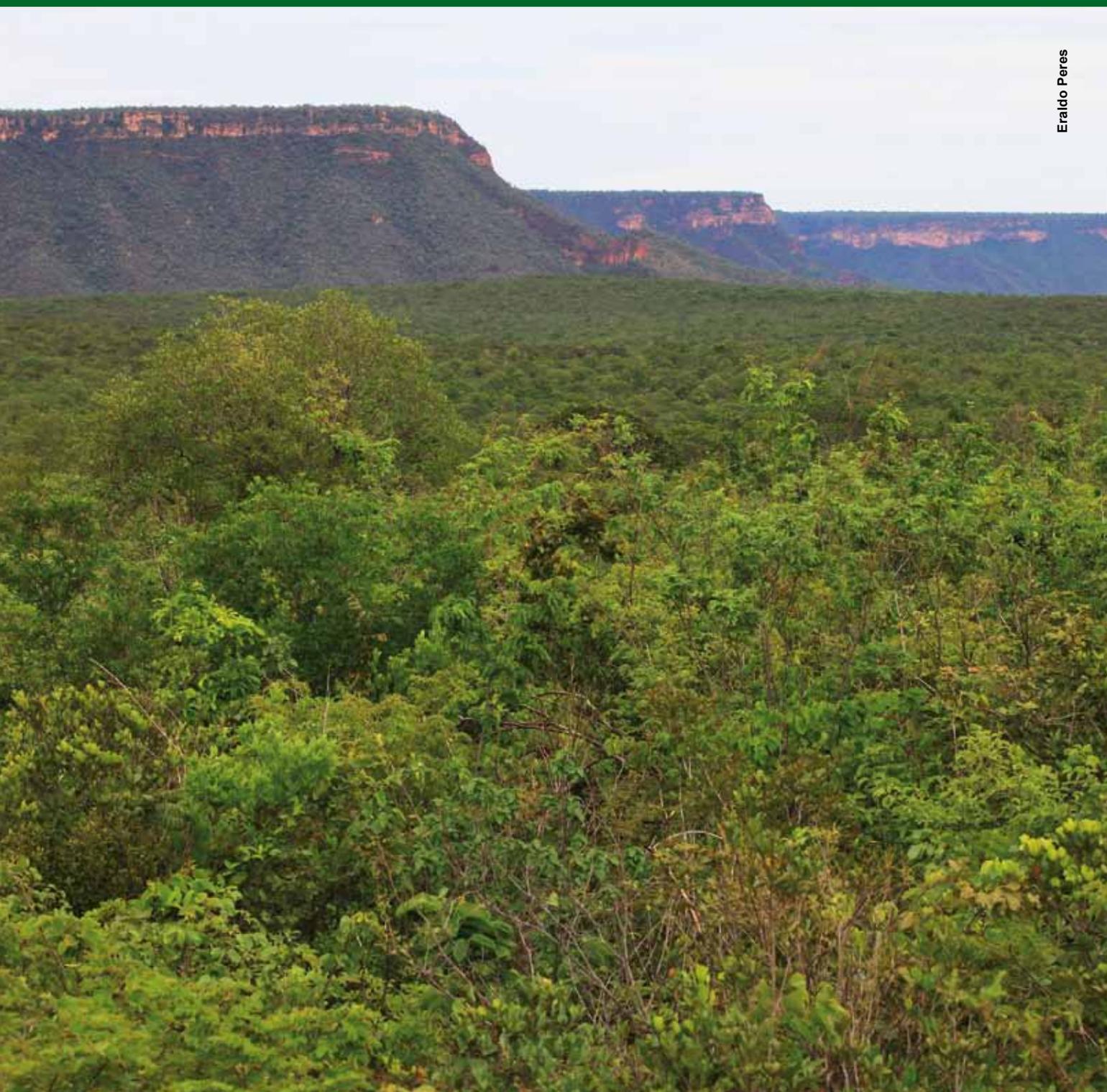


Figura 23. Mapa de cobertura antrópica do Cerrado mineiro.

Piauí



Na **Tabela 17**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado piauiense. O estado do Piauí é um dos que apresentam maiores proporções de cobertura vegetal natural: 92% (**Figura 24**). Porém, deve-se ressaltar que a sua extensão em área do Cerrado é relativamente baixa, ocupando apenas 27% de todo o território estadual. Nessas áreas naturais, predominam as formações savânicas. Esse índice elevado de cobertura natural é gradativamente reduzido em direção sul do estado (**Figura 25**), mais especificamente no Vale do Gurguéia, onde já se notam produções extensas de soja para exportação. A instalação de armazéns por parte de grandes multinacionais e a construção da ferrovia transnordestina também são fatores que devem acelerar o processo de ocupação no sul do Piauí.

Tabela 17. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado piauiense, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do estado do Piauí coberta pelo bioma Cerrado	37
Cobertura natural no Cerrado piauiense	92
Formação florestal	25
Formação savânica	66
Formação campestre	1
Cobertura antrópica no Cerrado piauiense	8

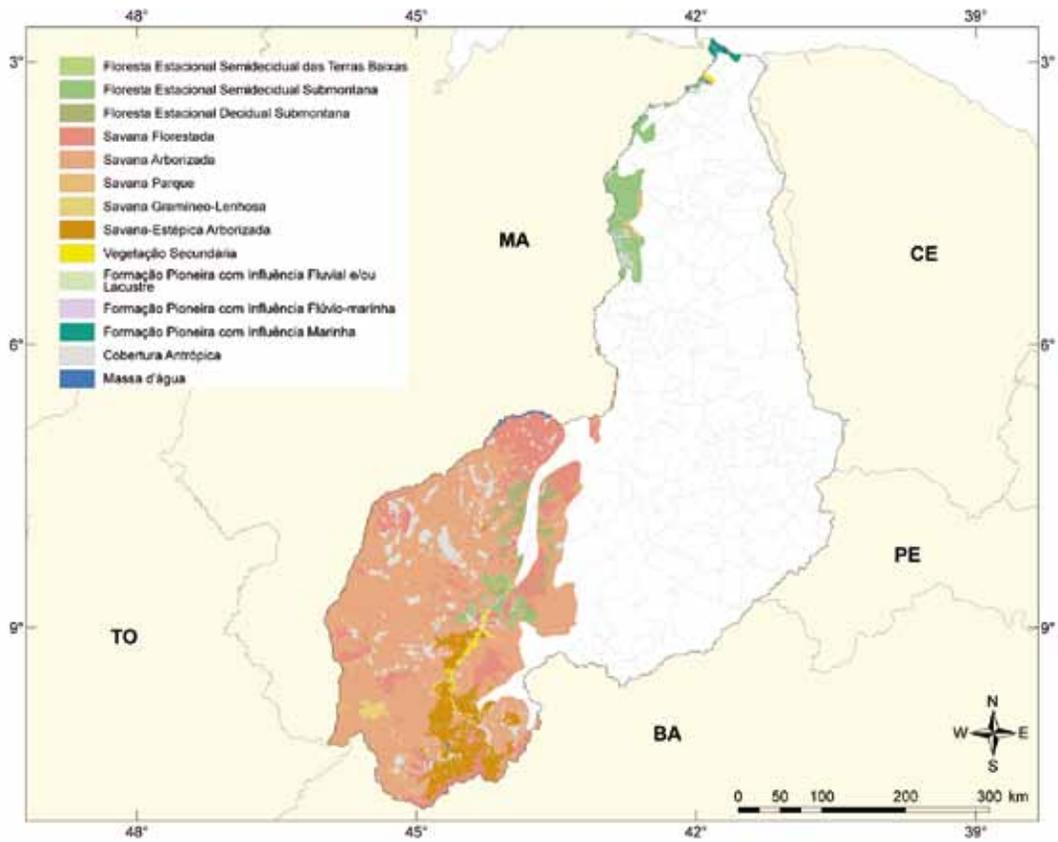


Figura 24. Mapa de cobertura vegetal natural do Cerrado piauiense.

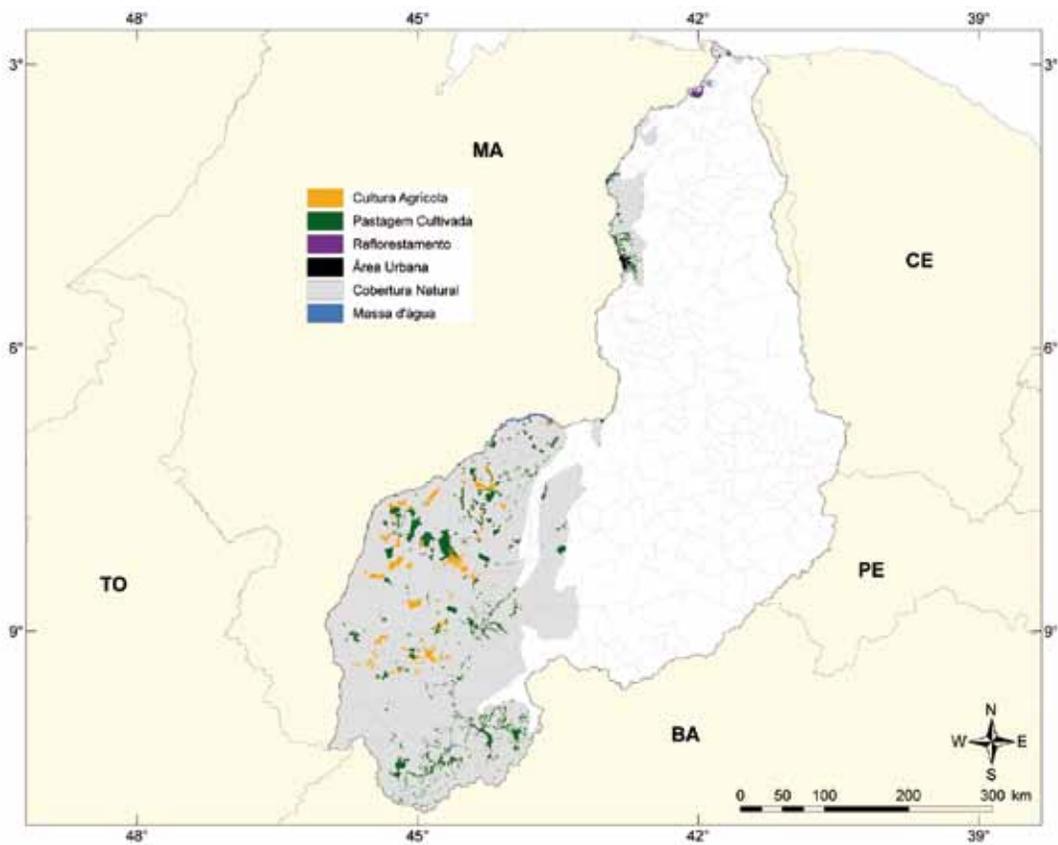


Figura 25. Mapa de cobertura antrópica do Cerrado piauiense.

São Paulo

Zig Koch



Na **Tabela 18**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado paulista. São Paulo é o estado que apresenta a menor porcentagem de cobertura vegetal natural, com 13% (**Figura 26**). A maior parte dessa cobertura natural (~ 10%) é representada pela floresta-de-galeria, uma classe de vegetação que não é típica do bioma Cerrado. Os outros 3% de cobertura natural de SP correspondem às formações savânicas (**Figura 27**).

Tabela 18. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica da porção do estado de São Paulo coberta pelo bioma Cerrado, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do estado de São Paulo coberta pelo bioma Cerrado	33
Cobertura natural em São Paulo (porção coberta pelo Cerrado)	13
Formação florestal	10
Formação savânica	3
Formação campestre	0
Cobertura antrópica em São Paulo (porção coberta pelo Cerrado)	87

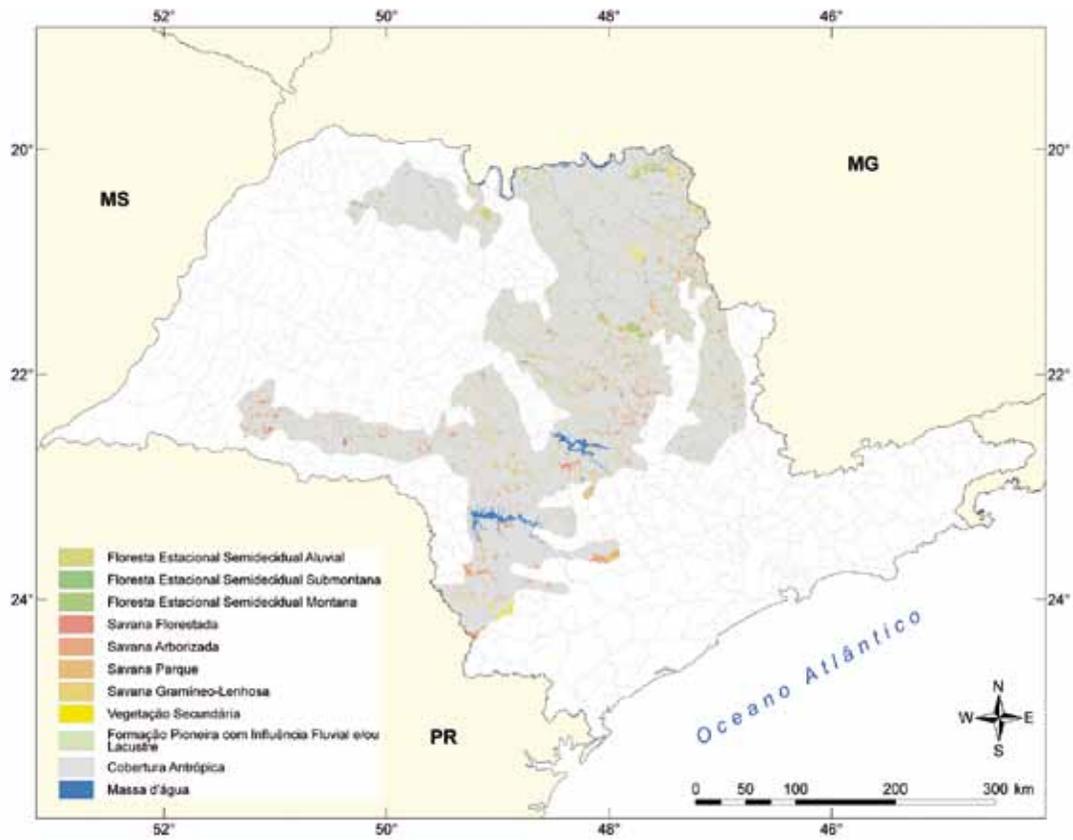


Figura 26. Mapa de cobertura vegetal natural do Cerrado paulista.

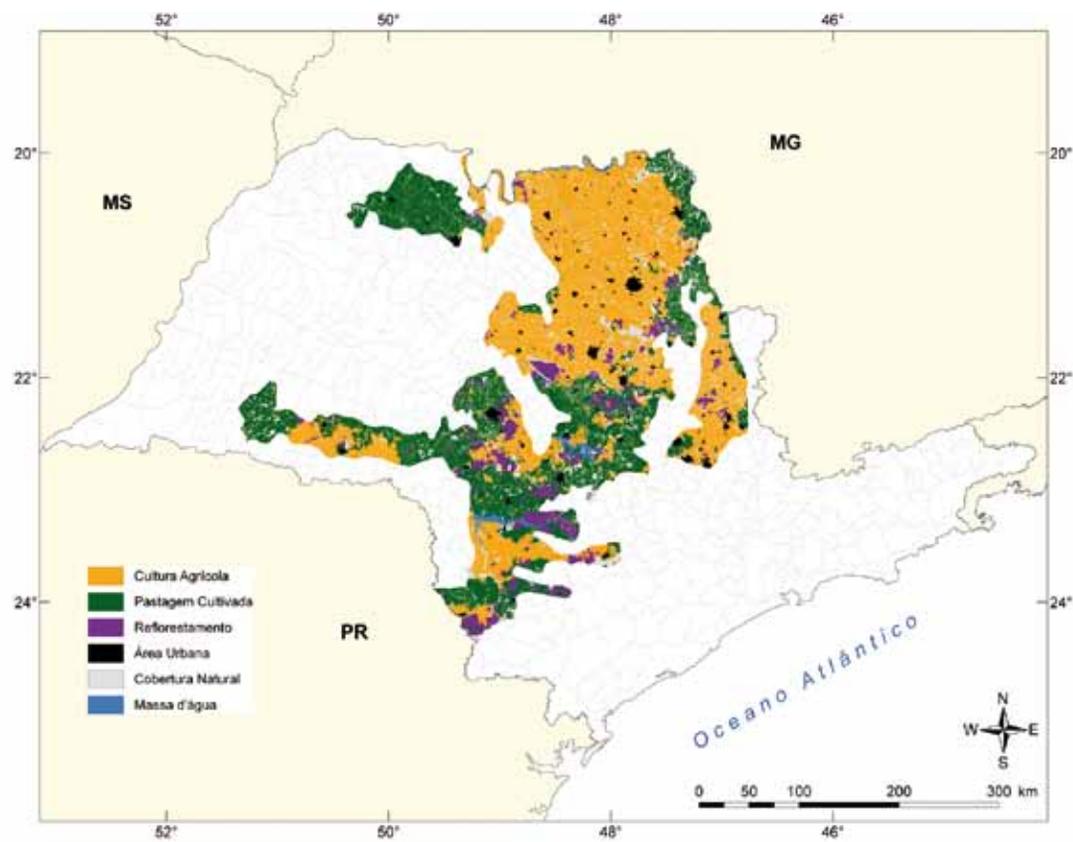
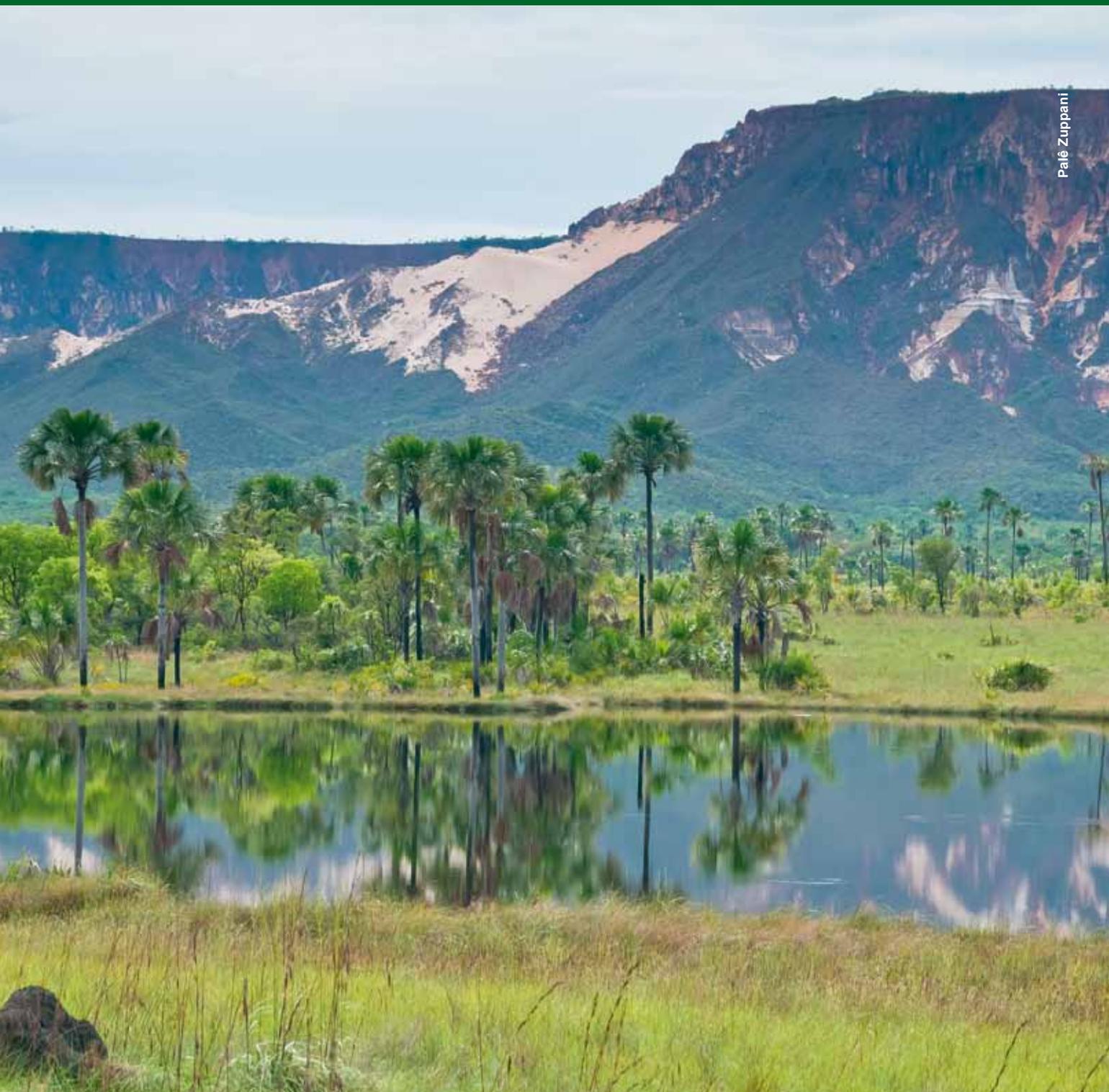


Figura 27. Mapa de cobertura antrópica do Cerrado paulista.

Tocantins



Na **Tabela 19**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado tocantinense. O estado de Tocantins que, depois do DF e de GO, é o que possui a maior porcentagem de área coberta pelo bioma Cerrado, apresentou um índice de 79% de cobertura vegetal natural (**Figura 28**). Há um predomínio das formações savânicas (52%), vindo, a seguir, as formações florestais (18%), as quais encontram-se espalhadas por todo o território tocantinense. Já as formações campestres encontram-se concentradas em duas grandes áreas na porção leste do estado, mais especificamente na região de Jalapão, e também na porção noroeste, próximo às margens do rio Tocantins. As áreas antrópicas mais extensas de Tocantins encontram-se ao longo da rodovia Belém-Brasília (BR-153), principalmente na porção sul do estado (**Figura 29**).

Tabela 19. Resumo do levantamento das classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado tocantinense, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área do estado de Tocantins coberta pelo bioma Cerrado	92
Cobertura natural no Cerrado tocantinense	79
Formações florestais	18
Formações savânicas	52
Formações campestres	9
Cobertura antrópica no Cerrado tocantinense	21

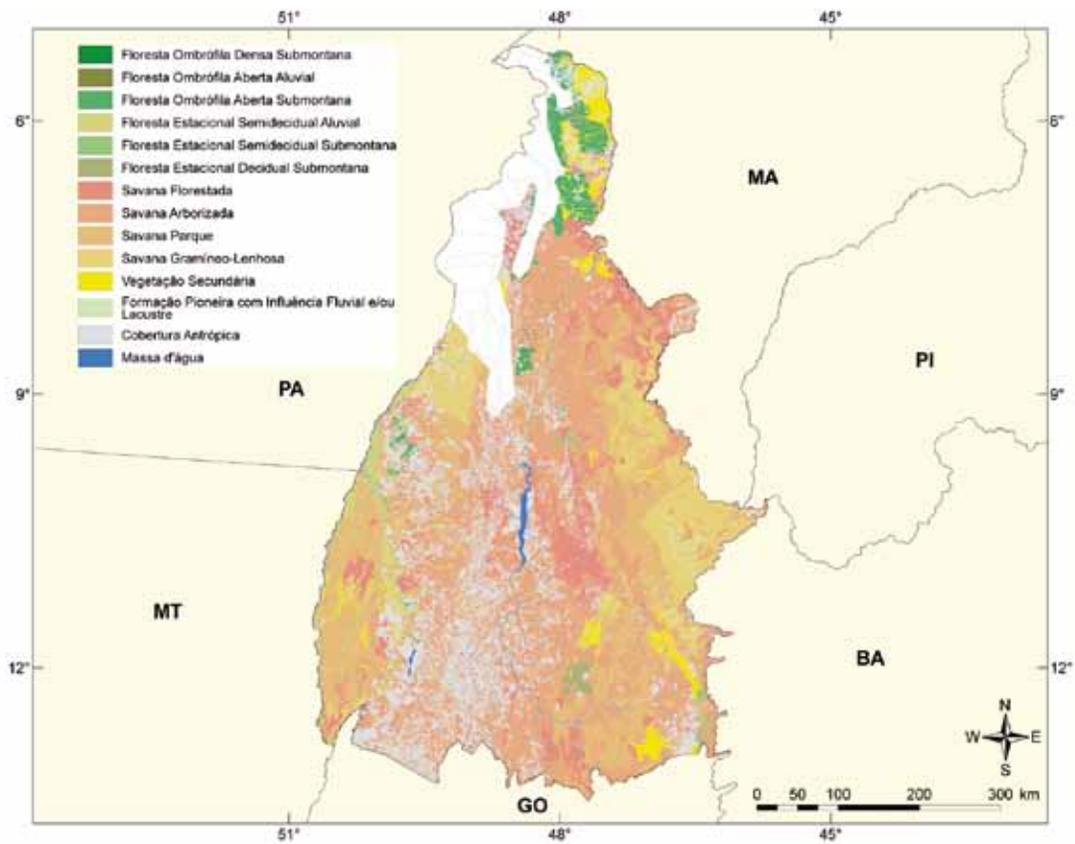


Figura 28. Mapa de cobertura vegetal natural do Cerrado tocantinense.

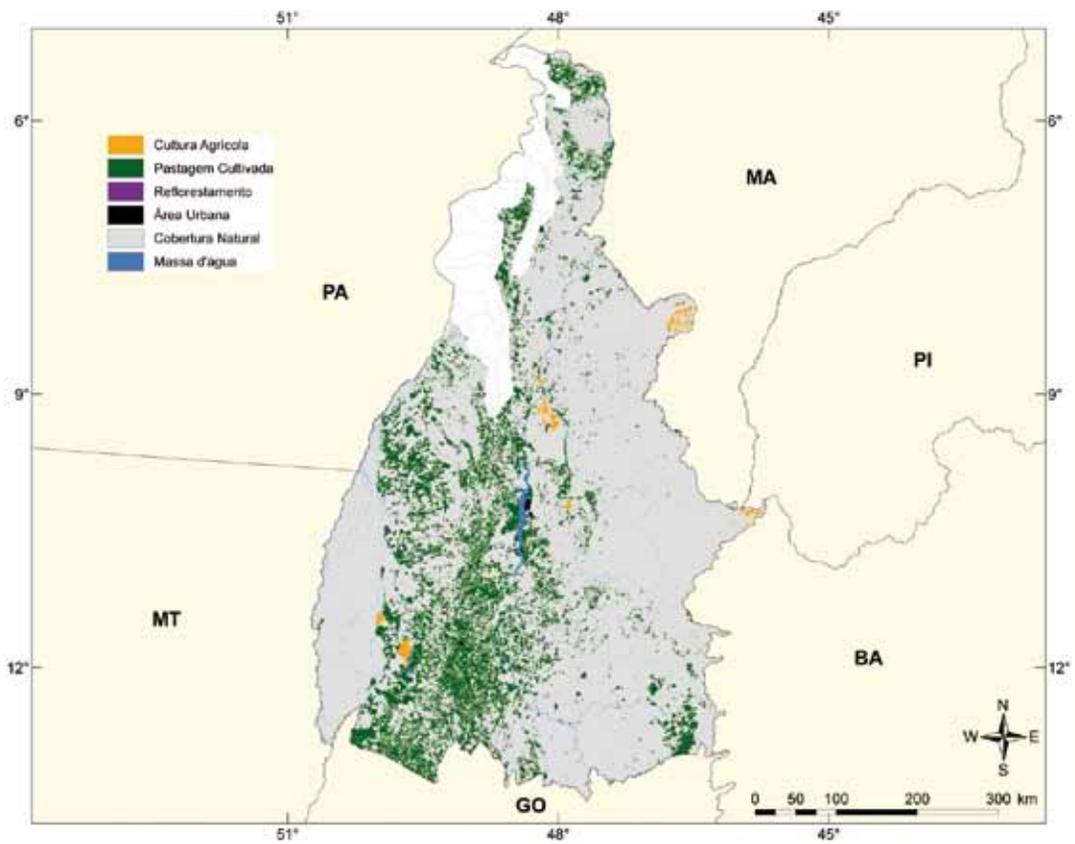


Figura 29. Mapa de cobertura antrópica do Cerrado tocantinense.

CAPÍTULO 4

BACIAS HIDROGRÁFICAS COBERTAS PELO BIOMA CERRADO

Na **Tabela 20**, são apresentados os principais cálculos de áreas obtidos tendo, como unidade de mapeamento, a bacia hidrográfica. As bacias do Atlântico Nordeste Oriental e do Atlântico Sudeste, localizados na porção nordeste do bioma Cerrado correspondem às regiões com maior porcentagem de cobertura vegetal natural (**Figura 30**): 89 e 90%, respectivamente. Essa porcentagem vai se reduzindo gradativamente em direção ao sul do bioma, passando de 69% (bacia hidrográfica do Tocantins) para 25% na bacia do Paraná.

Nas **Figuras 31, 32 e 33**, são apresentadas as situações das bacias hidrográficas em termos de formações florestais, savânicas e campestres, respectivamente. As bacias do Atlântico Nordeste Ocidental e do Atlântico Nordeste Oriental destacam-se por apresentarem as maiores porcentagens de formações florestais, enquanto a bacia do Tocantins foi a que apresentou as maiores áreas de formações savânicas (62%). Em termos de formações campestres, nenhuma bacia apresentou índices superiores a 25%.

Tabela 20. Discriminação de áreas ocupadas por diferentes classes de cobertura vegetal em diferentes bacias hidrográficas do Cerrado.

Bacia Hidrográfica	Área Total	Formações Florestais	Formações Savânicas	Formações Campestres	Pastagem Cultivada	Cultura Agrícola	Reflorestamento
Atlântico Nordeste Oriental	12.608	12.229	0	0	0	0	0
Atlântico Sudeste	164.823	39.337	12.898	39.661	71.637	0	765
Atlântico Leste	3.324.836	258.122	1.412.885	754.958	343.246	58.354	488.169
Atlântico Nordeste Ocidental	12.481.627	9.387.013	1.762.400	59.606	1.190.119	57.629	24.947
Parnaíba	15.587.341	3.990.222	9.628.843	197.330	820.281	531.373	3.603
Amazônia	15.679.538	4.613.834	6.055.661	45.176	1.747.723	3.216.557	587
Paraguai	18.025.034	2.982.228	5.998.838	290.150	6.721.159	1.961.617	73.197
São Francisco	36.513.093	5.372.339	16.816.462	2.122.813	8.796.498	2.367.198	802.921
Paraná	43.013.213	4.361.310	4.626.543	1.687.526	19.739.907	10.022.347	1.743.860
Tocantins	59.865.603	9.308.907	28.553.023	2.822.305	14.636.989	3.277.530	27.606
TOTAL	204.67.716	40.325.541	74.867.553	8.019.525	54.067.559	21.492.604	3.165.656

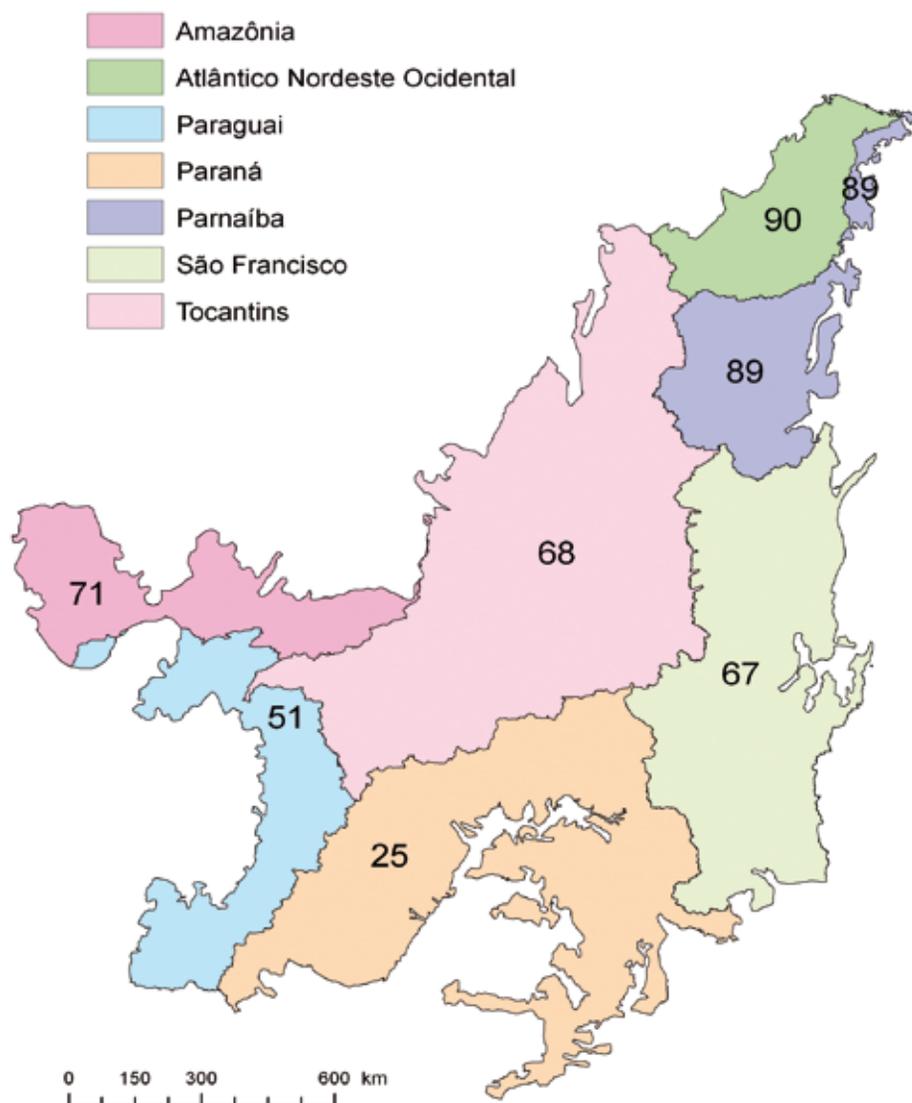


Figura 30. Porcentagens de cobertura vegetal natural encontradas nas principais bacias hidrográficas do bioma Cerrado.

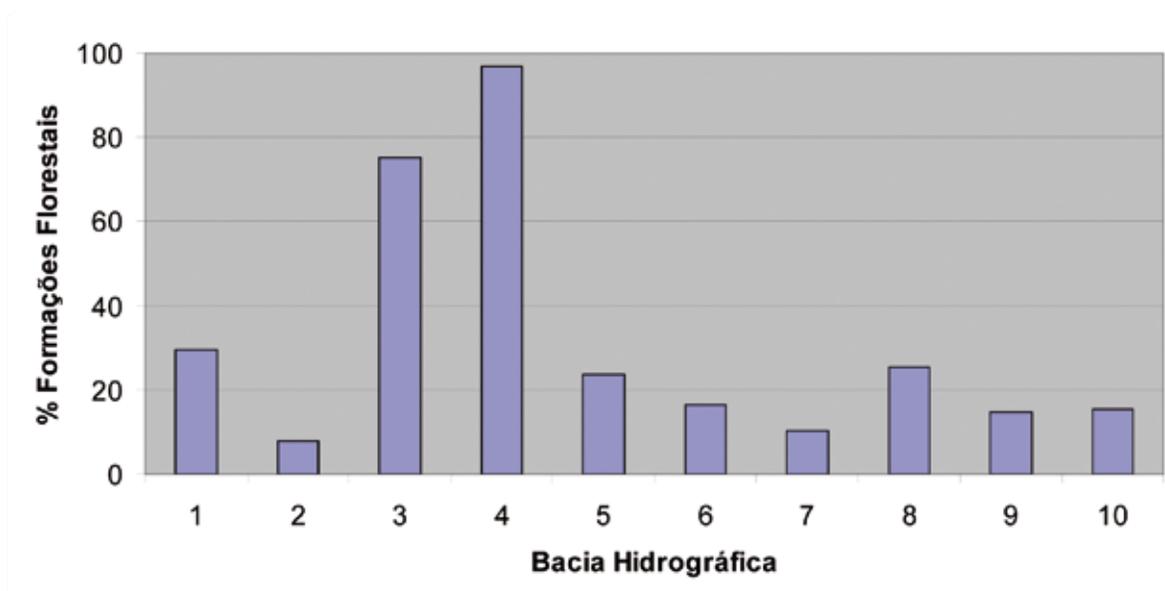


Figura 31. Porcentagens de formações florestais encontradas em cada bacia hidrográfica do bioma Cerrado. 1 = Amazônia; 2 = Atlântico Leste; 3 = Atlântico Nordeste Ocidental; 4 = Atlântico Nordeste Oriental; 5 = Atlântico Sudeste; 6 = Paraguai; 7 = Paraná; 8 = Parnaíba; 9 = São Francisco; e 10 = Tocantins.

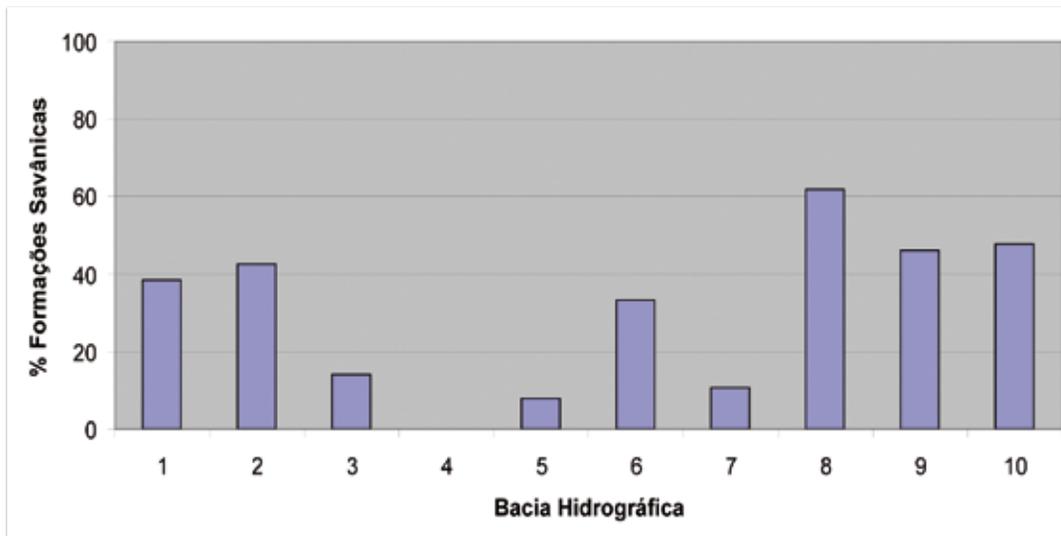


Figura 32. Porcentagens de formações savânicas encontradas em cada bacia hidrográfica do bioma Cerrado. 1 = Amazônia; 2 = Atlântico Leste; 3 = Atlântico Nordeste Ocidental; 4 = Atlântico Nordeste Oriental; 5 = Atlântico Sudeste; 6 = Paraguai; 7 = Paraná; 8 = Parnaíba; 9 = São Francisco; e 10 = Tocantins.

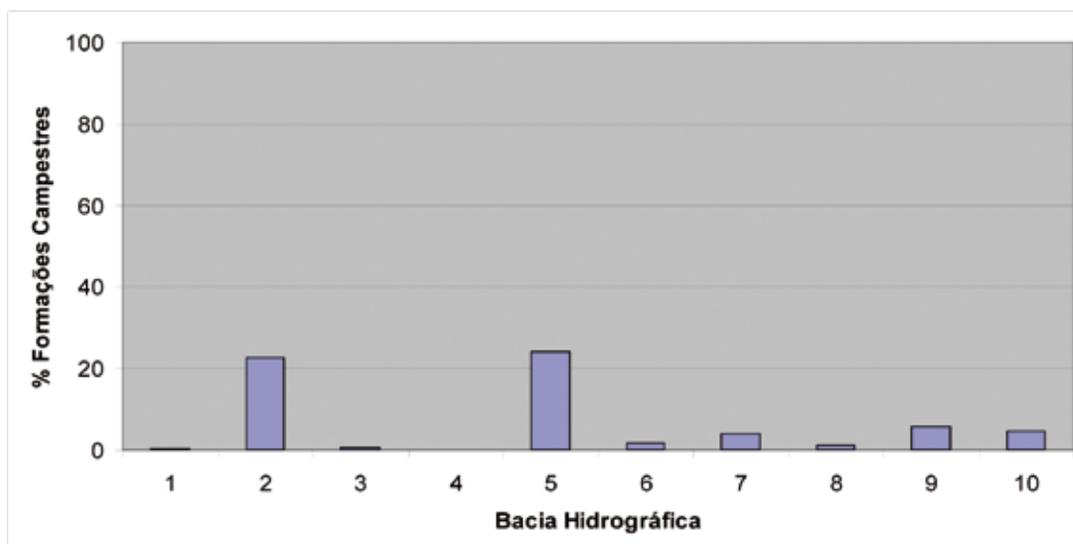


Figura 33. Porcentagens de formações campestres encontradas em cada bacia hidrográfica do bioma Cerrado. 1 = Amazônia; 2 = Atlântico Leste; 3 = Atlântico Nordeste Ocidental; 4 = Atlântico Nordeste Oriental; 5 = Atlântico Sudeste; 6 = Paraguai; 7 = Paraná; 8 = Parnaíba; 9 = São Francisco; e 10 = Tocantins.

Bacia Hidrográfica da Amazônia



Na **Tabela 21**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica da Amazônia coberta pelo bioma Cerrado. Nessa bacia, predominam as formações savânicas, a cobertura antrópica e as formações florestais, com 42%, 32% e 29%, respectivamente. As formações florestais ocorrem predominantemente na porção norte da bacia (**Figura 34**). Em termos de cobertura antrópica, há um equilíbrio entre as áreas ocupadas por pastagens cultivadas e culturas agrícolas (Sano et al. 2008) (**Figura 35**).

Tabela 21. Resumo do levantamento de cobertura vegetal natural e antrópica da porção da bacia hidrográfica da Amazônia coberta pelo bioma Cerrado, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área da bacia da Amazônia coberta pelo bioma Cerrado	8
Cobertura natural na porção da bacia da Amazônia coberta pelo Cerrado	69
Formações florestais	29
Formações savânicas	39
Formações campestres	0
Cobertura antrópica na porção da bacia da Amazônia coberta pelo Cerrado	32

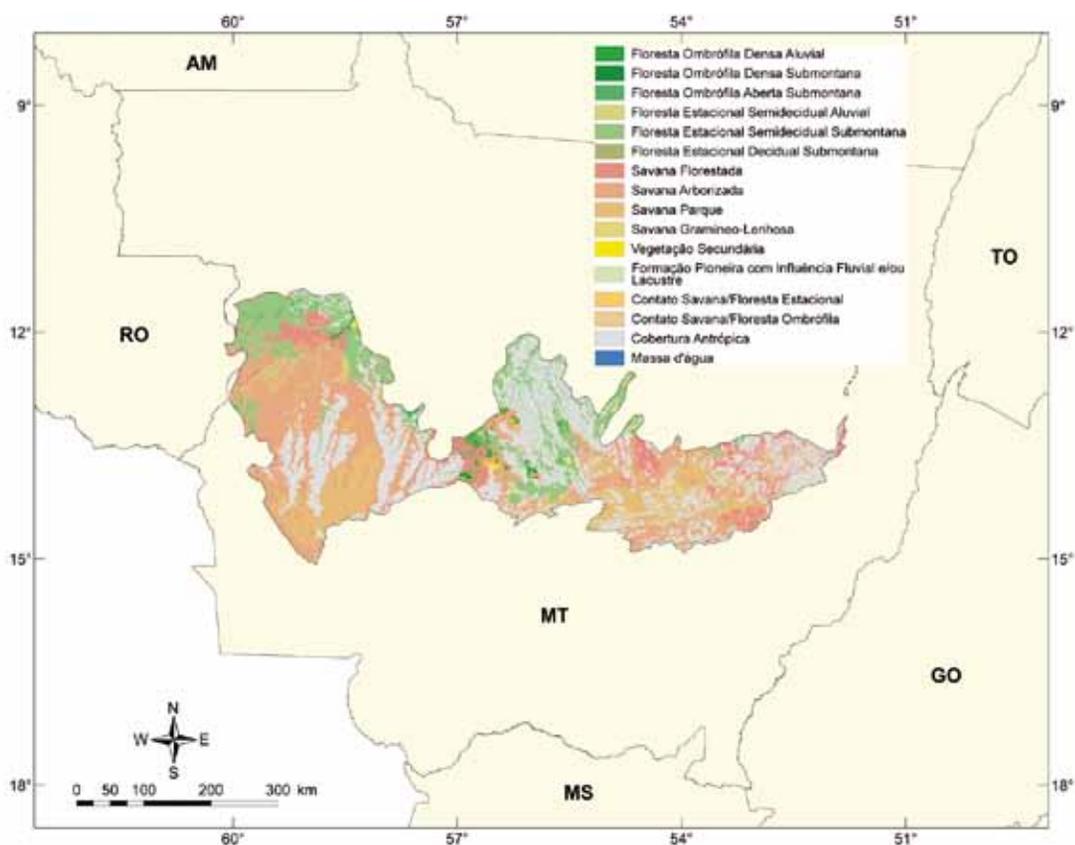


Figura 34. Mapa de cobertura vegetal natural de parte da bacia hidrográfica da Amazônia coberta pelo bioma Cerrado.

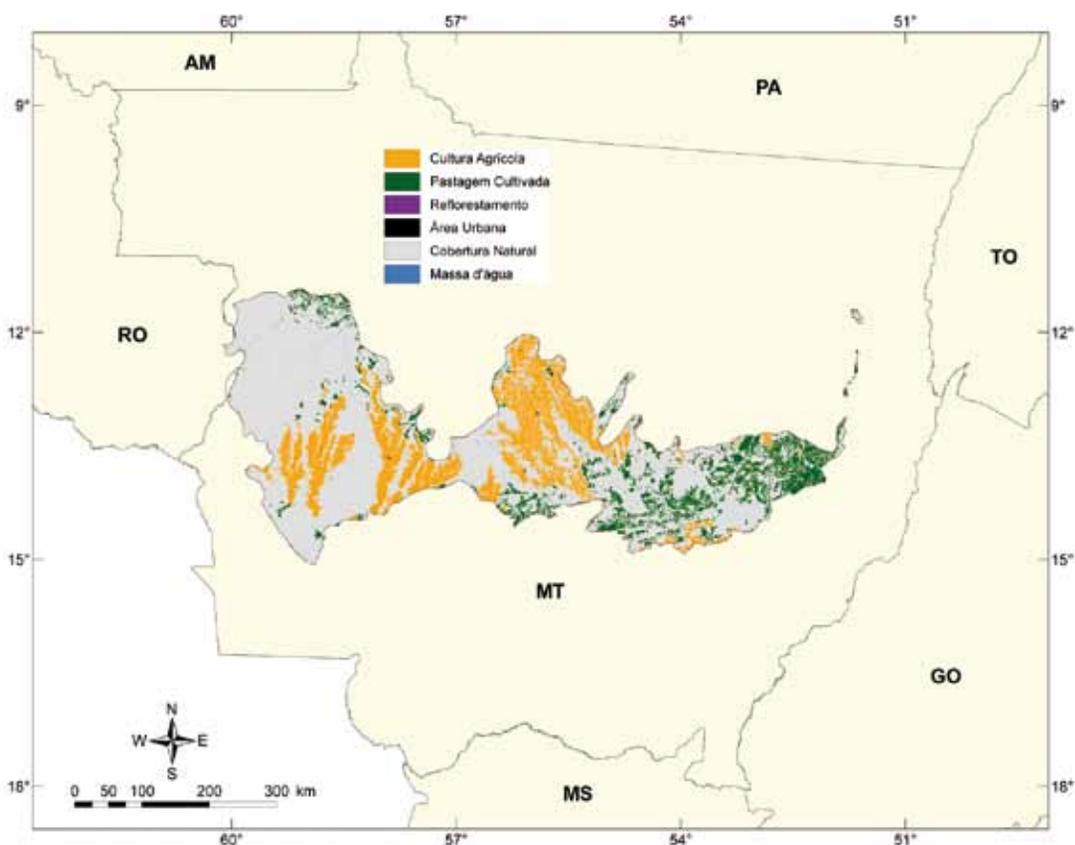
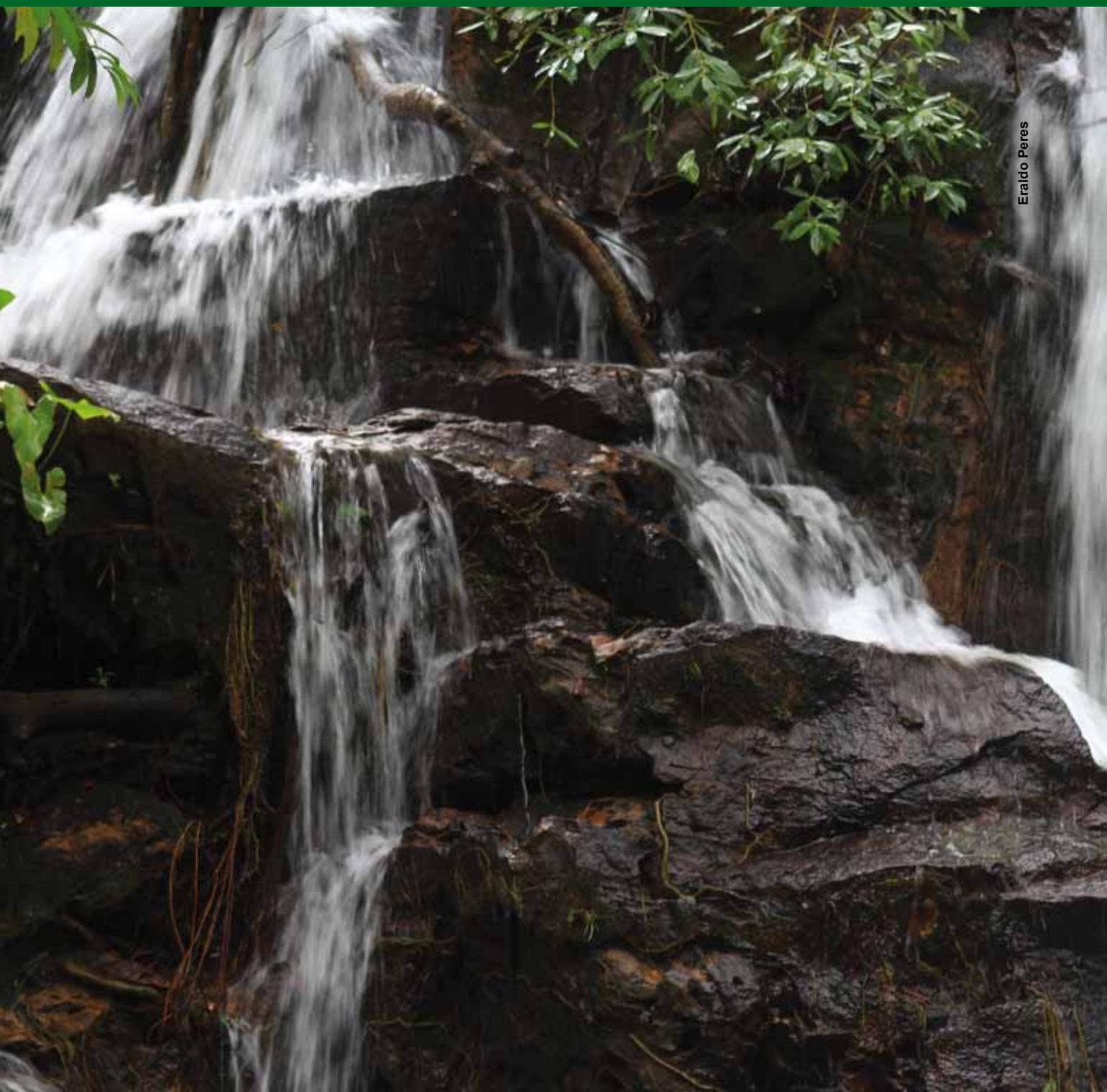


Figura 35. Mapa de cobertura antrópica de parte da bacia hidrográfica da Amazônia coberta pelo bioma Cerrado.

Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental



Eraldo Peres

Na **Tabela 22**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental coberta pelo bioma Cerrado. Dentre as formações vegetais naturais, predominam as formações florestais, com destaque para a Vegetação Secundária (**Figura 36**). A cobertura antrópica (**Figura 37**) é relativamente baixa (10% da bacia), com acentuado predomínio das pastagens cultivadas sobre os demais tipos de coberturas antrópicas.

Tabela 22. Resumo do levantamento de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental coberta pelo bioma Cerrado, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área da bacia do Atlântico Nordeste Ocidental coberta pelo bioma Cerrado	6
Cobertura natural na porção da bacia do Atlântico Nordeste Ocidental coberta pelo Cerrado	90
Formações florestais	75
Formações savânicas	14
Formações campestres	0
Cobertura antrópica na porção da bacia do Atlântico Nordeste Ocidental coberta pelo Cerrado	10

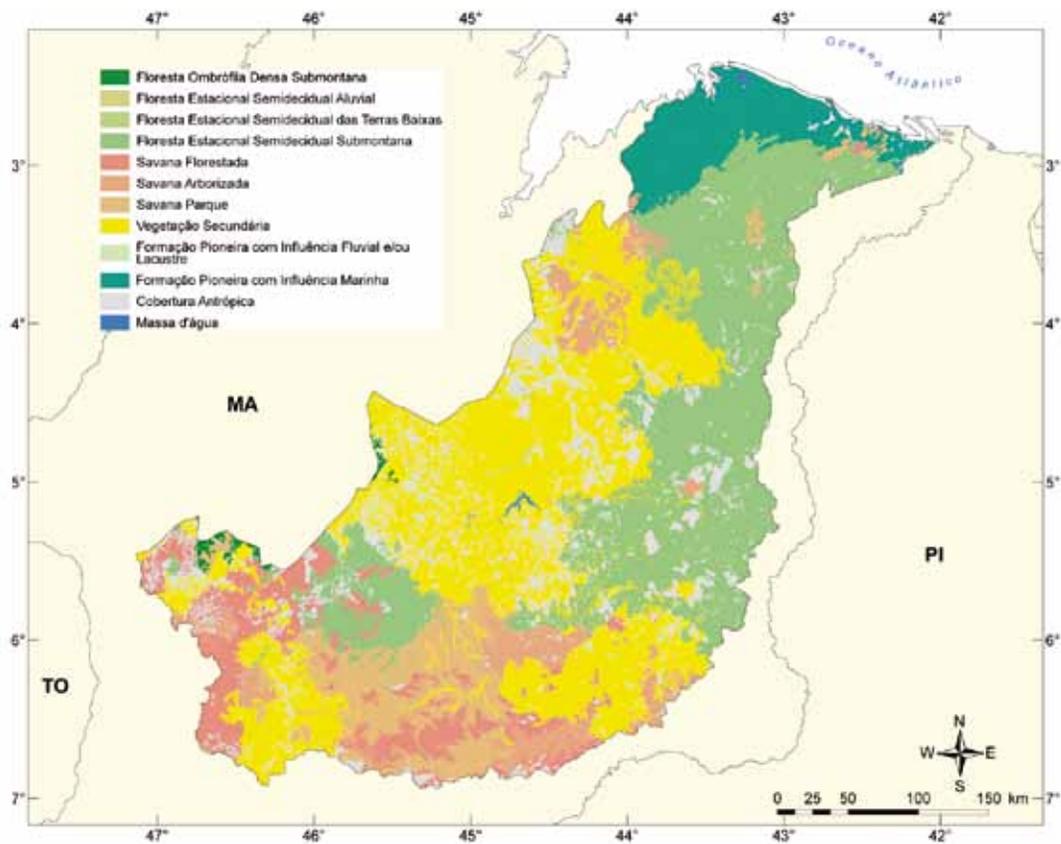


Figura 36. Mapa de cobertura vegetal natural de parte da bacia hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental coberta pelo bioma Cerrado.

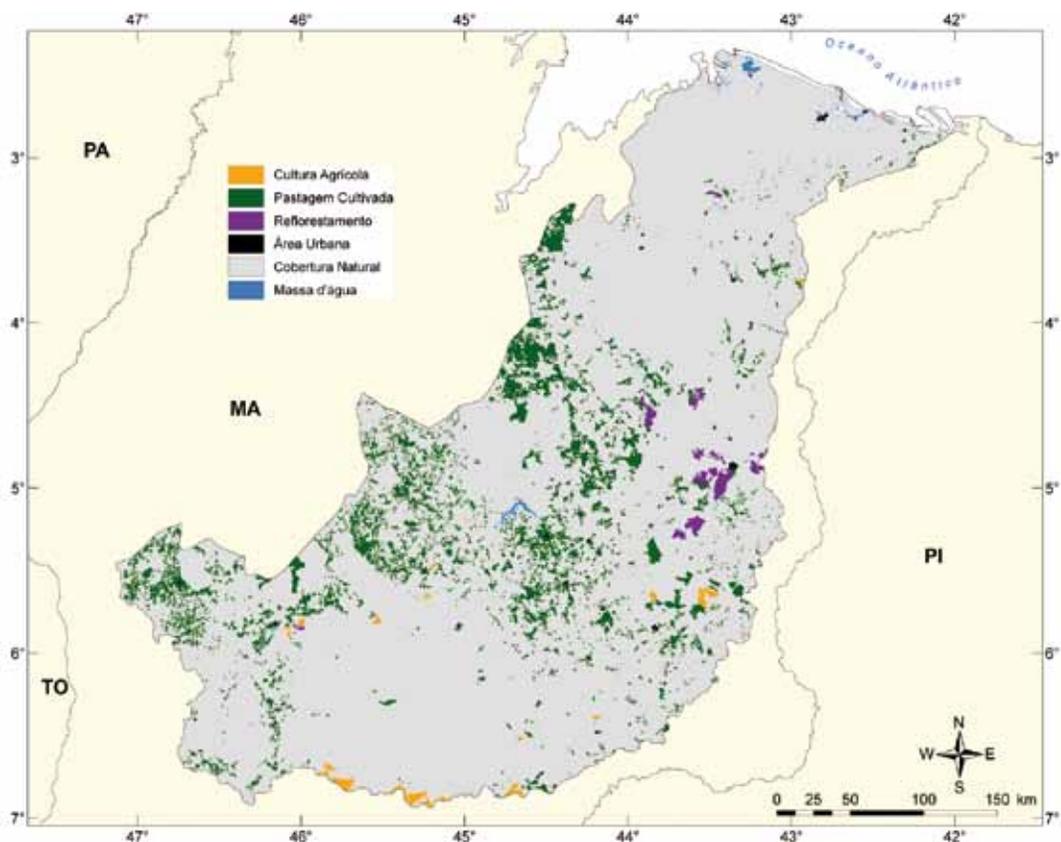
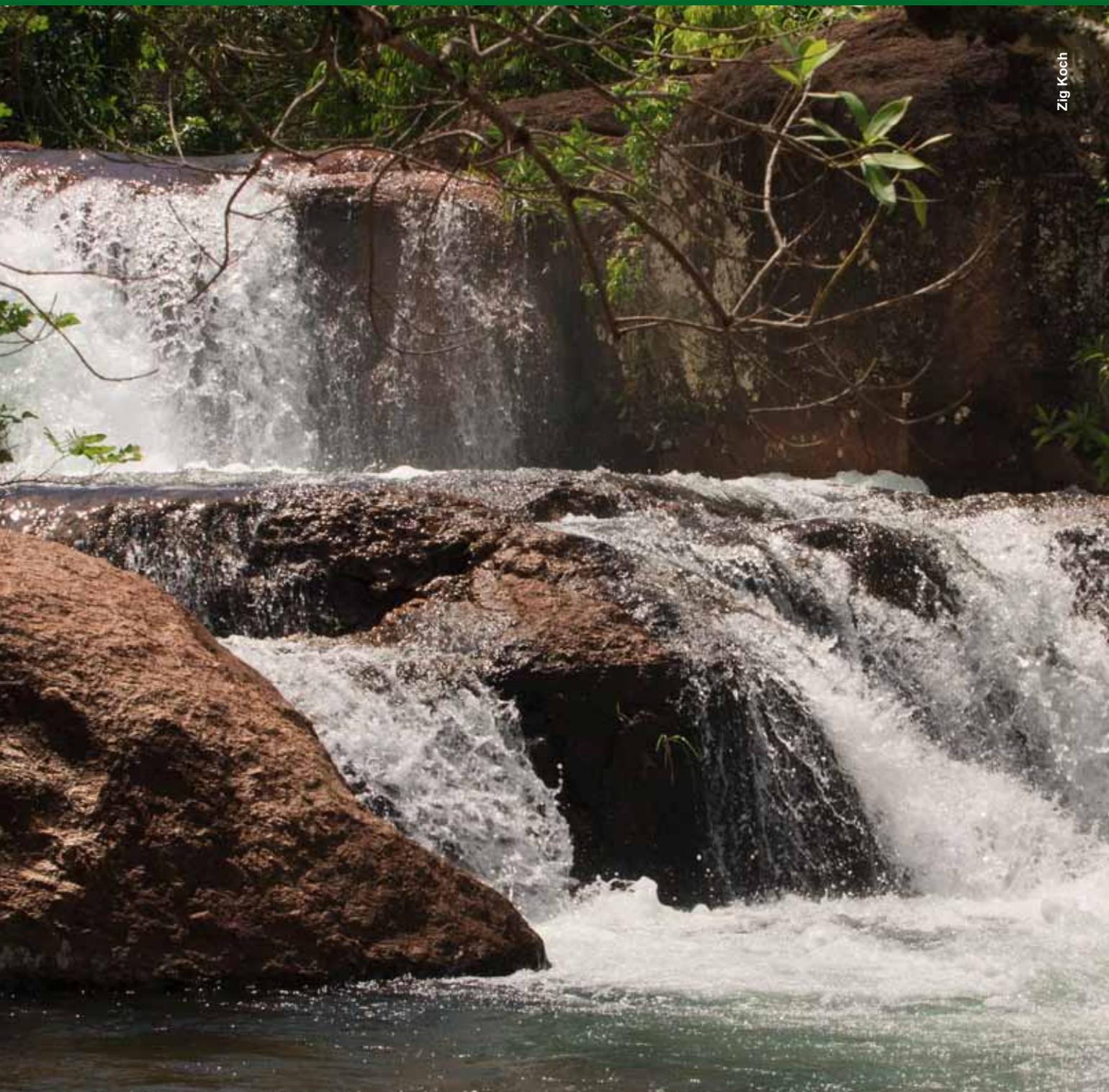


Figura 37. Mapa de cobertura antrópica de parte da bacia hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental coberta pelo bioma Cerrado.

Bacia Hidrográfica do Paraguai



Na **Tabela 23**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Paraguai coberta pelo bioma Cerrado. Dentre as formações naturais, predominam as formações savânicas (33%) (**Figura 38**), entretanto, praticamente a metade da bacia (49%) é ocupada por cobertura antrópica (**Figura 39**), principalmente por pastagens cultivadas.

Tabela 23. Resumo do levantamento de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Paraguai coberta pelo bioma Cerrado, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área da bacia do Paraguai coberta pelo bioma Cerrado	9
Cobertura natural na porção da bacia do Paraguai coberta pelo Cerrado	51
Formações florestais	17
Formações savânicas	33
Formações campestres	2
Cobertura antrópica na porção da bacia do Paraguai coberta pelo Cerrado	49

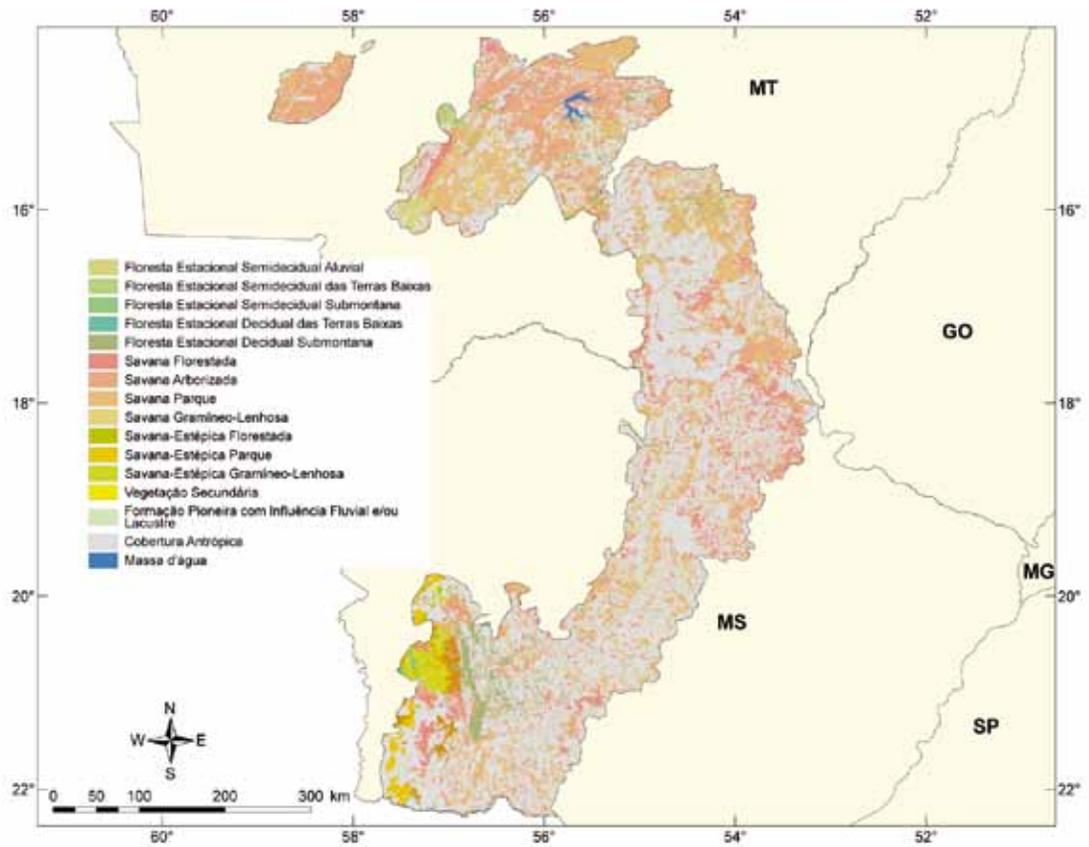


Figura 38. Mapa de cobertura vegetal natural de parte da bacia hidrográfica do Paraguai coberta pelo bioma Cerrado.

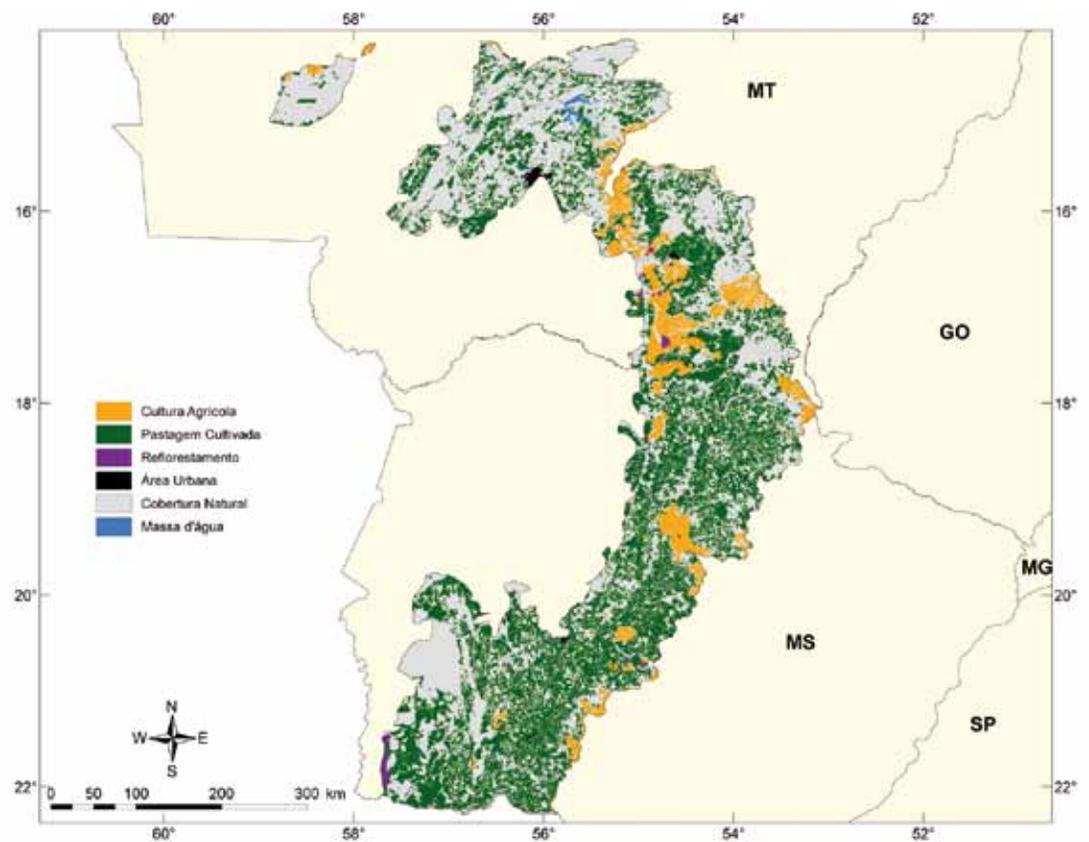
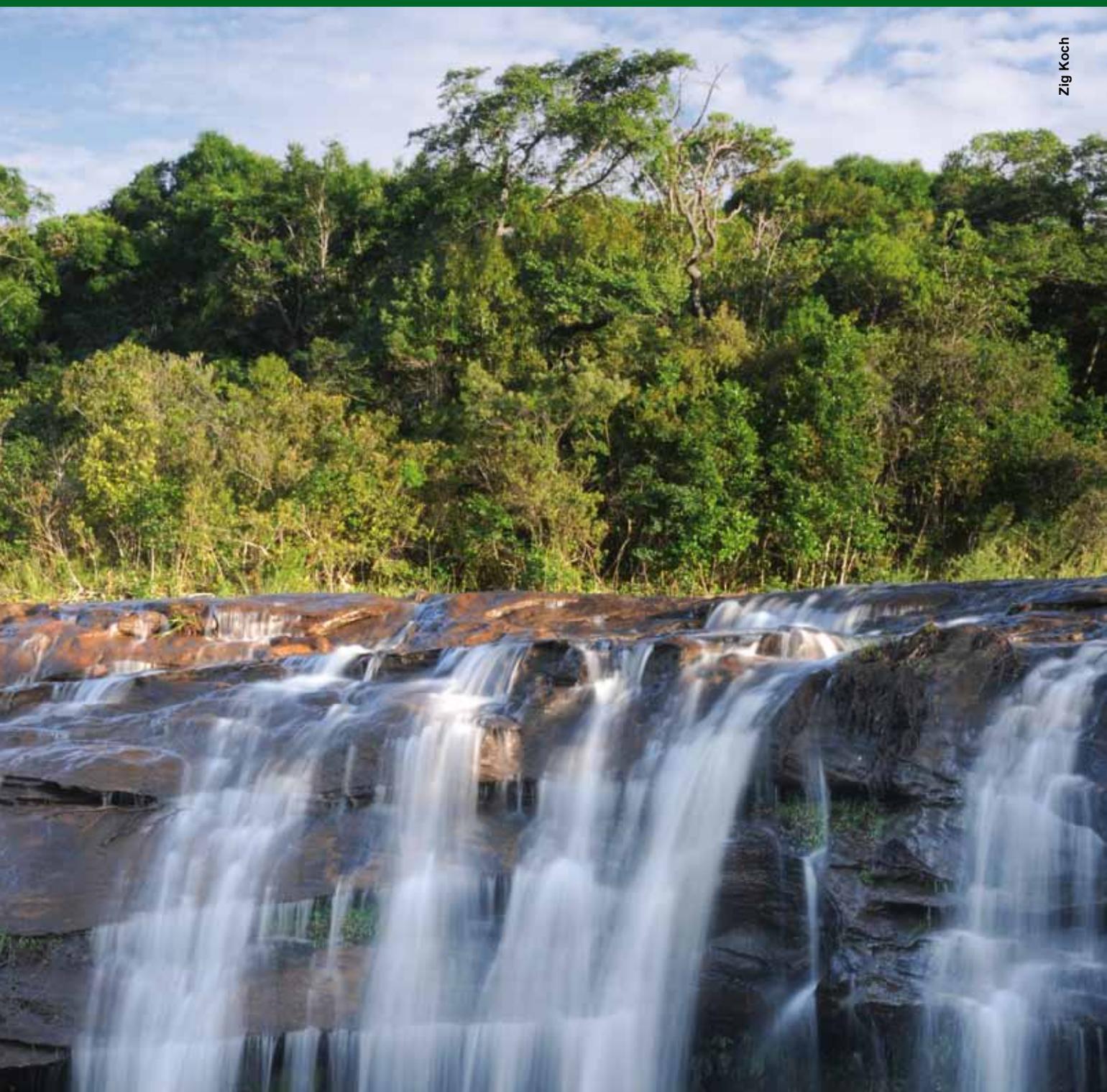


Figura 39. Mapa de cobertura antrópica de parte da bacia hidrográfica do Paraguai coberta pelo bioma Cerrado.

Bacia Hidrográfica do Paraná



Na **Tabela 24**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Paraná coberta pelo bioma Cerrado. Essa é a bacia que apresentou a menor cobertura vegetal natural (**Figura 40**), com 11% de formações savânicas e 10% de formações florestais. A cobertura antrópica (**Figura 41**) totalizou 73% da bacia.

Tabela 24. Resumo do levantamento de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Paraná coberta pelo bioma Cerrado, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área da bacia do Paraná coberta pelo bioma Cerrado	21
Cobertura natural na porção da bacia do Paraná coberta pelo Cerrado	25
Formações florestais	10
Formações savânicas	11
Formações campestres	4
Cobertura antrópica na porção da bacia do Paraná coberta pelo Cerrado	73

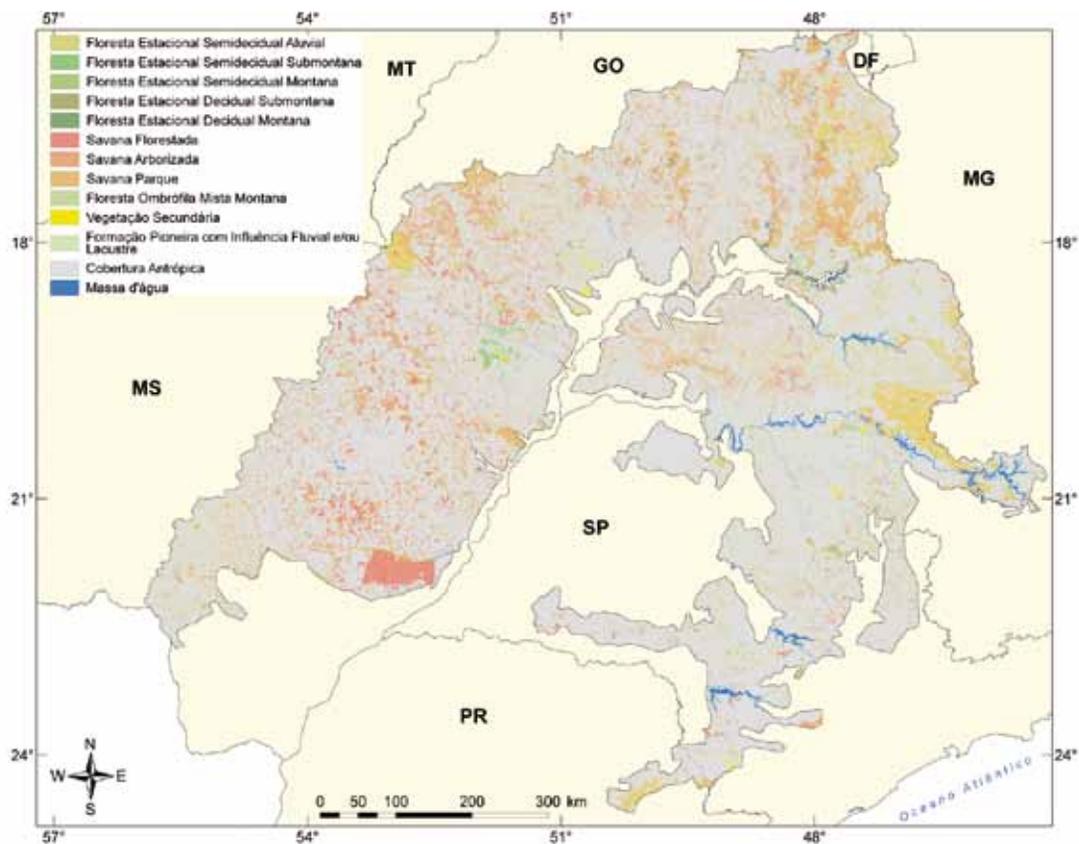


Figura 40. Mapa de cobertura vegetal natural de parte da bacia hidrográfica do Paraná coberta pelo bioma Cerrado.

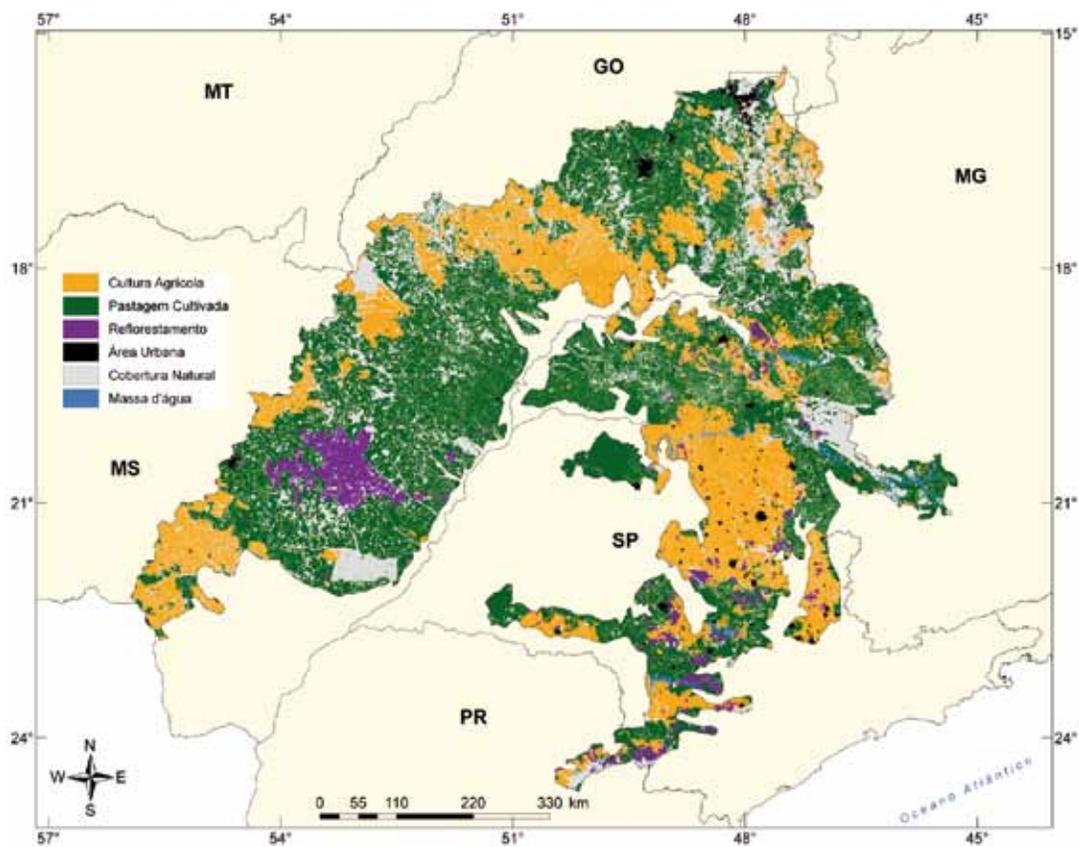


Figura 41. Mapa de cobertura antrópica de parte da bacia hidrográfica do Paraná coberta pelo bioma Cerrado.

Bacia Hidrográfica do Parnaíba



Eraldo Peres

Na **Tabela 25**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Parnaíba coberta pelo bioma Cerrado. Em termos de cobertura natural, a referida bacia destaca-se por apresentar predomínio de formações savânicas (62%) (**Figura 42**). Os 26% de formações florestais aparecem na porção norte da bacia. A bacia apresenta uma das coberturas antrópicas mais baixas do Cerrado (9%) (**Figura 43**).

Tabela 25. Resumo do levantamento de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Parnaíba coberta pelo bioma Cerrado, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área da bacia do Parnaíba coberta pelo bioma Cerrado	8
Cobertura natural na porção da bacia do Parnaíba coberta pelo Cerrado	89
Formações florestais	26
Formações savânicas	62
Formações campestres	1
Cobertura antrópica na porção da bacia do Parnaíba coberta pelo Cerrado	9

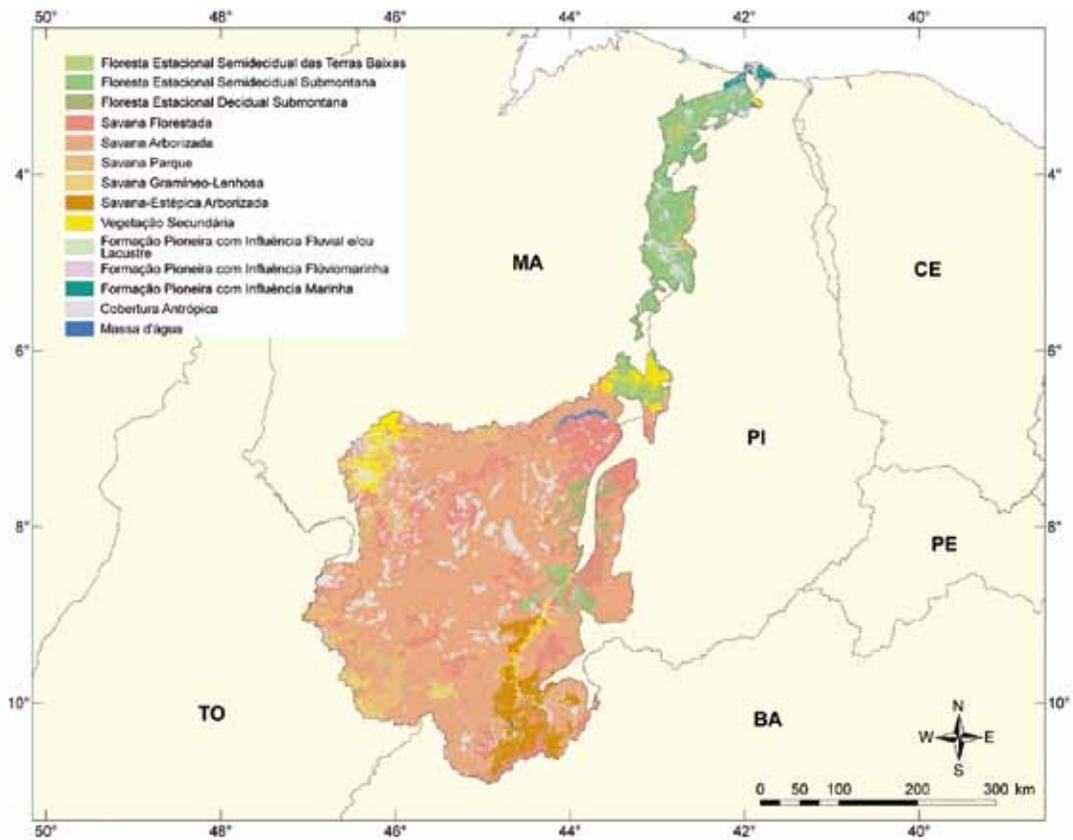


Figura 42. Mapa de cobertura vegetal natural de parte da bacia hidrográfica do Parnaíba coberta pelo bioma Cerrado.

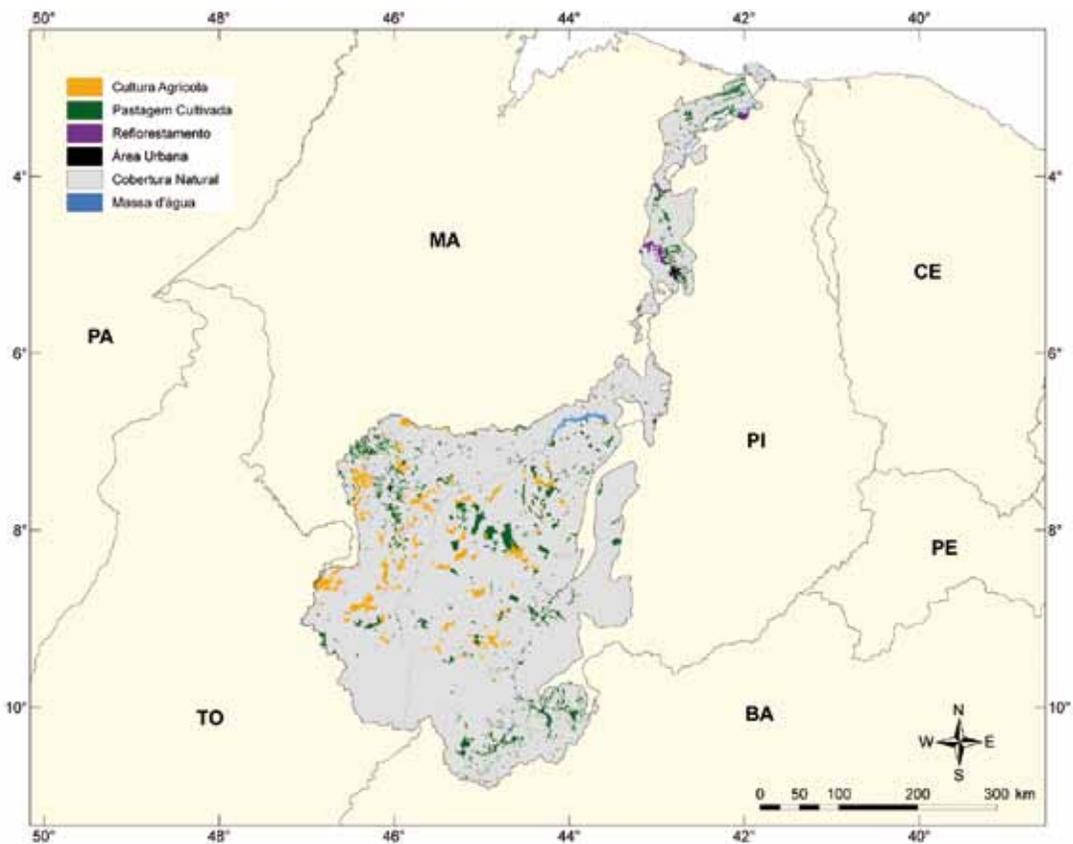


Figura 43. Mapa de cobertura antrópica de parte da bacia hidrográfica do Parnaíba coberta pelo bioma Cerrado.

Bacia Hidrográfica do São Francisco



Na **Tabela 26**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do São Francisco coberta pelo bioma Cerrado. Em termos de cobertura natural, predominam as formações savânicas que cobrem 46% da bacia (**Figura 44**). A cobertura antrópica também aparece com destaque (**Figura 45**).

Tabela 26. Resumo do levantamento de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Paraná coberta pelo bioma Cerrado, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Vegetal	Porcentagem
Área da bacia do São Francisco coberta pelo bioma Cerrado	18
Cobertura natural na porção da bacia do São Francisco coberta pelo Cerrado	67
Formações florestais	15
Formações savânicas	46
Formações campestres	6
Cobertura antrópica na porção da bacia do São Francisco coberta pelo Cerrado	33

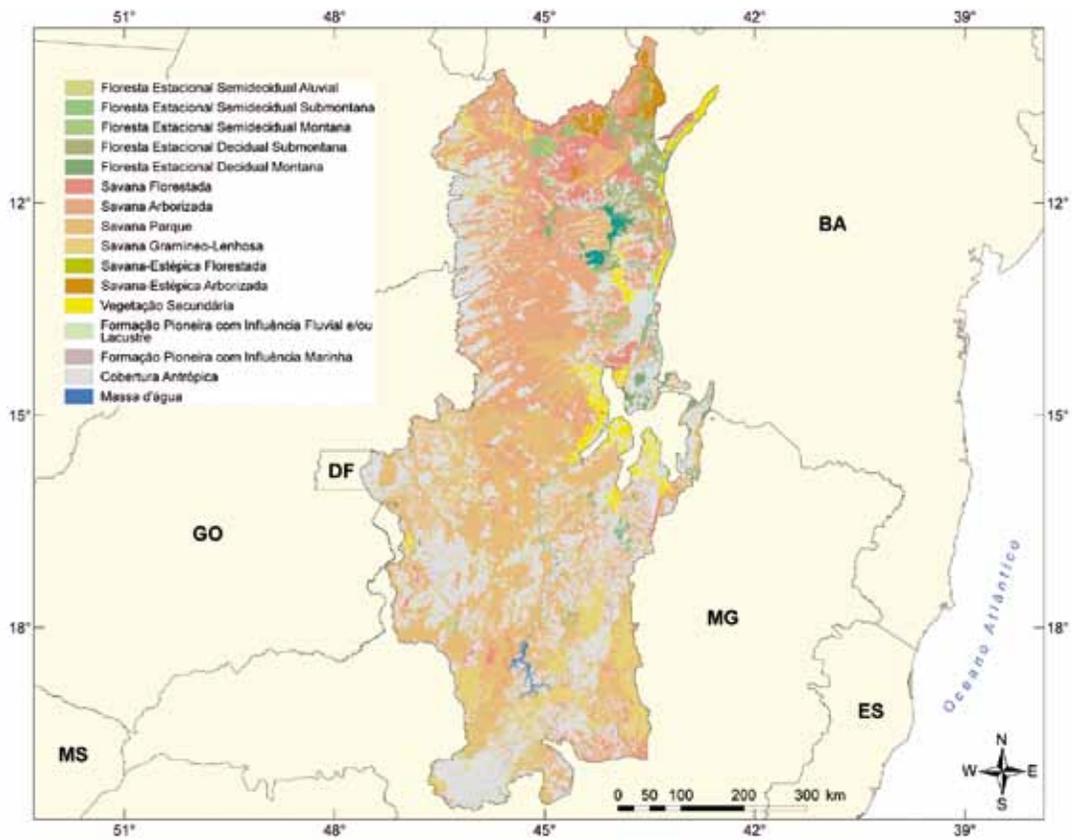


Figura 44. Mapa de cobertura vegetal natural de parte da bacia hidrográfica do São Francisco coberta pelo bioma Cerrado.

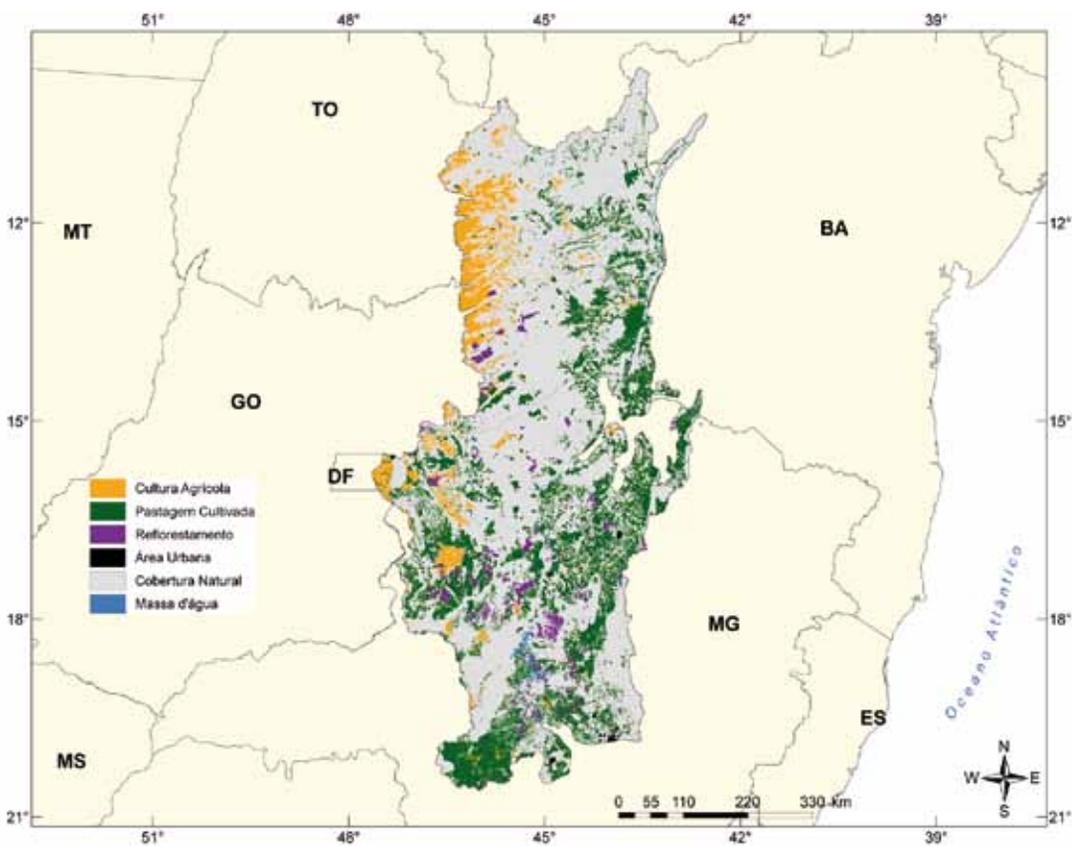


Figura 45. Mapa de cobertura antrópica de parte da bacia hidrográfica do São Francisco coberta pelo bioma Cerrado.

Bacia Hidrográfica do Tocantins



Na **Tabela 27**, são apresentadas as porcentagens de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Tocantins coberta pelo bioma Cerrado. A bacia do Tocantins, assim como a maioria das bacias que cobrem a região Centro-Oeste do Brasil, apresenta as formações savânicas como as classes de formações naturais predominantes (**Figura 46**). A cobertura antrópica corresponde a 36% da bacia (**Figura 47**).

Tabela 27. Resumo do levantamento de cobertura vegetal natural e antrópica de parte da bacia hidrográfica do Tocantins coberta pelo bioma Cerrado, obtido por meio de análise de imagens do satélite Landsat ETM+ de 2002.

Cobertura Natural	Porcentagem
Área da bacia do Tocantins coberta pelo bioma Cerrado	29
Cobertura natural na porção da bacia do Tocantins coberta pelo Cerrado	68
Formações florestais	16
Formações savânicas	48
Formações campestres	5
Cobertura antrópica na porção da bacia do Tocantins coberta pelo Cerrado	30

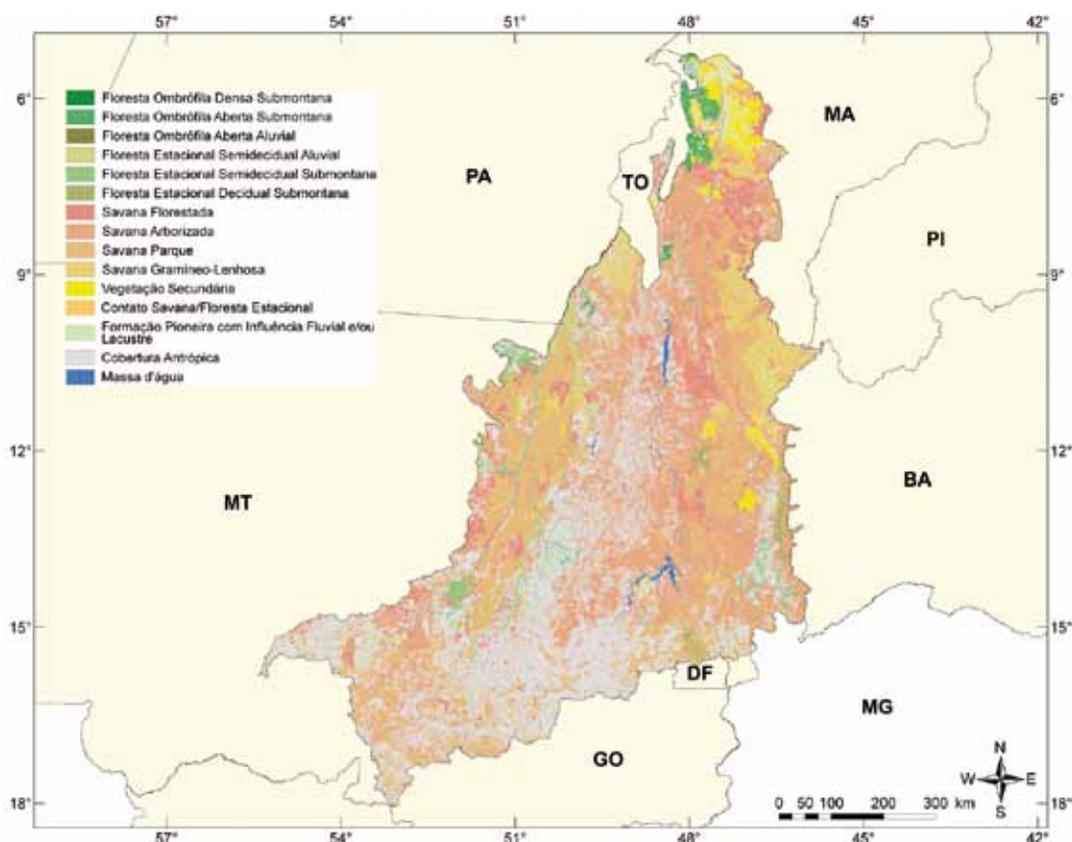


Figura 46. Mapa de cobertura vegetal natural de parte da bacia hidrográfica do Tocantins coberta pelo bioma Cerrado.

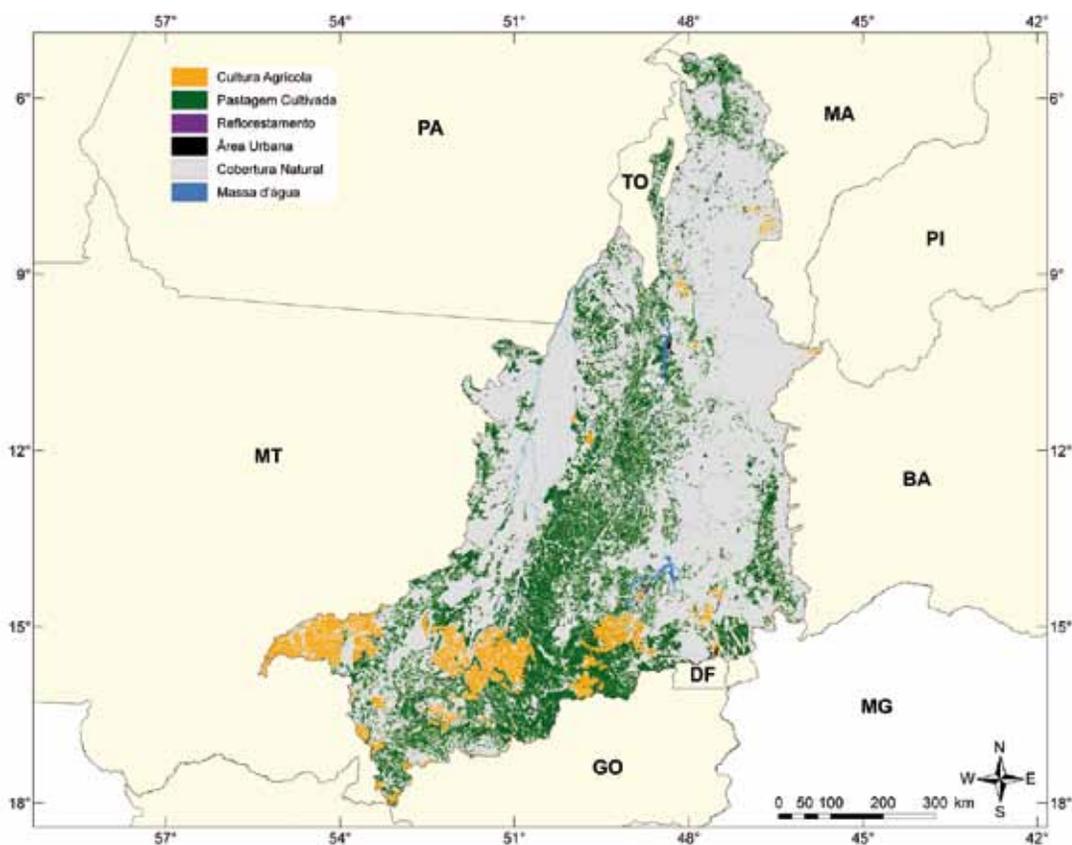


Figura 47. Mapa de cobertura antrópica de parte da bacia hidrográfica do Tocantins coberta pelo bioma Cerrado.

CAPÍTULO 5

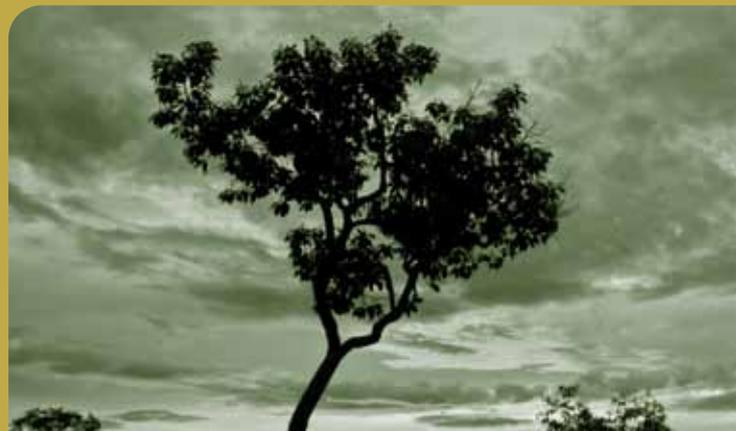
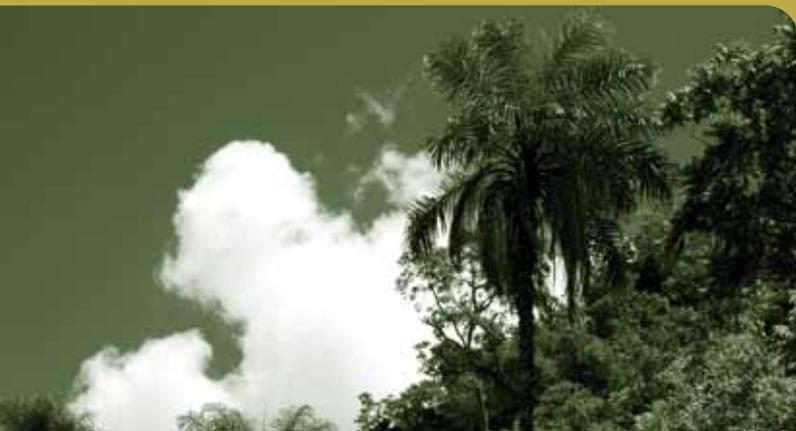
CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As imagens do satélite Landsat ETM+ permitiram a obtenção de mapas precisos de cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado.
- Os autores são gratos ao Engenheiro Luiz Alberto Dambrós do IBGE/Goiânia, pelas inúmeras sugestões, recomendações e auditoria técnica em todas as etapas desse trabalho.
- Considerando-se a elevada dinâmica de ocupação humana no Cerrado, recomenda-se atualização sistemática desse mapeamento por meio de imagens de satélites com características de imageamento similares ao do Landsat.

REFERÊNCIAS

- Carvalho, L.M.T. 2005. Mapeamento da flora nativa e das florestas de produção do estado de Minas Gerais: procedimentos metodológicos e resultados parciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, GO. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, p. 4029-4036.
- Earthal, J. G.; Fonseca, L. M.; Bins, L. S.; Velasco, F. R.; Monteiro, A. M. 1991. **Um sistema de segmentação e classificação de imagens de satélite**. São José dos Campos: INPE (INPE-5291-PRE/1696).
- Eiten, G. 1993. A Vegetação do Cerrado. In: Pinto, M.N. (ed.), **Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas**. Brasília: Universidade de Brasília, Cap. 1, 2ª ed., p. 17-73.
- Eva, H.D.; Belward, A.S.; Miranda, E.E.; Di Bella, C.M.; Gond, V.; Huber, O.; Jones, S.; Sgrenzaroli, M.; Fritz, S. 2004. A land cover map of South America. **Global Change Biology**, vol. 10, p. 731-744.
- Ferreira, M.E.; Ferreira, L.G.; Sano, E.E.; Shimabukuro, Y.E. 2007. Spectral linear mixture modelling approaches for land cover mapping of tropical savanna areas in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 28, n. 2, p. 413-429.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. **Mapa de Biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 08 ago. 2009.
- Klink, C.A.; Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, vol. 19, n. 3, p. 707-713.
- Kronka, F.J.N.; Nalon, M.A.; Matsukuma, C.K.; Ywane, M.S.S.; Lima, L.M.P.R.; Guillaumon, J.R.; Barradas, A.M.F.; Pavão, M.; Manetti, L.A.; Borgo, S.C. 2005. Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, GO. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 1569-1576.
- Machado, R.B.; Ramos Neto, M.B.; Pereira, P.G.P.; Caldas, E.F.; Gonçalves, D.A.; Santos, N.S.; Tabor, K.; Steininger, M. 2004. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília/DF, 23 p.
- Mantovani, J.E.; Pereira, A. 1998. Estimativa da integridade da cobertura vegetal de Cerrado através de dados TM/Landsat. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., Santos, SP. **Anais...** São José dos Campos, SP, INPE. [1 CD-ROM].
- Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, 406 p.

- Rosa, R. 2007. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: EDFU, 6ª ed., 248 p.
- Sano, E.E.; Barcellos, A.O.; Bezerra, H.S. 1999. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado brasileiro**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 21 p. (Boletim de Pesquisa, Embrapa Cerrados, n. 3).
- Sano, E.E.; Ferreira, L.G.; Huete, A.R. 2005. Synthetic aperture radar (L-band) and optical vegetation indices por discriminating the Brazilian savanna physiognomies: a comparative analysis. **Earth Interactions**, vol. 9, Paper no. 15, p. 1-15.
- Sano, E.E.; Dambrós, L.A.; Oliveira, G.C.; Brites, R.S. 2008. Padrões de cobertura de solos do estado de Goiás. In: Ferreira, L.G. (org.). **A Encruzilhada Sócio-Ambiental: Biodiversidade, Economia e Sustentabilidade no Cerrado**. Goiânia:UFG, Cap. 3, p. 91-106.
- Sano, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.S.; Ferreira, L.G. 2008. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 43, n. 1, p. 153-156.
- Scolforo, J.R.; Carvalho, L.M.T. 2006. **Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 288 p.
- Star, J.; Estes, J. 1990. **Geographic Information Systems. An Introduction**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc., 303 p.



Ministério do Meio Ambiente



Execução Técnica:



Universidade Federal de Uberlândia



Apoio:

