



TerraClass



Mapeamento do
Uso e Cobertura da Terra do Cerrado
Projeto TerraClass Cerrado 2013

Ministério do Meio Ambiente - MMA
Secretaria de Biodiversidade e Florestas e
Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos
Recursos Naturais Renováveis- Ibama
Centro de Sensoriamento Remoto

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Empresa Informática Agropecuária e
Empresa Monitoramento por Satélite

Universidade Federal de Goiás - UFG
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Inpe
Coordenação Geral de Observação da Terra e
Centro Regional da Amazônia

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Instituto de Geografia

Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Cerrado Projeto TerraClass Cerrado 2013



Presidência da República

Presidenta Dilma Vana Rousseff

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA

Ministra Kátia Regina de Abreu

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI

Ministro Celso Pancera

Ministério do Meio Ambiente - MMA

Ministra Izabella Mônica Vieira Teixeira

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Presidente Maurício Antônio Lopes

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe

Diretor Leonel Fernando Perondi

Universidade Federal de Goiás – UFG

Reitor Orlando Afonso Valle do Amaral

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Reitor Elmiro Santos Resende

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama

Presidente Marilene de Oliveira Ramos Murias dos Santos

Coordenação Geral:

Ministério do Meio Ambiente - MMA
Secretaria de Biodiversidade e Florestas
Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental

Instituições Executoras:

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Embrapa Informática Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos
Recursos Naturais Renováveis - Ibama
Centro de Sensoriamento Remoto

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Inpe
Coordenação Geral de Observação da Terra
Centro Regional da Amazônia

Universidade Federal de Goiás - UFG
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Instituto de Geografia

Equipe de coordenação geral:

Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza (MMA)
Francisco José Barbosa de Oliveira Filho (MMA)

Equipe de coordenação técnica:

Alexandre Camargo Coutinho (Embrapa)
Dalton de Morrison Valeriano (Inpe)
Daniel de Castro Victoria (Embrapa)
Edson Eyji Sano (Ibama)
Edson Luis Bolfe (Embrapa)
Elaine Barbosa da Silva (UFG)
Igor da Silva Narvaes (Inpe)
Júlio César Dalla Mora Esquerdo (Embrapa)
Luis Eduardo Pinheiro Maurano (Inpe)
Marcos Adami (Inpe)

Equipe de supervisão técnica-administrativa:

Adriana Panhol Bayma (MMA)
Daniela América Suarez (MMA)
Gustavo Henrique de Oliveira (MMA)
Juliana Carvalho Frota Mattos (MMA)
Jussara Starling de Medeiros (Inpe)

Equipe de consultores:

Adriana Gomes Affonso (Inpe)
Adriano Silva de Faria (UFG)
Ana Clara Gonçalves Dourado (Ibama)
André Lima (Embrapa)
Anna Cláudia dos Santos (UFG)
Clayton Borges da Silva (Ibama)
Diogo Correa Santos (Inpe)
Fernando Moreira de Araújo (UFG)
Flavia Mendes (Embrapa)
Gleyce Kelly Dantas Araujo Figueiredo (Embrapa)
Isaque Daniel Rocha Eberhardt (Ibama)
Joana Carolina Silva Rocha (Ibama)
Kleber Trabaquini (Embrapa)
Marcelo Francisco Sestini (Inpe)
Mireille Paula Machado (Ibama)
Rodrigo Rafael Souza de Oliveira (Inpe)
Sandra Benfica dos Santos (Inpe)
Talita Nogueira Terra Parizzi (Embrapa)
Victor Danilo Manabe (Embrapa)

Equipe de auditores:

Adriana Gomes Affonso (Inpe)
Camila Aparecida Lima Lopes (Ibama)

Avaliação da exatidão:

Roberto Rosa (UFU)

Equipe de colaboradores:

Emiliano Ferreira Castejon (Inpe)
Gustavo Bayma-Silva (Embrapa)
Márcia Nazaré Rodrigues Barros (Inpe)
Maurício Trancho (Inpe)

Fotografias:

Alexandre Camargo Coutinho (Embrapa)
Elaine Barbosa da Silva (UFG)

Catalogação da fonte

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

B823m Brasil. Ministério do Meio Ambiente
 Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado
2013 / mma / sbf. Brasília: MMA, 2015.
67 p. : il. color + mapa

ISBN 978-85-7738-255-2

1. Cerrado – Brasil. 2. Ecossistema. 3. Monitoramento. 5. Políticas públicas. I. Ministério do Meio Ambiente. II Secretaria de Biodiversidade e Florestas. III. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. IV. Título.

CDU(2.ed.) 574:213.54



foto: Alexandre Camargo Coutinho

Prefácio

Para o Brasil, o Cerrado é estratégico. Além de sua importância nas discussões das questões climáticas e hídricas, por conta de seus serviços ecossistêmicos, o Cerrado é uma área de relevância para a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável do País.

O Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando uma flora com mais de 12.000 espécies, das quais quase 40% são endêmicas (INSTITUTO..., 2015). Devido à grande diversidade de *habitats*, a biodiversidade do Cerrado apresenta números notáveis. Cerca de 250 espécies de mamíferos são conhecidas e a rica avifauna compreende mais de 800 espécies (BRASIL, 2015). O número de peixes endêmicos não é conhecido, porém para anfíbios e répteis são bastante expressivos: 28% e 17% respectivamente, além de 3,4% das aves e 9,5% dos mamíferos serem considerados endêmicos do Cerrado (KLINK; MACHADO, 2005).

Em pouco mais de 20 anos, graças à expansão da fronteira agrícola nessa região, o Brasil tornou-se um dos maiores

produtores e exportadores agropecuários do mundo. O desenvolvimento de tecnologias, as características edafoclimáticas, a posição no centro do País, as políticas públicas implementadas e a ampliação da malha viária constituem-se em fatores determinantes da ocupação desse território.

Planejar o uso desse território ampliando a produção agropecuária, por meio do aumento de produtividade e da integração de sistemas sustentáveis, como o iLPF (integração lavoura-pecuária-floresta), reduzindo a pressão pela conversão de novas áreas naturais e conservando a biodiversidade, são desafios críticos para o desenvolvimento nacional. Encontrar respostas para esses desafios necessariamente passa por conservar melhor os recursos naturais-chave para a agropecuária como: solo, água e clima, assegurando melhor acesso aos mercados, diversificando produtos e ampliando a renda de nossos produtores.

O mapeamento, a caracterização e a análise da dinâmica do uso e da cobertura da terra no Cerrado,

através de um monitoramento sistemático e periódico utilizando sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, são fatores cruciais para lidar com o desafio de ordenar a ocupação de um território de mais 2 milhões de km², equivalentes a 23,92% do território nacional (IBGE, 2004). Estabelecer uma base de dados geográficos, resultante deste monitoramento, possibilitará a compreensão de séries históricas das grandes categorias de uso da terra, inclusive da vegetação natural remanescente, permitindo explorar as dinâmicas de ocupação e as influências socioeconômicas regionais, nacionais e mundiais.

Desse modo, seguindo a trilha dos bons resultados do mapeamento do uso das terras para Amazônia, TerraClass Amazônia, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), com apoio do Banco Mundial e do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO), e recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), por meio do Projeto Políticas para o Cerrado e Monitoramento do Bioma, Iniciativa Cerrado Sustentável, capitaneou o mapeamento do uso da terra e

da cobertura vegetal natural do Cerrado, gerando o TerraClass Cerrado. A Iniciativa Cerrado Sustentável foi um dos principais projetos executados pelo Ministério do Meio Ambiente para a implementação de parte dos objetivos e das diretrizes preconizados pelo Programa Cerrado Sustentável, criado pelo Decreto nº 5.577/2005. Coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). Seu objetivo foi promover o aumento da conservação da biodiversidade e melhorar o manejo dos recursos ambientais e naturais do Cerrado, por meio do apoio a políticas e práticas apropriadas.

A constituição de uma base de dados sobre o uso da terra e os remanescentes da vegetação nativa na Amazônia e no Cerrado, cobrindo aproximadamente 73% do território nacional, ampliará a compreensão das dinâmicas ecológicas, econômicas e produtivas, permitindo explorar melhor as relações entre a pecuária e a agricultura nas principais fronteiras agropecuárias do Brasil.

Esse primeiro mapeamento do uso e da cobertura da terra no Cerrado apresentou considerável dificuldade, pois trata-se de uma área extensa, caracterizada em um mosaico de alta heterogeneidade de formações nativas florestais e não florestais (campestres e arbustivas), com elevada dinâmica dos sistemas de produção e cultivos adotados. Em outra dimensão, também foi complexa a coordenação das diferentes instituições e especialistas, e a integração entre os diversos métodos e técnicas adotados e os mapeamentos existentes.

Tamanho esforço foi possível pela junção de competências técnico-gerenciais e a sinergia institucional da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da Universidade Federal de Goiás (UFG), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) que, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), apresentam nesse trabalho o

mapeamento do uso antrópico e da cobertura vegetal natural do Cerrado, ano-base 2013.

O mapeamento do uso e cobertura da terra oriundo do modelo TerraClass, aliado à base de dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), será também um divisor de águas em termos da implementação de uma gestão da biodiversidade e dos recursos naturais na escala da paisagem. Estabelecido pela Lei da Proteção da Vegetação Nativa – Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, o SICAR já conta com cadastro de mais de 2,3 milhões de km² em agosto de 2015, correspondendo a mais de 59% da extensão estimada de propriedades rurais cadastráveis.

As funcionalidades desse sistema associadas aos Programas de Regularização Ambiental (PRAs) e às Cotas de Reserva Ambiental (CRAs), instrumentos previstos na Lei, além de outras propostas em discussão como o Plano Nacional de Recuperação de Vegetação Nativa (PLANAVEG), têm o potencial de apoiar de

forma estruturante, políticas públicas relacionadas à definição de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e do uso sustentável, recuperação de áreas degradadas, gestão de espécies ameaçadas, conservação de solos, segurança hídrica, zoneamento ecológico-econômico, entre outras.

Por disponibilizar subsídios importantes para nortear o crescimento econômico sustentável aliados à diminuição do desmatamento

e, por consequência, das emissões de gases de efeito estufa, o projeto TerraClass necessita ser estendido para todo o território nacional. As lições aprendidas e experiências acumuladas nesse mapeamento da cobertura e do uso da terra, em uma área com tanta complexidade ajudarão, e muito, a planejar e executar as mesmas etapas para Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal.

Portanto, o desafio é monitorar e orientar o uso da terra,

convergingo e maximizando potenciais produtivos com inclusão social e eficiência na conservação dos ecossistemas. Isso deve ser realizado por meio do desenvolvimento, da inovação, da recuperação e da expansão agropecuária e silvicultural, aliados à recuperação da vegetação nativa e à restauração ecológica, de forma a se promover um melhor equilíbrio entre crescimento econômico sustentável e conservação da biodiversidade e dos recursos naturais, em benefício de toda sociedade.

Sumário

foto: Alexandre Camargo Coutinho

01

A ocupação do Cerrado

Página
10

02

Políticas públicas e ações relacionadas ao monitoramento da cobertura e do uso da terra no Cerrado

Página
13

03

Objetivos do TerraClass Cerrado

Página
17

04

Conceitos e definições adotadas

Página
19

05

Abrangência da área de estudo

Página
21

06

Como foi executado o TerraClass

Página
23



foto: Alexandre Camargo Coutinho

07

Classes
temáticas do
mapeamento

Página
25

08

Como foi
executado o
mapeamento

Página
29

09

Resultados do
mapeamento do
uso e da
cobertura da
terra no
Cerrado

Página
38

10

Avaliação e
confiabilidade
do mapa
gerado

Página
55

11

Próximos
passos

Página
60

12

Referências

Página
62



foto: Alexandre Camargo Coutinho

01

A ocupação do Cerrado

A ocupação do Cerrado

Embora o Cerrado seja ocupado por populações humanas há aproximadamente 12.000 anos (BARBOSA; SCHMITZ, 2008), a inserção de atividades econômicas, com práticas intensiva e extensiva, neste ambiente é um fenômeno recente. Apesar de a colonização do interior do País ter sido iniciada há quase três séculos, o advento da modernização da agropecuária, a partir da década de 1970, marcou o início do rápido e sistemático processo de conversão da vegetação natural do Cerrado para áreas de produção de *commodities* agropecuárias.

O ritmo intenso dos desmatamentos do Cerrado tem ocasionado diversos impactos ambientais, como a redução e fragmentação dos ecossistemas (MACHADO, 2004; CARVALHO et al., 2009) e a perturbação hidrológica de importantes bacias hidrográficas do País (LIMA et al., 2008). Em função do ritmo e do lapso temporal relativamente curto, o Cerrado foi classificado como um dos *hotspots* da biodiversidade mundial, isto é, uma área do planeta com elevado endemismo e sob forte ameaça de perdas ambientais irreparáveis (MYERS et al., 2000).

As transições do uso sob a cobertura da terra no Cerrado foram impulsionadas pelas

políticas e estratégias de ocupação do território nacional, criadas, sobretudo, a partir da década de 1970, quando o governo militar criou o II Plano Nacional de Desenvolvimento-PND (BRASIL, 1975). Com este plano, o Estado pretendia obter o controle técnico e político da ocupação do território brasileiro, induzindo diferentes setores da economia de acordo com a “vocação natural” de cada região do País, na intenc o de implantar o que Becker (2001) chamou de controle técnico e político de malha programada, particularmente visível na Amazônia e no Cerrado. Neste contexto, o II PND identificou na região Centro-Oeste, onde está boa parte do Cerrado, e na região Norte, a “vocação” para o desenvolvimento da atividade agropecuária, visando atender demandas dos mercados interno e externo.

Na Amazônia brasileira, essas ações estatais tiveram como resultado o desenvolvimento da agropecuária nas regiões denominadas Amazônia Meridional e Amazônia Oriental que, *grosso modo*, compõem o que se convencionou chamar de Arco o Desmatamento da Amazônia, envolvendo porções do Cerrado incrustadas na Amazônia Legal (RIVERO et al., 2009; ARIMA et al., 2005). No restante

da Amazônia a expansão da agropecuária se viu dificultada pelas condições naturais, sociais e políticas, sobretudo pela pressão para sua conservação. Ao Cerrado, por outro lado, coube o estigma de área desocupada, dotada de fauna e flora menos importante e, por isso, apropriada para ser considerada como “zona de sacrifício”, discurso hoje já combatido em vista da valorização do Cerrado e de estudos científicos demonstrando a interdependência dessas duas regiões biogeográficas (MALHADO et al., 2010).

No âmbito do II PND foi criado o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro), executado entre 1974 e 1979, tendo como foco principal o desenvolvimento agropecuário no Cerrado, baseado na oferta de crédito e na implantação de infraestrutura, por parte do Estado. A partir do final da década de 1970 a iniciativa privada vinculou-se aos governos do Brasil e do Japão na criação do Programa de Cooperação Nipo-brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (Prodecer), implantado em três fases, sendo a primeira em 1979, a segunda em 1985 e a terceira em 1995, ainda em execução. Dentre os seus principais objetivos está a implantação e desenvolvimento de col nias

de assentamento em diversas áreas do Cerrado, visando à produção de *commodities* para exportação, com preferência pela soja (INOCÊNCIO, 2010; PIRES, 2000).

Do ponto de vista econômico, o Cerrado assumiu papel fundamental na produção agropecuária brasileira, tendo em vista o Brasil ser reconhecido, internacionalmente, como um dos principais países produtores de grãos, fibras, biocombustíveis e carne bovina (MUELLER;

MARTAJÚNIOR, 2008; BRASIL, 2007; ANUALPEC, 2012). Em pouco mais de quarenta anos, a modernização da agropecuária no Cerrado resultou em rápidas mudanças na cobertura e o uso da terra.

Do ponto de vista ambiental, o Cerrado faz conexão com a Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal. T tamanha riqueza, expressada por características naturais relevantes, deve ser protegida. A instituição de espaços territoriais especialmente regidos para garantir a

proteção dos recursos ambientais é eficiente. Nesse contexto, as Unidades de Conservação são fundamentais e atualmente conseguem proteger 8,6 % da paisagem natural do Cerrado (Tabela 1). Nesta perspectiva, o TerraClass Cerrado configura-se como instrumento importante para a ocupação planejada do Cerrado, a fim de combater os desmatamentos e assim, contribuir para a conservação da biodiversidade.

Tabela 1: Área e percentuais das Unidades de Conservação no Cerrado.

Uso Sustentável (US)	Nº	Área(Km ²)	%	Proteção Integral (PI)	Nº	Área(km ²)	%
Floresta	11	557	0,0	Estação Ecológica	28	11.370	0,6
Reserva Extrativista	6	880	0,0	Monumento Natural	12	314	0,0
Reserva de Desenvolvimento Sustentável	2	686	0,0	Parque	66	48.410	2,4
Área de Proteção Ambiental	68	108.752	5,3	Refúgio de Vida Silvestre	5	2.460	0,1
Área de Relevante Interesse Ecológico	15	79	0,0	Reserva Biológica	6	82	0,0
Reserva Particular do Patrimônio Natural	160	1.015	0,0	Total PI	117	62.636	3,1
Total US	262	111.968	5,5	Total PI e US	379	174.604	8,6

Fonte: Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2015).



foto: Alexandre Camargo Coutinho

02

Políticas públicas e ações relacionadas ao monitoramento da cobertura e do uso das terras no Cerrado

Políticas públicas e ações relacionadas ao monitoramento da cobertura e do uso das terras no Cerrado

A conservação do Cerrado engloba sua biodiversidade e os seus serviços ecossistêmicos, com destaque para regulação do clima, fornecimento de água e polinização. Ela não depende apenas da redução do desmatamento, mas também do manejo adequado das áreas naturais remanescentes, mantendo-se as fisionomias abertas também pelo manejo do fogo e/ou do gado e controlando os riscos das invasões biológicas.

A ocupação do Cerrado tem ampliado a complexidade do mosaico de paisagens dessa região biogeográfica, com os seus gradientes de formações campestres, arbustivas e florestais, em função dos diversos usos da terra e de sua dinâmica.

As atividades humanas passaram a ocupar grande parte de sua área total, sendo que, dentre todas as formas de uso, os agropecuários são os mais expressivos. O avanço da área plantada, principalmente com grãos e cana-de-açúcar, juntamente com as pastagens, são considerados os principais vetores de conversão da vegetação nativa.

A demanda crescente por produtos agropecuários, para

abastecimento dos mercados interno e externo tem ampliado a incorporação de novas áreas à fronteira agrícola, gerando mudanças entre os diferentes tipos de usos da terra, como por exemplo, a conversão de pastagens em áreas de cultura agrícola.

As mudanças ocorridas na cobertura vegetal do Cerrado estão promovendo a conversão dos diferentes tipos de vegetação, que compõem esse mosaico natural de paisagens, para áreas de uso antrópico sem o devido ordenamento territorial, gerando ameaças crescentes para a biodiversidade, para o clima, para a conservação do solo e da água, para o turismo, enfim, para o desenvolvimento sustentável.

Diante desse processo de ocupação territorial pouco ordenado e de suas consequências, essas informações especializadas sobre o uso e a cobertura da terra são cruciais para monitorar, não só as atividades econômicas, mas também os remanescentes de vegetação nativa. Com o objetivo de suprir a falta de informações oficiais, em escala compatível com toda a região biogeográfica, o Ministério do

Meio Ambiente (MMA), por meio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) (SANO et al., 2010), publicou os Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros, ano-base 2002, em uma conjugação de esforços com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) e o Fundo Mundial para Meio Ambiente (GEF) (SANO et al., 2008). Este mapeamento confirmou a conversão de aproximadamente 50% da vegetação natural do Cerrado até 2002, além da fragmentação de grande parte de seus remanescentes. Nessa linha de mapeamento da cobertura vegetal, seguiu-se a geração de dados de alertas de desmatamento para o Cerrado através do Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos (SIAD) (FERREIRA et al., 2007).

Com base nesse mapeamento do PROBIO, em 2008, foi lançado o Projeto de Monitoramento dos Desmatamentos dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDDBS), que objetivou quantificar os desmatamentos em áreas com vegetação

nativa e embasar ações de fiscalização e combate ao desmatamento na Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, para os anos de 2008-2009, e para o Cerrado, também, foram monitorados os anos 2009-2010 (IBAMA, 2010). Os mapeamentos para o ano de 2011 estão em fase final de processamento.

Dados desses sistemas mostram que o desmatamento no Cerrado continua acelerado e avançando por meio do estabelecimento de novas fronteiras agrícolas (SILVA, 2013). As taxas de desmatamento vêm apontando valores superiores aos da Amazônia, chamando atenção da opinião pública nacional e internacional, especialmente porque estimativas sobre as emissões de gases de efeito estufa advindos do desmatamento no Cerrado, que corresponderam a, aproximadamente, metade dos valores das emissões totais de CO₂ da Amazônia, para o período de 2002 a 2008 (IBAMA, 2009).

A partir desse cenário, o Governo Federal vem promovendo várias iniciativas para o combate ao desmatamento no Cerrado. Em setembro de 2009, foi lançado o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Bioma Cerrado (PPCerrado) que tem como objetivo promover a redução contínua da taxa de desmatamento e da

degradação florestal, bem como da incidência de queimadas e incêndios florestais no Cerrado. Em 2014, foi lançada a segunda fase do Plano, a qual reorienta as ações a serem promovidas pelo Governo e ratifica sua importância estratégica como um Plano de Ação para promoção do uso e conservação dos recursos naturais dessa região.

A prevenção e o controle do desmatamento no cerrado é um elemento importante para o Plano e a Política Nacional de Mudanças Climáticas (Lei nº 12.187/2009), por meio da qual foi instituído um compromisso nacional voluntário de mitigação entre 36% e 39% das emissões projetadas até o ano de 2020. Para o Cerrado, a redução das emissões corresponde a uma diminuição em 40% da taxa de desmatamento, por meio do fortalecimento das ações de preservação, de conservação e de recuperação dos recursos ambientais, da expansão das áreas legalmente protegidas e do incentivo aos reflorestamentos e a recuperação da cobertura vegetal em áreas degradadas, juntamente com a adoção de práticas sustentáveis na agricultura e na pecuária.

A implementação da Lei da Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012), particularmente através do Cadastro Ambiental Rural (CAR), é um componente crítico desse conjunto de políticas públicas para a

conservação e uso sustentável do Cerrado. Esse CAR é um instrumento fundamental para subsidiar o processo de regularização ambiental das propriedades e posses rurais, na medida em que levanta informações georreferenciadas de áreas passíveis de serem regularizadas (Áreas de Proteção Permanente - APP, Reserva Legal - RL, remanescentes de vegetação nativa nas área consolidada, áreas de interesse social e de utilidade pública). O uso dessa ferramenta no planejamento do imóvel rural, na recuperação de áreas degradadas, na formação de corredores ecológicos e na conservação dos demais recursos naturais, tem um potencial para gerar impactos positivos duradouros na gestão sustentável da paisagem.

Além disso, o Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR (Decreto nº 7.830/2012) visa facilitar o mercado de Cotas de Reserva Ambiental (CRAs) e de pagamento por serviços ambientais, que serão importantes para compensar os custos da recuperação da vegetação nativa, especialmente para os pequenos proprietários (SOARES-FILHO et al., 2014).

A jusante do CAR e do SICAR, o passo seguinte será a implementação dos Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal (PRAs) e a preparação de propostas pelos proprietários para uma

eventual recuperação de RL e de APP. Com a finalidade de apoiar essa fase, foi elaborada a proposta de uma Política e de um Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG). Seu propósito é estimular a recuperação da vegetação nativa, por meio de oito iniciativas estratégicas que tratam, respectivamente, de: sensibilização da sociedade; aumento da quantidade e qualidade de sementes e mudas; fomento a mercados relativos a produtos e serviços gerados de áreas em recuperação; alinhamento e integração de políticas públicas; desenvolvimento de mecanismos financeiros; expansão de assistência técnica e extensão rural; planejamento e monitoramento espacial; e pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Nesse contexto, insere-se o Programa de Investimento Florestal (FIP), junto ao Banco Mundial, com foco na promoção do uso sustentável

da terra e na melhoria da gestão florestal que resultem em impactos positivos para a redução de emissões, promoção do manejo florestal sustentável e proteção dos estoques de carbono florestal.

Esse Programa prevê duas áreas temáticas (Gestão e Manejo de Áreas Antropizadas e Geração e Gestão de Informações Florestais) e quatro projetos: regularização ambiental de imóveis rurais (por meio do CAR, que está sendo capitaneado pelo Serviço Florestal Brasileiro); produção sustentável em áreas já convertidas para uso agropecuário (com base no Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – Plano ABC, executado pelo Ministério da Agricultura); geração de informações florestais para uma gestão orientada à conservação e valorização dos recursos florestais do Cerrado pelos setores público e privado

(com base no Inventário Florestal Nacional, executado pelo Serviço Florestal Brasileiro); e implementação de um sistema de alerta para prevenção de incêndios florestais e de um sistema de monitoramento da cobertura vegetal (executado pelo INPE e MMA).

A partir de todas essas iniciativas e projetos, vem-se buscando a construção de um conjunto de políticas setoriais voltadas à redução do desmatamento mediante o aprimoramento da gestão ambiental, da conservação da biodiversidade e do desenvolvimento sustentável em áreas já antropizadas, contribuindo para a redução da pressão sobre as áreas nativas remanescentes – promovendo a diminuição das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), o aumento do sequestro de CO₂ e a geração e disponibilização de informações ambientais na escala do Cerrado.



foto: Alexandre Camargo Coutinho

03

Objetivos do TerraClass Cerrado

Objetivos do TerraClass Cerrado

Visando promover subsídios para potencializar o monitoramento e a gestão do Cerrado, o TerraClass Cerrado disponibiliza aos gestores, pesquisadores, produtores e população em geral, o mapeamento sistemático do uso e cobertura da terra, subsidiando tomada de decisões e formulação de políticas públicas que visem ampliar a sustentabilidade dos recursos naturais e melhorar a paisagem produtiva dessa importante região biogeográfica brasileira. Por questões metodológicas, o

presente mapeamento não contemplou uma avaliação sobre a integridade e grau de conservação das áreas naturais do Cerrado.

Os objetivos do TerraClass Cerrado são:

- Identificar, delimitar e mapear, na escala 1:250.000, as áreas naturais e antrópicas no Cerrado, ano base de 2013;
- Mapear o uso e cobertura da terra nas áreas antropizadas do Cerrado;

- Definir um protocolo metodológico para sistematizar o mapeamento do uso e cobertura da terra nas áreas antropizadas no Cerrado;

- Gerar mapas e estatísticas sobre o uso e cobertura da terra para o Cerrado;

- Divulgar e disponibilizar, amplamente, os dados e as informações geradas.





foto: Alexandre Camargo Coutinho

04

Conceitos e definições adotadas

Conceitos e definições adotadas

Área antrópica: região em que o padrão de uso da terra é definido por diferentes atividades econômicas e de ocupação humana, responsáveis pela substituição ou erradicação da cobertura natural.

Área natural: região cujo padrão de cobertura da terra é compatível com as diferentes fitofisionomias que compõem o Cerrado, ainda que apresente algum nível de alteração em relação à paisagem original, em função da presença de atividades produtivas menos intensivas ou de subsistência, como as pastagens naturais.

Articulação: forma de organização e representação das relações de vizinhança

entre objetos independentes, tais como imagens de satélite ou mapas.

Cerrado: a extensão territorial do Cerrado envolve a área contínua identificada pelo Mapa de Biomas do Brasil, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004) e disponível em ftp://geofptp.ibge.gov.br/mapas_interativos/biomas.zip.

Máscara: terminologia adotada para as representações cartográficas específicas de cada um dos distintos temas, por exemplo, “máscara natural”, “máscara da agricultura anual”, “máscara da silvicultura”, entre outras.

Mosaico: representação sinótica da superfície terrestre, formada pela junção de um conjunto de imagens de satélite ou mapas, processados digitalmente para constituir uma representação única da totalidade da área de interesse.

Polígono: conjunto de segmentos, com comportamentos espectrais compatíveis com as classes temáticas definidas no projeto, agrupados para melhor representar cada unidade das mesmas em um mapa.

Segmento: porção territorial delimitada em uma imagem digital a partir de métodos computacionais capazes de agrupar *pixels* com comportamento espectral semelhante.





foto: Alexandre Camargo Coutinho

05

Abrangência da área de estudo

Abrangência da área de estudo

Em termos espaciais, a área do Cerrado Brasileiro totaliza 2.039.243 km², aproximadamente 24% da área territorial do Brasil. Abrange 1.389 municípios, envolvendo a totalidade do Distrito Federal e grande parte dos estados de Goiás (97%), Maranhão (65%), Mato Grosso do Sul (61%), Minas Gerais (57%) e Tocantins (91%), além de porções menores de outros estados, Mato Grosso (40%), Piauí (37%), São Paulo (33%), Bahia (27%), Paraná (2%), Rondônia (0,2%), (IBGE, 2004) (Figura 1). Além da sua expressiva relevância territorial, o Cerrado possui características socioeconômicas, biofísicas e ecossistêmicas únicas que lhe conferem importância estratégica para o País.

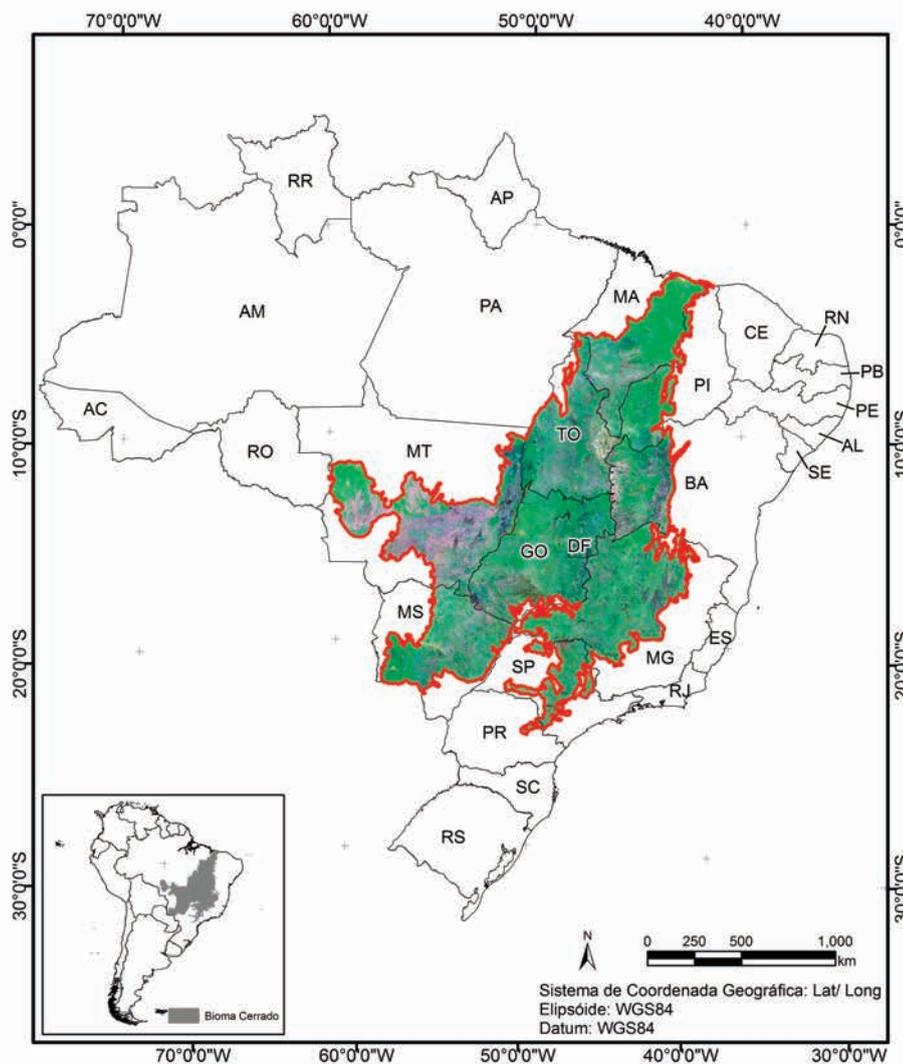


Figura 1 – Representação espacial da abrangência do Cerrado no Brasil. Fonte: IBGE (2004).

¹ Área do Cerrado calculada a partir do limite territorial disponibilizado pelo IBGE, escala 1:5 milhões, utilizando projeção Cônica Equivalente de Albers, longitude de origem -54°, latitude de origem -12° e paralelos padrão 2° e -22°. Em uma comunicação de maio de 2004, o IBGE publicou que a área aproximada do Cerrado é de 2.036.448 km², uma diferença de 0,1% em relação ao utilizado neste relatório. Esta diferença ocorre devido à pequena escala do mapa do Cerrado utilizado e a diferenças de projeções.



foto: Alexandre Camargo Coutinho

06

Como foi executado o TerraClass

Como foi executado o TerraClass

Para execução do projeto TerraClass Cerrado foram utilizadas 121 cenas do satélite Landsat 8, sensor *Operational Land Imager* (OLI), que serviram como fonte de informação para execução do mapeamento do uso e da cobertura da terra. As imagens do Landsat 8 foram selecionadas preferencialmente durante o período seco (maio a outubro) do ano de 2013, com o objetivo de obter imagens com a menor cobertura de nuvens possível.

As imagens foram convertidas para refletância aparente ou de Topo da Atmosfera (TOA) utilizando os valores nos seus metadados (MTL), convertendo os valores de níveis digitais para refletância, entre 0 e 1. As bandas espectrais utilizadas durante o

processo de segmentação e interpretação das classes foram as bandas 4 (região do vermelho, 0,64 – 0,67 μm), 5 (infravermelho próximo, 0,85 – 0,88 μm) e 6 (região do infravermelho de ondas curtas, 1,57 – 1,65 μm). Para realização da edição dos resultados da classificação foi utilizada a composição colorida (RGB) 5, 6 e 4, com a vegetação sendo destacada em tons de vermelho.

O processo de segmentação das imagens foi realizado no sistema SPRING (INPE) utilizando-se o segmentador por crescimento de regiões. Neste algoritmo de segmentação é necessário definir os limiares de área mínima e valor de similaridade. O limiar de área mínima, definido com base na escala do projeto - 1:250.000, foi de

70 *pixels* (aproximadamente 6,25 ha). O limiar de similaridade adotado foi de 0,015. O pré processamento e a segmentação foram realizados em cada cena isoladamente, tendo sido gerados 121 bancos de dados, ou seja, um banco para cada imagem.

Ao término do processo de segmentação foi realizado um procedimento para exportação dos segmentos utilizando-se o módulo de classificação do SPRING, sendo então gerado um arquivo em formato *shapefile*, contendo, entre outras informações, atributos como os valores médios de refletância associados a cada polígono. Após a exportação, foi checada a consistência topológica destes polígonos e, quando necessária, realizada a correção dos erros de topologia constatados.





foto: Alexandre Camargo Coutinho

07

Classes temáticas do mapeamento

Classes temáticas do mapeamento

As classes temáticas apresentadas pelo mapa de uso e cobertura da terra no Cerrado foram representadas por áreas naturais, áreas antrópicas, corpos d'água e áreas não observadas.

As áreas naturais foram representadas pelas feições florestal e não florestal (compreendendo as formações savânica e campestre). As áreas naturais não vegetadas compreenderam praias fluviais,

aflorentamentos rochosos ou dunas.

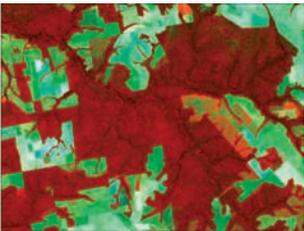
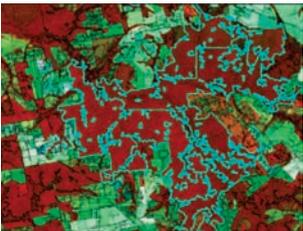
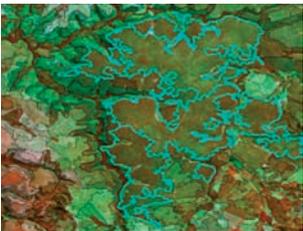
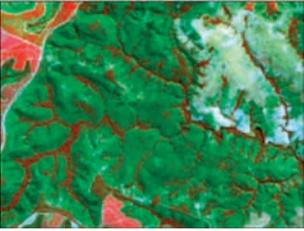
As áreas antrópicas foram divididas em agricultura anual, agricultura perene, silvicultura, área urbana, mineração, mosaico de ocupações, pastagem, solo exposto e outros.

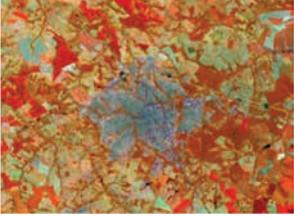
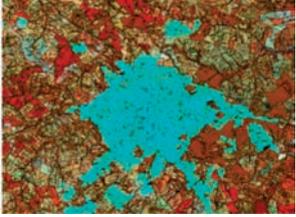
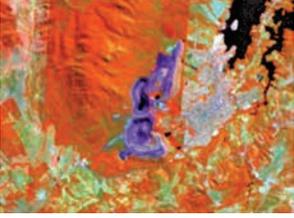
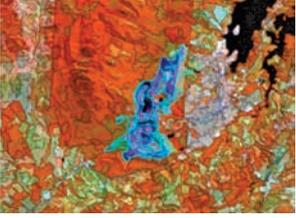
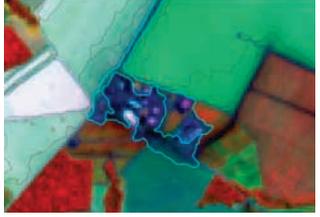
Os corpos d'água foram representados pela presença de corpos d'água na superfície terrestre, tais como rios, lagos, lagoas, represas etc. As áreas

não observadas abrangem as respostas espectrais relacionadas às nuvens, queimadas e sombras de nuvens.

A Tabela 2 lista as feições mapeadas, apresenta a resposta espectral na imagem, considerando composição utilizada no mapeamento, a imagem segmentada e, finalmente, descreve as características de cada uma das classes temáticas mapeadas pelo projeto.

Tabela 2: Feições mapeadas pelo TerraClass Cerrado.

FEIÇÕES MAPEADAS	IMAGEM LANDSAT 8 (OLI) COMPOSIÇÃO 5(R), 6(G) E 4(B)	IMAGEM LANDSAT 8 SEGMENTADA	INTERPRETAÇÃO VISUAL NA IMAGEM LANDSAT 8 (OLI)	
MACRO-CLASSE NATURAL				
Florestal			Cor: vermelho Tonalidade: escuro Textura: rugosa Forma: Irregular a regular Contexto: áreas de vegetação arbórea com predominância de dossel contínuo.	
Não Florestal	Savânica			Cor: vermelho Tonalidade: média a escura Textura: intermediária a rugosa Forma: irregular Contexto: áreas de vegetação arbórea arbustivos-herbáceas, com árvores distribuídas aleatoriamente sobre o terreno.
	Campestre			Cor: verde Tonalidade: escuro Textura: lisa Forma: irregular Contexto: áreas de vegetação herbácea entremeada ou não por formações arbustivas ou subarbustivas.

FEIÇÕES MAPEADAS	IMAGEM LANDSAT 8 (OLI) COMPOSIÇÃO 5(R), 6(G) E 4(B)	IMAGEM LANDSAT 8 SEGMENTADA	INTERPRETAÇÃO VISUAL NA IMAGEM LANDSAT 8 (OLI)
MACRO-CLASSE ANTRÓPICO			
Agricultura anual			<p>Cor: magenta ou verde claro Tonalidade: clara e média Textura: lisa Forma: regular Contexto: áreas de solo exposto ou vegetadas, geralmente compostas por uma única espécie de interesse comercial.</p>
Agricultura perene			<p>Cor: vermelho/laranja Tonalidade: média à escura Textura: lisa à intermediária Forma: irregular e regular Contexto: áreas de solo exposto ou vegetadas, geralmente compostas por uma única espécie de interesse comercial.</p>
Área urbana			<p>Cor: azul Tonalidade: médio Textura: rugosa Forma: regular e irregular Contexto: áreas edificadas, pequenos distritos, lugarejos, vilas com pouca estrutura urbanística.</p>
Mineração			<p>Cor: roxo Tonalidade: médio a escuro Textura: rugosa Forma: irregular Contexto: presença de afloramentos de rochas, clareiras, incluindo poços de rejeitos.</p>
Mosaico de ocupação			<p>Cor: roxo Tonalidade: escuro Textura: rugosa Forma: regular e irregular Contexto: áreas de assentamentos, aldeias, galpões e indústrias.</p>

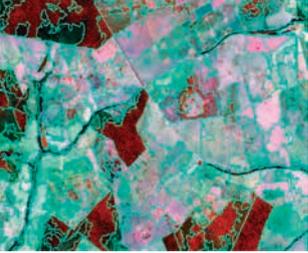
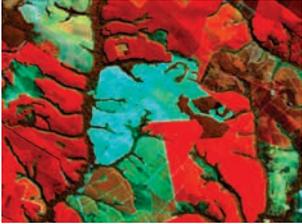
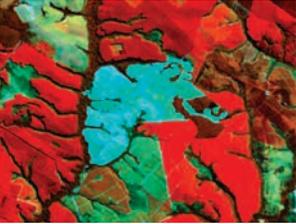
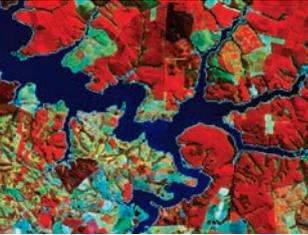
FEIÇÕES MAPEADAS	IMAGEM LANDSAT 8 (OLI) COMPOSIÇÃO 5(R), 6(G) E 4(B)	IMAGEM LANDSAT 8 SEGMENTADA	INTERPRETAÇÃO VISUAL NA IMAGEM LANDSAT 8 (OLI)
MACRO-CLASSE ANTRÓPICO			
Pastagem plantada			<p>Cor: rosa claro/verde claro Tonalidade: média a clara Textura: lisa a intermediária Forma: regular Contexto: áreas geralmente compostas por uma única espécie de gramínea (Brachiaria), com diferentes proporções de rebrota e/ou exposição de solo, dependendo do nível de degradação.</p>
Silvicultura			<p>Cor: vermelho Tonalidade: escuro Textura: lisa a intermediária Forma: regular Contexto: áreas vegetadas geralmente compostas por apenas uma espécie de interesse comercial.</p>
Solo exposto			<p>Cor: ciano/esverdeado Tonalidade: clara e média Textura: lisa a intermediária Forma: regular ou irregular Contexto: áreas sem cobertura vegetal e sem evidências de uso agrícola ou florestal.</p>
MACRO-CLASSE CORPO D'ÁGUA			
Corpo d'água			<p>Cor: azul escuro a preto Tonalidade: escura Textura: lisa Forma: irregular Contexto: áreas constituídas por represas, lagos e rios.</p>



foto: Alexandre Camargo Coutinho

08

Como foi executado
o mapeamento

Como foi executado o mapeamento

Os tópicos detalhados a seguir mostram os procedimentos adotados para execução do mapeamento das classes temáticas identificadas, delimitadas e mapeadas pelo projeto.

A. Mapeamento da Macro-classe Área Natural

Considerando a variabilidade fitofisionômica apresentada pela vegetação natural do Cerrado e a consequente complexidade metodológica para promover a identificação, delimitação e separação entre as áreas de vegetação natural preservadas e as áreas de vegetação natural alteradas pela atividade humana, no projeto TerraClass Cerrado, ficou estabelecido, como princípio, que as áreas com cobertura vegetal natural, preservadas ou alteradas pela presença de alguma atividade

produtiva de baixo e médio impacto, seriam alocadas na macro-classe natural.

Como consequência imediata dessa decisão, as áreas de pastagem natural do Cerrado foram incluídas, na sua extensa maioria, na macro-classe natural, por manterem a cobertura vegetal das diferentes fitofisionomias do Cerrado e pela incapacidade metodológica de promover sua identificação e mapeamento com base na presença ou ausência dos rebanhos.

Sendo assim, a descrição do Cerrado vem sendo utilizada tanto para designar tipos fitofisionômicos (tipos de vegetação) quanto para definir formação ou categorias fitofisionômicas (formas de vegetação), as quais são definidas pelas características

estruturais ou florísticas particulares decorrentes de fatores edafoclimáticos, formadores de regiões específicas. Neste mapeamento, as características estruturais que por sua vez referem-se à disposição, organização e arranjo dos indivíduos na comunidade, tanto em altura (estrutura vertical) quanto em densidade (estrutura horizontal), foram relevantes no processo de interpretação das imagens.

Desta forma, a vegetação do Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais e as formações não florestais (savânicas e campestres), seguindo a divisão de Ribeiro e Walter (2008) e ilustrada na Figura 2.

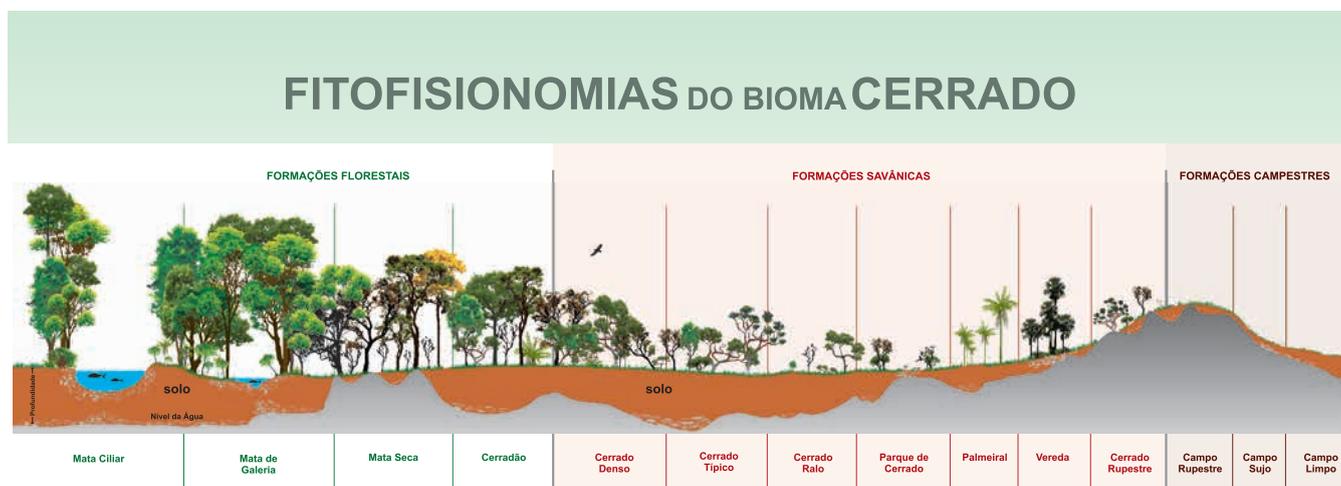


Figura 2. Tipos fitofisionômicos do Cerrado. Fonte: adaptado de Ribeiro e Walter (2008).

Neste contexto, seguindo os padrões estruturais do Cerrado como critério de classificação, as formações florestais, aqui nomeadas como classe florestal, constituíram-se do agrupamento do Cerradão, Mata Seca, Mata de Galeria e Mata Ciliar. Já as formações savânicas (savana), são o resultado do agrupamento das classes Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo, Cerrado Rupestre, Veredas, Parque de Cerrado e Palmeiral. Por último, as formações campestres (campestre) constituem-se de Campo Limpo, Campo Sujo e Campo Rupestre.

A1 Classe Vegetação Natural

Com base nas máscaras das fitofisionomias naturais, delimitadas anteriormente e auditadas, as imagens foram classificadas através do algoritmo ISOSEG, sendo que, no segundo procedimento, foram selecionadas cerca de 200 amostras de treinamento por classe (floresta, savana e campestre) entre os segmentos gerados.

A1.1. Classe Florestal

Engloba os tipos de vegetação com predominância de espécies arbóreas com a formação de cobertura pela proximidade das copas das árvores, em muitos casos com formação de dossel contínuo. As formações florestais associadas a cursos d'água são a Mata Ciliar e a Mata de Galeria, as quais podem

ocorrer em terrenos com diferentes níveis de drenagem. Já a Mata Seca e o Cerradão ocorrem em níveis de relevos que separam os fundos de vales dos terrenos bem drenados. Os demais subtipos de cada formação florestal são decorrentes da possibilidade de inundação durante a estação chuvosa e das condições edáficas, com particularidades dificilmente diferenciadas na classificação e, por isto, não detalhadas nesta análise.

A1.2. Classe Não Florestal

A Classe Não Florestal engloba as formações savânicas e campestres assim detalhadas:

Savânica

Engloba áreas nas quais se observa a presença de estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo, com as árvores distribuídas aleatoriamente sobre o terreno em diferentes densidades, sem que se forme um dossel contínuo. Normalmente, as formações de Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre apresentam árvores baixas, com ramificações irregulares, troncos retorcidos e, geralmente, evidenciam a ocorrência de queimadas. Essas formações são diferenciadas e caracterizadas pelo gradiente na densidade de árvores e arbustos ou pelo ambiente em que se encontram.

As Veredas são caracterizadas pela presença e dominância dos buritis, emergentes,

associados a agrupamentos de espécies arbustivas e herbáceas, estando sua densidade diretamente relacionada à umidade do solo. Com relação ao Parque de Cerrado, este é caracterizado pela presença de árvores agrupadas apenas nas elevações do terreno, denominadas murundus ou monchões, enquanto nas partes mais baixas do micro relevo não ocorrem indivíduos de espécies arbóreas. Já os palmeirais, como o próprio nome já indica, são caracterizados pela presença de palmeiras arbóreas, com concentração de indivíduos em determinadas áreas e menor densidade de árvores de outras espécies.

Campestre

Engloba áreas caracterizadas pela dominância de vegetação herbácea, entremeada ou não por formações arbustivas ou subarbustivas, com raras ocorrências de indivíduos de espécies arbóreas do cerrado. Os campos limpos são constituídos quase exclusivamente por vegetação herbácea e presença de raros arbustos esparsos. O campo sujo é caracterizado pela ocorrência, conjunta, de arbustos esparsos pouco desenvolvidos e ervas. Já o Campo Rupestre é uma vegetação predominantemente herbáceo-arbustiva, com arbustos pouco desenvolvidos e associados à presença de afloramentos rochosos.

A2 Classe Área Natural Não Vegetado

Foram mapeadas áreas naturais sem cobertura vegetal, englobando bancos de areia ao longo de rios, dunas próximas ao litoral norte do Piauí e afloramentos rochosos calcários na bacia do São Francisco em Minas Gerais, principalmente. Essas diferentes características da superfície apresentam formatos irregulares, textura lisa a rugosa e, geralmente, com tonalidade clara e cores que variam do branco ao ciano.

B. Mapeamento da Macro-classe Área Antrópica

Após a etapa de identificação, delimitação e separação das áreas naturais e antrópicas, realizada na primeira fase do mapeamento, foram adotados diferentes metodologias para a discriminação e mapeamento das áreas antrópicas.

B1 Classe Agricultura Anual

A metodologia empregada para a geração dos mapas da agricultura anual foi dividida em duas etapas. A primeira, baseada no uso de séries temporais de imagens do índice de vegetação do tipo *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), obtidas das imagens do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), com resolução espacial de 250m, teve como objetivo identificar regiões com comportamento espectro-

temporal típico da agricultura anual. Posteriormente, as máscaras agrícolas derivadas das imagens do sensor MODIS foram sobrepostas às imagens Landsat e aos arquivos vetoriais da segmentação, dando início ao processo de compatibilização das escalas.

Ainda na primeira etapa, foram construídas as séries temporais de imagens de NDVI do sensor MODIS para a safra 2012/2013, a partir do uso combinado de dados derivados dos satélites Terra e Aqua. Esta estratégia de uso combinado de imagens de diferentes satélites vem sendo adotada com sucesso nas atividades de mapeamento agrícola pelo grupo da Embrapa Informática Agropecuária, como forma de amenizar a grande intensidade da presença de nuvens, conforme relatado por Esquerdo et al. (2013). Na construção da série temporal foram realizados dois processamentos principais: o empilhamento das imagens e a filtragem da série a partir do uso de um filtro conservador, proposto por Wardlow et al. (2006), com o qual os valores inconsistentes do índice de vegetação foram substituídos pelo menor valor adjacente.

Seguindo o fluxograma, a próxima etapa foi a elaboração das chamadas "máscaras agrícolas", a partir de um método automático de mapeamento aplicado às séries temporais. As análises baseadas no NDVI estão relacionadas ao comportamento espectral das

culturas ao longo de ciclos produtivos, ou em parte deles. O NDVI tem alta correção com o índice de área foliar e a fitomassa. Quando medições contínuas e frequentes são obtidas a partir de sensores com alta resolução temporal, perfis espectro-temporais dessa variável podem ser construídos.

As culturas agrícolas apresentam um comportamento temporal típico do NDVI ao longo do ciclo fenológico. Elas apresentam baixos valores no início do ciclo, quando a quantidade de fitomassa é menor e, portanto, a resposta espectral é fundamentalmente influenciada pelo solo. No entanto, conforme a cultura se desenvolve e, por consequência, a fitomassa aumenta, os índices de vegetação sobem até alcançarem o pico vegetativo. Com o início da senescência e da colheita, os valores voltam a baixar até ficarem próximos aos valores encontrados no início do cultivo.

Dessas variações do NDVI, é possível calcular as diferenças entre os momentos de máximo e mínimo vigores vegetativos ao longo dos ciclos produtivos, denominadas .a e .b, ilustrados na Figura 3. Dessa forma, o método consiste na identificação de *pixels* que apresentam .a e .b dentro de intervalos temporais previamente definidos, obtidos a partir de áreas agrícolas conhecidas. Os valores de .a e .b podem variar

em função da região, ano-safra, clima, manejo, variedade, etc. Para a geração das máscaras agrícolas, esses valores foram estimados a partir de regiões amostrais previamente conhecidas.

Todas as atividades relativas à geração das máscaras agrícolas foram conduzidas a partir de rotinas desenvolvidas em linguagem *Interactive Data Language (IDL)*, cabendo ao intérprete a identificação dos

parâmetros em cada estado ou região para a realização de diversas simulações e testes no processo de identificação das áreas agrícolas.

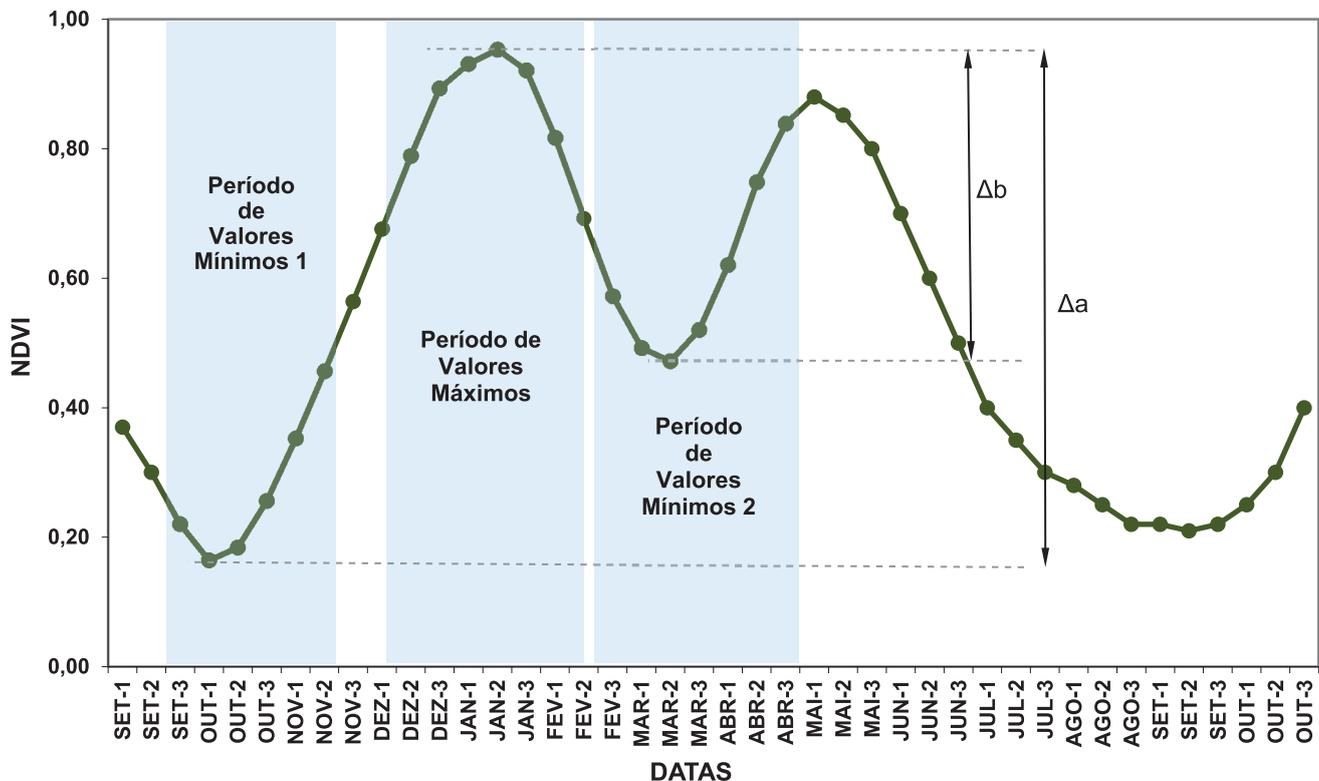


Figura 3. Exemplo de perfil do NDVI de um *pixel* de agricultura anual, com dois ciclos de produção, mostrando as diferenças (.a e .b), entre o valor máximo e os valores mínimos, adotadas para classificar essa atividade nas imagens MODIS. Fonte: Coutinho et al. (2013a).

A partir das máscaras agrícolas, geradas para cada um dos estados que compreendem o Cerrado, foi conduzido um processo de “passagem de escala”, com o objetivo de compatibilizar as informações geradas na escala MODIS com a escala de mapeamento do projeto, a partir da segmentação aplicada às imagens Landsat. Além dessa compatibilização espacial,

foram também identificadas e mapeadas as áreas não detectadas no mapeamento a partir das séries temporais MODIS, seja por conta de problemas de escala, contaminação de *pixels* ou presença de nuvens. A Figura 4 mostra o exemplo de uma região contendo áreas de agricultura anual próximas de áreas de pastagens. Considerando-se apenas as

informações da imagem de média resolução espacial de uma determinada data, estes usos apresentam padrão espectral semelhante. No entanto, considerando-se as informações das séries temporais, os usos podem ser discriminados, cabendo ao intérprete o ajuste espacial dos dados e a checagem dos possíveis erros de comissão e omissão.

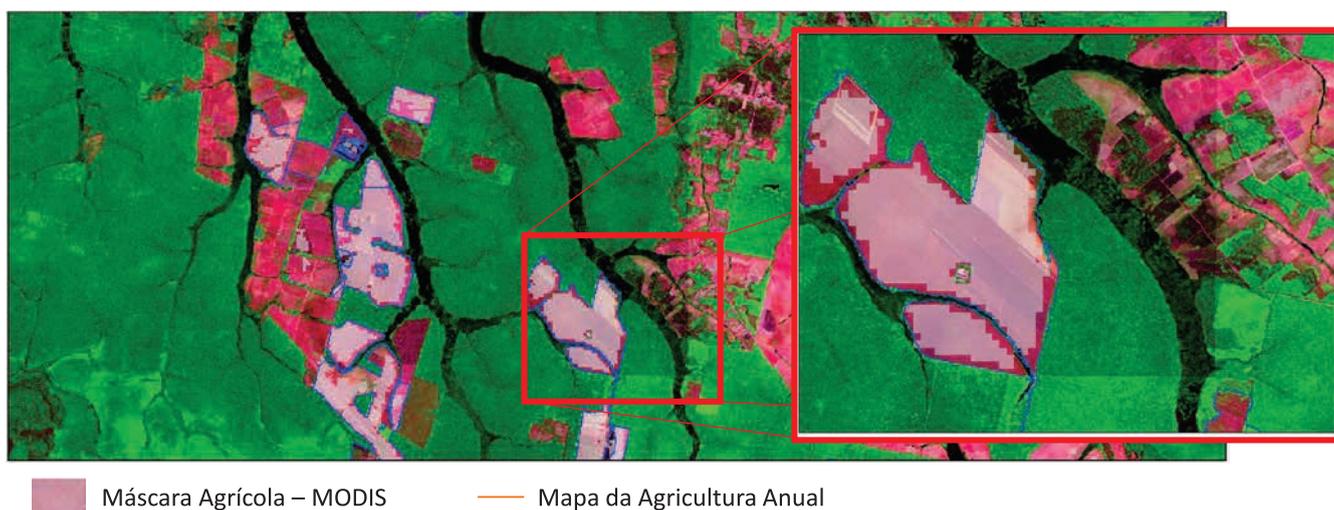


Figura 4. Exemplo do processo de passagem de escala em uma região contendo áreas de agricultura anual e pastagens.

B2 Classe Agricultura Perene

No mapeamento da agricultura perene foram consideradas as culturas de café, citrus, cana-de-açúcar e seringueira, representadas no mapeamento dentro da mesma classe, agricultura perene, ou seja, aquelas cujo ciclo vegetativo permite colheitas sucessivas, sem a necessidade de novo plantio.

A identificação das áreas de agricultura perene foi realizada através da classificação visual de imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI, interpretadas a partir dos polígonos gerados na segmentação, com auxílio dos seguintes dados:

- 1- Imagens do satélite Landsat 8, bandas 4 (vermelha), 5 (infravermelho próximo) e 6 (infravermelho médio) previamente corrigidas para valores de refletância;
- 2- Imagens dos satélites Landsat 7 e 5, Resourcesat 1;
- 3- Imagens de alta resolução espacial da base Google Earth;

- 4- Imagens de alta resolução espacial do satélite RapidEye;
- 5- Mapeamentos de cana-de-açúcar, proveniente do projeto Canasat (RUDORFF et al., 2010);
- 6- Mapeamento da cafeicultura e citricultura produzido pelo projeto Cafesat (MOREIRA et al., 2008);
- 7- Dados de Produção Agrícola Municipal (PAM-IBGE) para culturas perenes, acessados via SOMABRASIL (Sistema de Observação e Monitoramento da Agricultura no Brasil), WebGIS desenvolvido pela Embrapa - Monitoramento por Satélite, para a identificação dos municípios com grande produção de agricultura perene (EMBRAPA, 2012);
- 8- Série temporal de dados do sensor MODIS, adquiridas entre os anos de 2001 e 2013, consultadas através da ferramenta Series View do INPE (FREITAS et al., 2011).

No caso específico das áreas de seringueira, o mapeamento foi realizado somente nos municípios que apresentavam 1 (um) hectare ou mais de

áreas plantadas com a cultura, a partir nos dados da Produção Agrícola Municipal (PAM - IBGE).

B3 Classe Silvicultura

A silvicultura é caracterizada pelo plantio de uma única espécie florestal, em espaçamentos regulares, com talhões bem definidos, de mesma idade. As espécies mais cultivadas no Brasil e no Cerrado são o *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. Na análise das imagens utilizadas estes plantios são caracterizados pela geometria dos talhões e a presença de sombra na borda.

Para se realizar o mapeamento das áreas com silvicultura, foi realizada classificação supervisionada sob a máscara de áreas antropizadas já mapeadas e aperfeiçoadas em fases anteriores a esta etapa. Na classificação da silvicultura foram utilizados os algoritmos Bhattacharya, sendo que na classificação supervisionada foram utilizados como

amostras de treinamento os polígonos da segmentação. Após a classificação supervisionada os polígonos mapeados pelo classificador foram editados com base na imagem Landsat 8 de referência e ajustados aos contornos da segmentação. Eventuais erros de omissão e comissão do classificador foram corrigidos através de interpretação visual. Também foram utilizadas as seguintes bases auxiliares:

- 1- Imagens de alta resolução disponibilizadas pelo Google Earth;
- 2- Séries temporais EVI2 extraídas das imagens do sensor MODIS e acessíveis através da ferramenta Series View do INPE (FREITAS et al., 2011).

B4 Classe Área Urbana

B5 Classe Mineração

B6 Classe Mosaico de Ocupações

O mapeamento das classes de uso antrópico, tais como área urbana, mineração e mosaico de ocupações, foi realizado utilizando o método supervisionado (LEITE; BRITO, 2011). Nesse procedimento os segmentos são selecionados através da inspeção visual e agrupados devido à semelhança nas características de refletância espectral. As classes trabalhadas apresentam grande variação espectral, sobretudo as áreas urbanas e de mosaico de ocupação, as quais, em determinadas regiões do

Cerrado e período do ano (estação seca e chuvosa), se assemelham com as classes de pastagem, agricultura, queimadas e solo exposto. Dessa forma, não foi utilizado nenhum método automático de classificação.

Como fontes auxiliares para localização e mapeamento das classes de uso antrópico, foi utilizado o arquivo de áreas urbanizadas disponibilizado pelo IBGE, bem como imagens de alta resolução fornecidas pela plataforma Google Earth e RapidEye 2013 (resolução espacial 5m), disponibilizadas pelo Geo Catálogo do Ministério do Meio Ambiente (MMA). As classes área urbana, mineração e mosaico de ocupação consideraram o mesmo padrão adotado no TerraClass Amazônia (COUTINHO et al., 2013), descrito abaixo.

Área urbana - Variam de grandes manchas urbanas edificadas com predominância de construções, até pequenos distritos, lugarejos, vilas com pouca estrutura urbanística, porém com a presença de uma concentração populacional diferenciada da área rural.

Mineração - Áreas de extração mineral, com a presença de afloramentos rochosos, indicados pela presença de grandes clareiras, incluindo toda a área alterada e os poços de rejeitos.

Mosaico de ocupações - Áreas que apresentam associação de

diversos tipos de uso da terra, tais como roças, pequenos remanescentes florestais, pastos, áreas de pousio, edificações etc., encontrados em regiões onde se constata a presença de assentamentos rurais e pequenas propriedades.

B7 Classe Pastagem Plantada

O mapeamento da classe pastagem plantada identificou, delimitou e mapeou, prioritariamente, as áreas de pastagens cultivadas e constituiu-se na última etapa do processo de mapeamento. Ou seja, todos os polígonos identificados na primeira fase do mapeamento como pertencentes às áreas antrópicas e que não foram identificados como pertencentes à agricultura anual, agricultura perene, silvicultura, área urbana, área de mineração, mosaico de ocupações, solo exposto, outros ou área não observada, foram automaticamente classificados na classe pastagem plantada. Após esse procedimento de classificação por exclusão, os conflitos existentes foram detectados por meio de inspeção visual geral das cenas, em uma escala de visualização de 1:100.000, no qual as áreas com problemas foram checadas com maior detalhe, através de inspeção visual, com base na composição colorida RGB das bandas 4, 5 e 6, nas escalas de visualização de 1:50.000 a 1:70.000.

Para auxiliar na identificação das pastagens plantadas, utilizou-se também, séries temporais do MODIS EVI2 (2001-2013) (FREITAS et al., 2011) e, quando disponíveis, as imagens de alta resolução espacial do Google Earth. Outro dado auxiliar utilizado foi o Censo Agropecuário do IBGE de 2006 (CENSO..., 2006).

B8 Classe Solo Exposto

As áreas antrópicas que não apresentaram nenhum indício de cobertura vegetal pela análise das imagens de satélite e tampouco evidenciaram um histórico de uso da terra que pudesse ser atribuído a elas, durante o processo de classificação, foram inseridas na classe solo exposto.

B9 Classe Outros

Nessa classe foram mapeadas outras categorias de uso antrópico como, por exemplo, aeroportos, trechos de

estradas, edificações rurais, entre outros.

C. Mapeamento da Macro-classe Corpo d'água

Caracterizada pela presença de corpos d'água na superfície terrestre, tais como rios, lagos, lagoas, represas, dentre outros, que, na data da aquisição da imagem, possuíam área superior a 6,25 hectares e que foram delimitadas e isoladas pelo processo de segmentação.

D. Mapeamento da Macro-classe Área Não Observada

As áreas não observadas são aquelas que, na data de aquisição das imagens de satélite, sofreram algum tipo de alteração no valor espectral do pixel correspondente e, portanto, ficaram comprometidas em termos do reconhecimento de padrões de uso e cobertura. São vários

os fenômenos que podem promover alterações no padrão espectral das imagens, mas os principais foram: queimadas, nuvem e sombra de nuvem.

Cicatrizes de queimada apresentam evidentes tonalidades escuras e textura lisa. Como este trabalho só considerou imagens de uma única data de aquisição, as regiões com sinais de queimada recente não puderam ser classificadas em termos do uso e cobertura e, portanto, foram incluídas na classe temática não observada.

Áreas cobertas total ou parcialmente por nuvens ou que se encontram nas suas respectivas sombras, sofreram um comprometimento e alterações muito significativas das suas características espectrais e, portanto, também foram incluídas na classe não observada.





Composição colorida (RGB) das bandas 5, 6 e 4 do satélite Landsat 8, órbita-ponto 221/71.



foto: Elaine Barbosa da Silva

09

Resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra no Cerrado

Resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra no Cerrado

A Tabela 3 e a Figura 5 apresentam e ilustram o resultado, em área e em percentual, da contribuição de cada classe mapeada, em relação à área total do Cerrado.

Tabela 3 – Distribuição da área e percentual de cada classe de uso e cobertura da terra no Cerrado.

Macro - classe	Classe	Total (km ²)	% Total	% Σclasses antrópicas
Antrópico	Agricultura anual	174.179	8,54	19,68
	Agricultura perene	64.237	3,15	7,26
	Mineração	280	0,01	0,03
	Mosaico de ocupação	2.344	0,11	0,26
	Pastagem plantada	600.840	29,46	67,89
	Silvicultura	30.607	1,50	3,46
	Solo exposto	3.609	0,18	0,41
	Área urbana	8.852	0,43	1,00
	Outros	73	0,00	0,01
Natural	Vegetação natural	1.111.218	54,49	
	<i>Florestal*</i>	418.840	20,54	
	<i>Não florestal*</i>	692.377	33,95	
	Área natural não vegetado	2.630	0,13	
	Corpo d'água	15.025	0,74	
	Não observado	25.348	1,24	
	TOTAL	2.039.243	100	100

* Os valores das classes natural florestal e natural não florestal poderão sofrer alterações entre elas, em função do processo de ajuste de bordas entre as imagens a ser realizado futuramente.

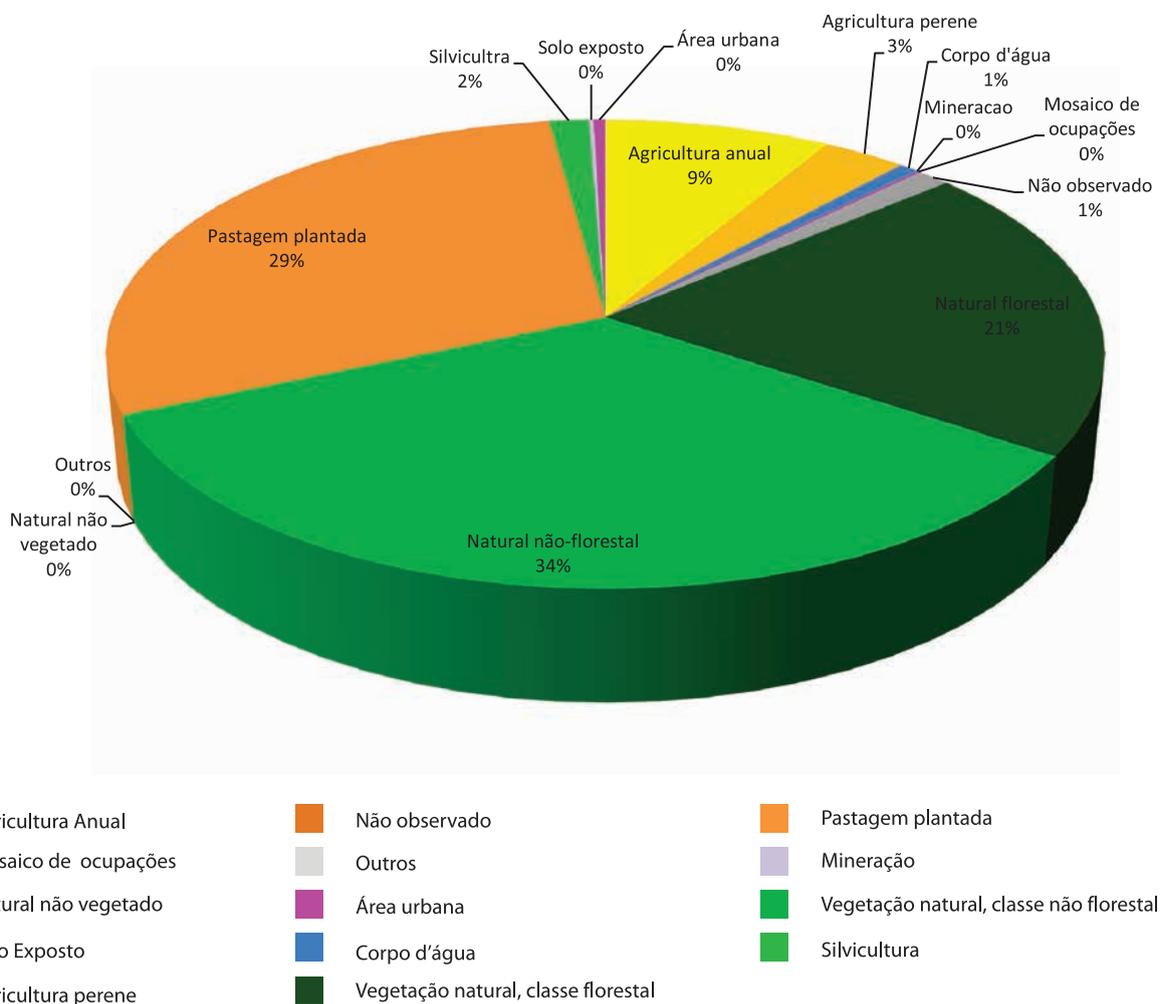


Figura 5 - Gráfico da distribuição das classes de uso e cobertura da terra no Cerrado.

Os resultados obtidos mostram que o Cerrado ainda possui aproximadamente 54% de sua área com cobertura natural. No mapeamento do desmatamento do PMDBBS de 2010 (IBAMA, 2010), o valor da classe de cobertura natural foi de 51%. Essa diferença de valor está associada aos métodos adotados como, por exemplo, a escala de cada um desses mapeamentos e área mínima mapeada, de modo

que, no momento, não são possíveis comparações diretas entre o PMDBBS e o TerraClass Cerrado. A base cartográfica gerada pelo TerraClass Cerrado será adotada em futuros mapeamentos da cobertura e uso da terra, incluindo a geração de taxas anuais de desmatamento.

A maior classe de uso antrópico do Cerrado é a pastagem plantada (29,5%),

seguida pela agricultura anual (8,5%) e perene (3,1%). Essas três classes de uso perfazem 41% do total do Cerrado.

Apresenta-se ainda, o resultado das classes mapeadas em relação aos estados que compõem o Cerrado (Tabela 4 e Figura 6).

Apresenta-se ainda, o resultado das classes mapeadas em relação aos estados que compõem o Cerrado (Tabela 4 e Figura 6).

Tabela 4 – Área das classes de uso e cobertura (km² x 100), por Estado.

Classe	MT	MG	GO	TO	MS	MA	BA	PI	SP	DF	PR	RO	TOTAL
Agric. anual	566,8	187,8	349,2	71,8	133,4	74,8	219,7	81,3	38,4	9,6	8,9	0,0	1.741,8
Agric. perene	17,1	124,2	94,0	3,6	47,8	6,2	2,5	1,7	345,3	0,0	0,0	0,0	642,4
Corpo d'água	17,4	35,9	30,0	28,3	4,5	12,2	4,9	3,3	12,9	0,7	0,1	0,0	150,3
Mineração	0,4	1,0	0,8	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	2,8
M. ocupações	1,8	1,4	2,3	1,0	7,0	2,5	0,5	1,8	2,7	2,5	0,0	0,0	23,4
Não observado	19,3	30,2	9,5	33,6	6,9	148,2	2,6	2,5	0,5	0,1	0,0	0,0	253,5
Veg. natural*	2.153,5	1.597,1	1.375,2	1.826,4	679,2	1.514,9	1.007,8	778,0	137,9	23,6	14,1	4,4	11.112,2
Nat. não vegetado	0,3	2,3	1,4	1,8	0,0	9,3	10,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4
Outros	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Past. plantada	791,1	1.187,6	1.397,7	547,7	1.218,1	337,4	245,0	60,3	202,2	14,2	7,2	0,1	6.008,4
Silvicultura	10,1	145,2	15,3	8,0	54,7	9,5	5,0	1,3	49,3	0,9	6,8	0,0	306,1
Solo exposto	4,5	4,7	2,9	5,7	2,1	1,9	12,1	0,4	1,7	0,0	0,1	0,0	36,1
Área urbana	6,0	19,8	17,9	3,8	6,1	3,7	2,0	2,5	20,4	6,2	0,2	0,0	88,5
TOTAL	3.588,3	3.337,2	3.296,2	2.531,8	2.160,2	2.120,9	1.512,5	934,4	811,4	57,8	37,4	4,5	20.392,4

* Os valores das classes natural florestal e natural não florestal poderão sofrer alterações entre elas, em função do processo de ajuste de bordas entre as imagens a ser realizado futuramente.



Figura 6 - Gráfico da distribuição de frequências das classes de uso e cobertura da terra, no Cerrado, por Estado.

Os dados mostram que na maioria dos estados, as áreas com cobertura natural no Cerrado, segundo os limites definidos por IBGE (2004), representam mais de 40% do total, exceto nos estados de SP (16,9%), PR (37,7%) e MS (31,4%). A classe pastagem plantada ocupa a maior área

proporcional nos estados de MS (56,4%), GO (42,4%) e MG (35,6%). Já a agricultura anual ocupa grande parte do Cerrado do PR (23,9%), DF (16,5%), MT (15,8%) e BA (14,5%). A classe silvicultura é especialmente representativa no estado do Paraná.

As Figuras 7 a 18 apresentam os mapas de uso e cobertura da terra do Cerrado, por Unidade da Federação, onde há ocorrência desta região biogeográfica.



foto: Alexandre Camargo Coutinho

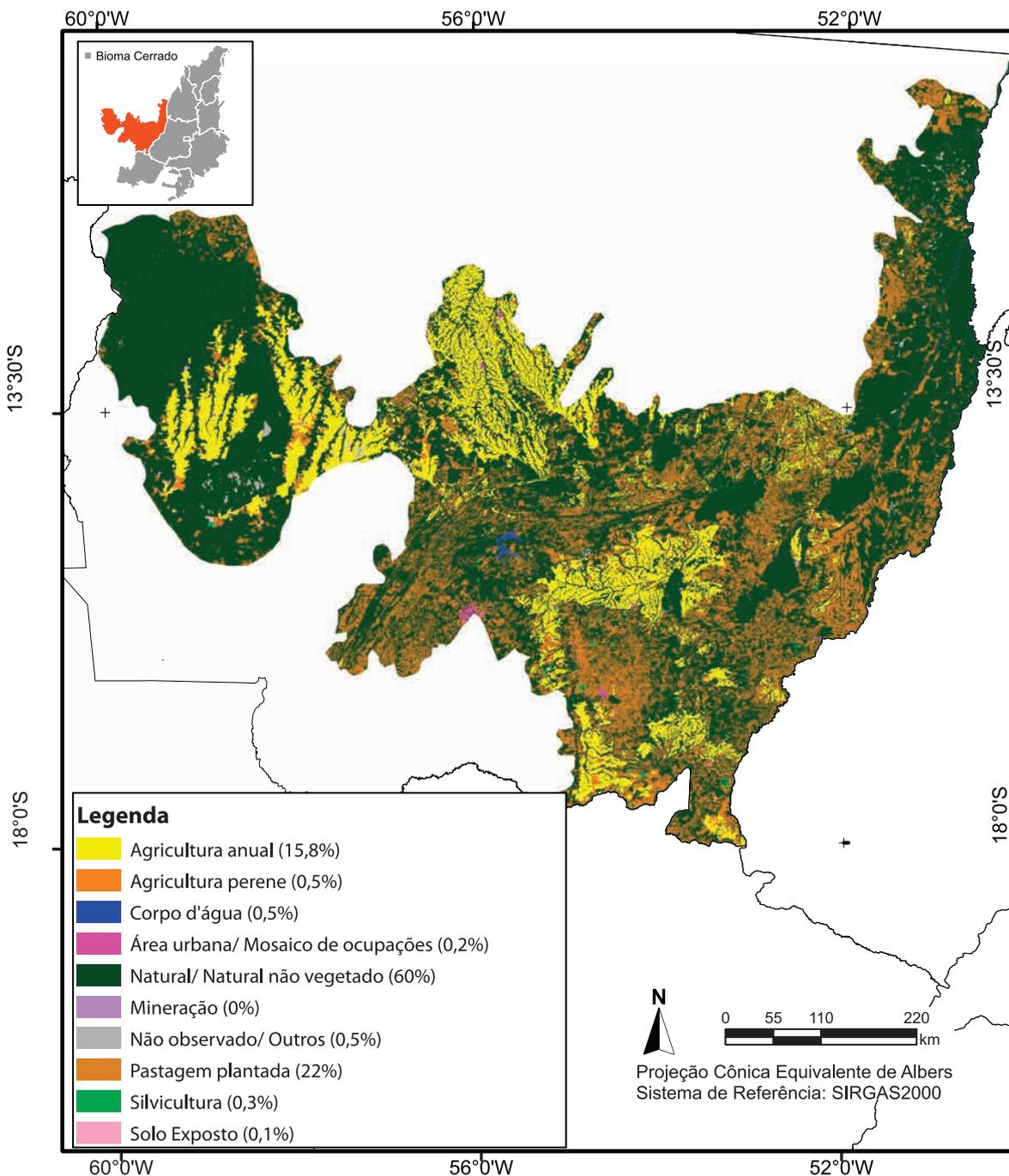
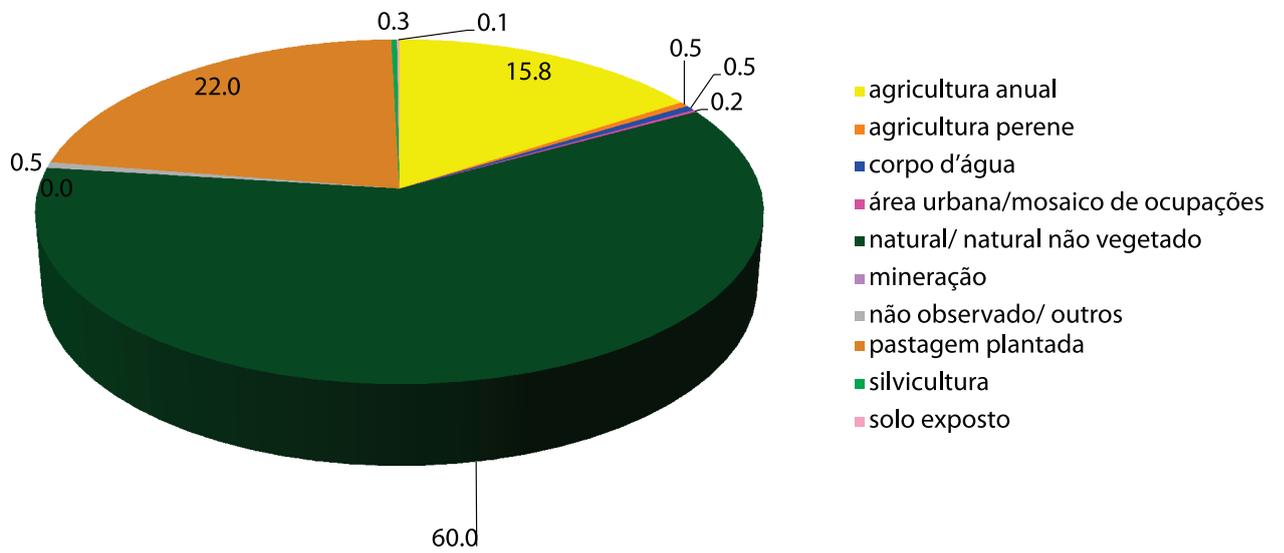


Figura 7 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado de Mato Grosso

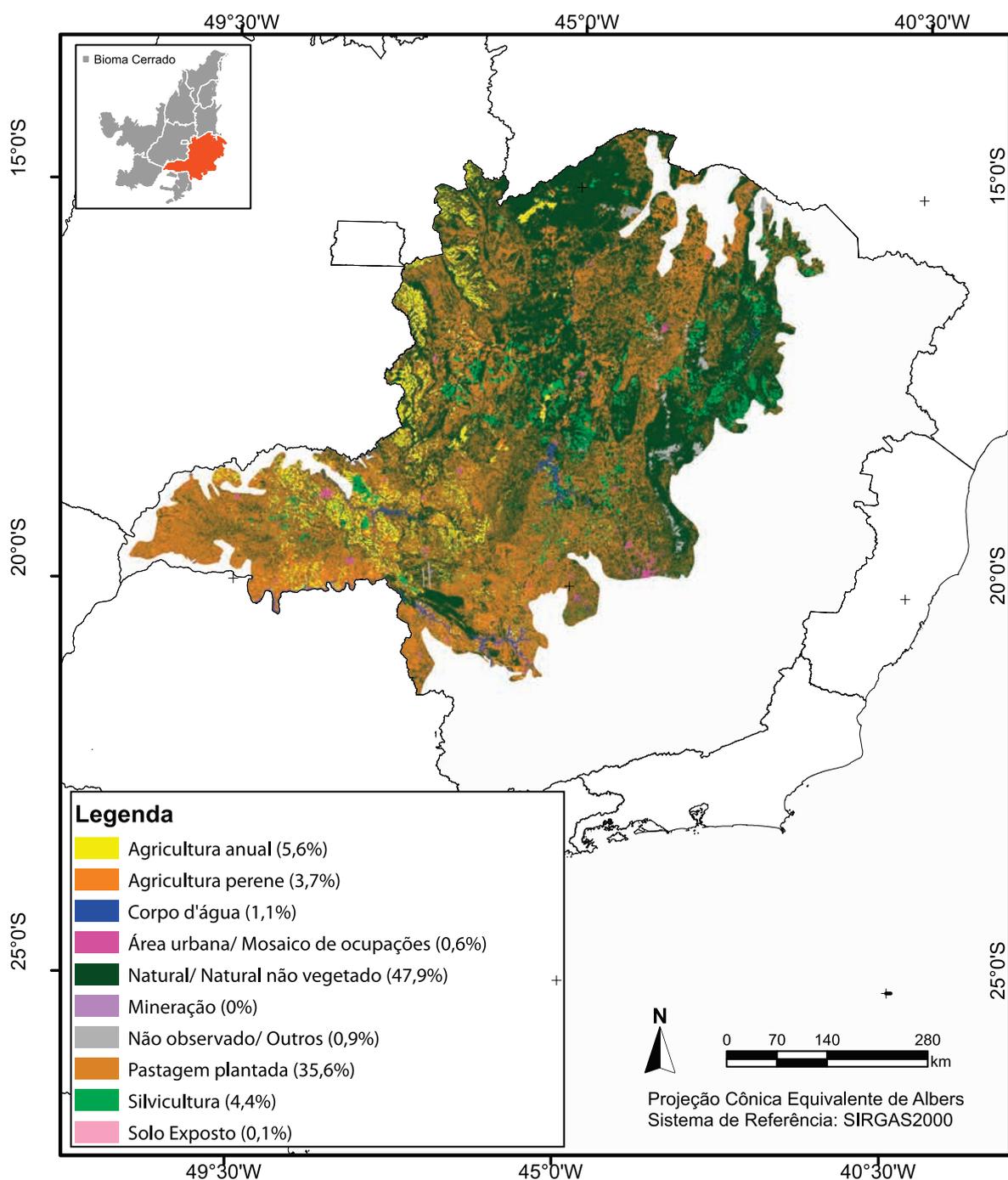
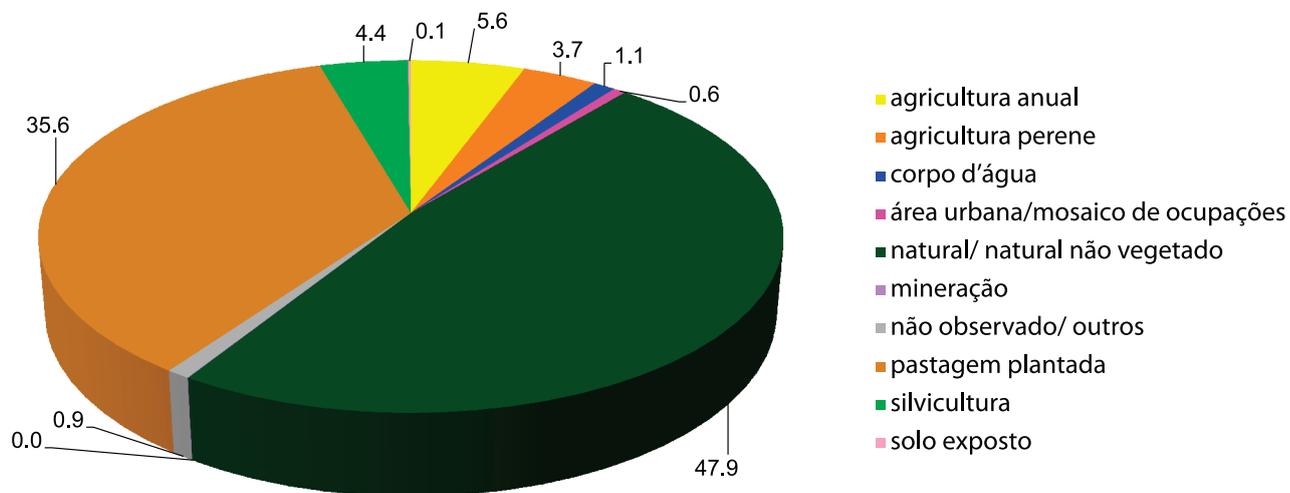


Figura 8 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado de Minas Gerais

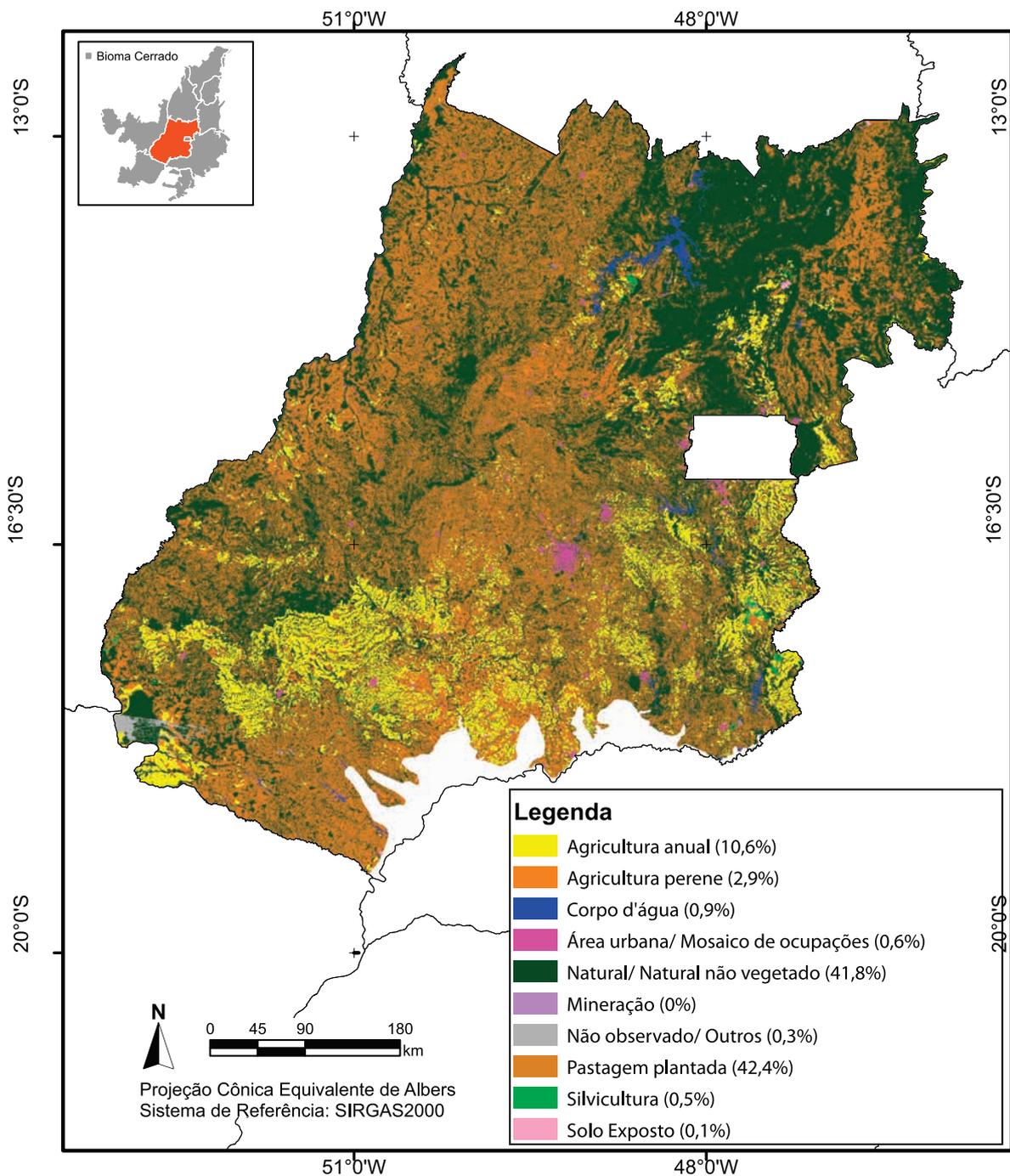
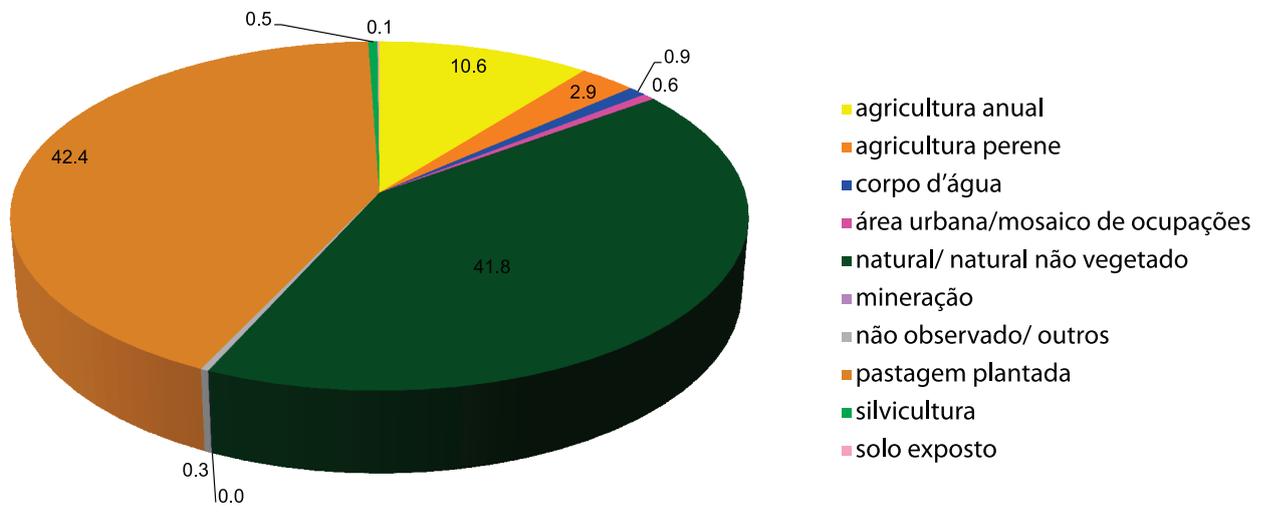


Figura 9 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado de Goiás

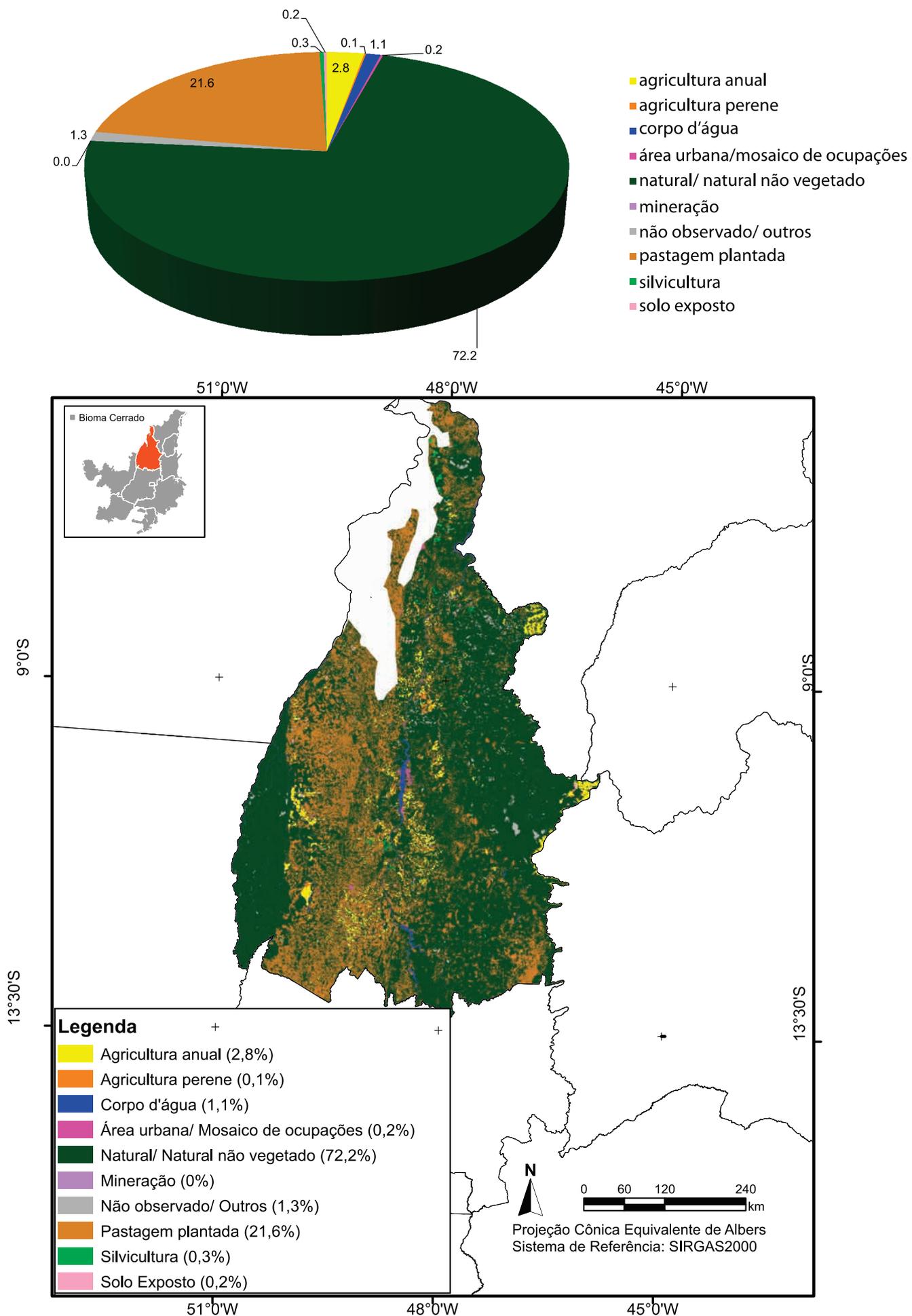


Figura 10 - Mapa de uso e cobertura da terra no estado do Tocantins

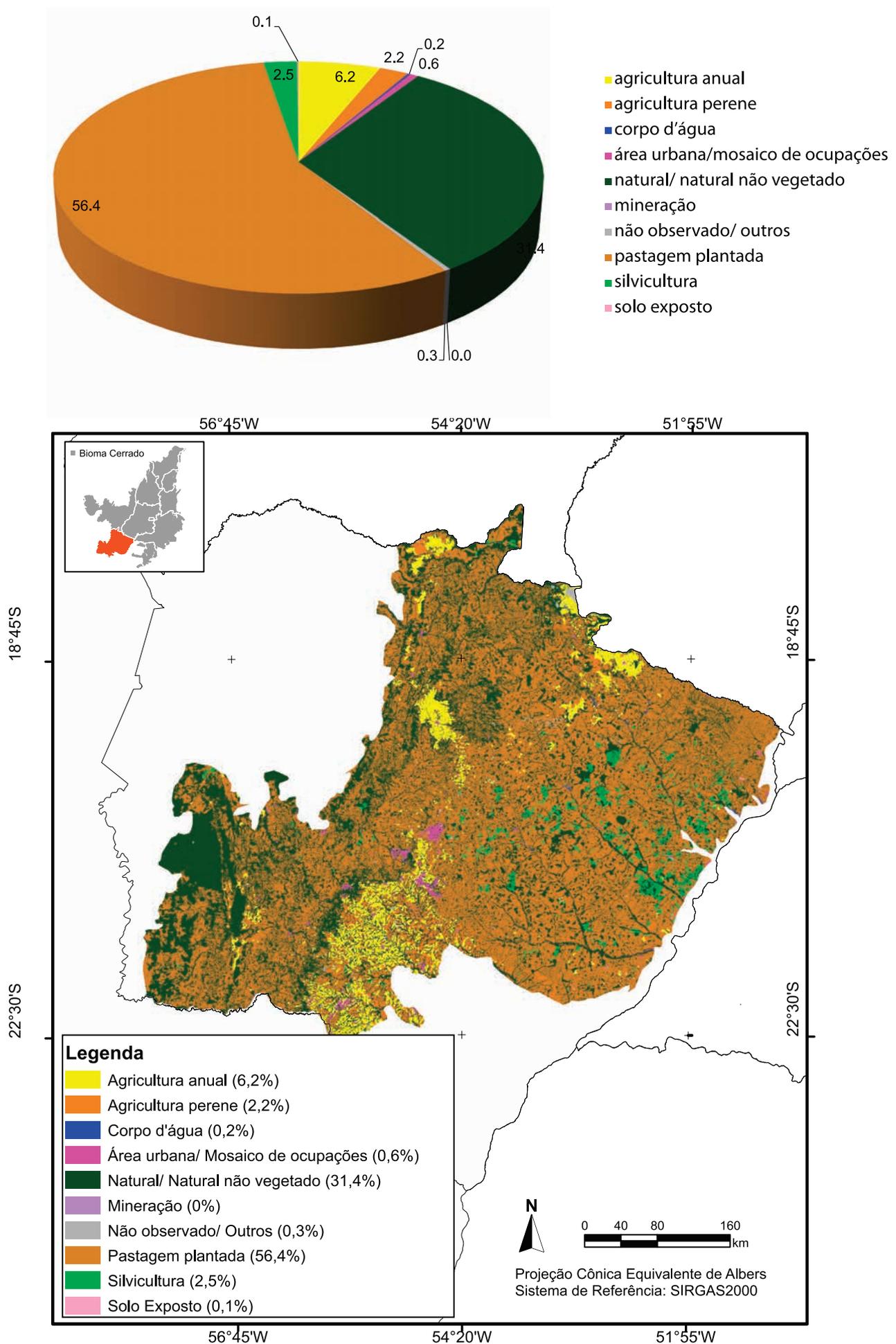


Figura 11 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado do Mato Grosso do Sul

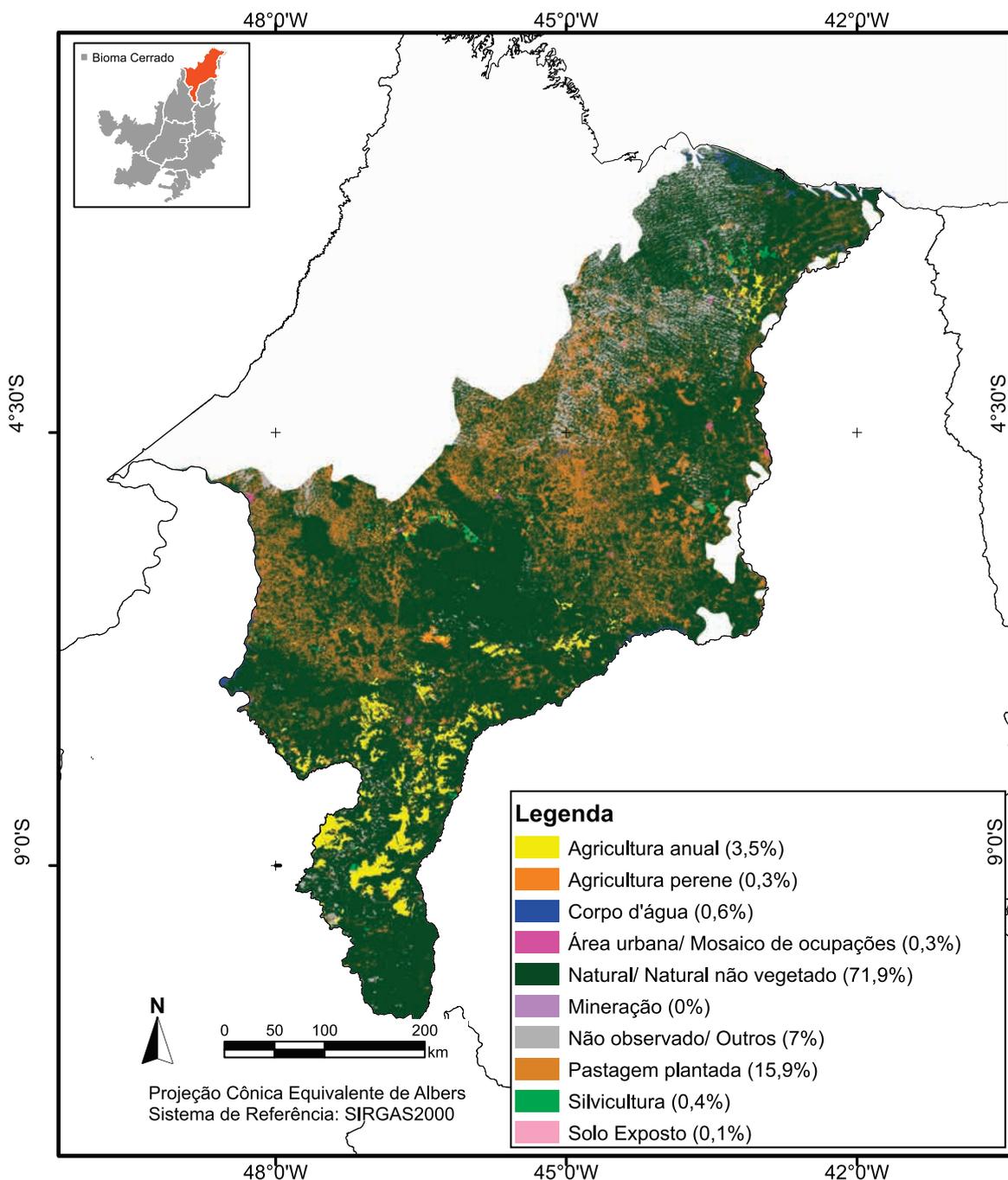
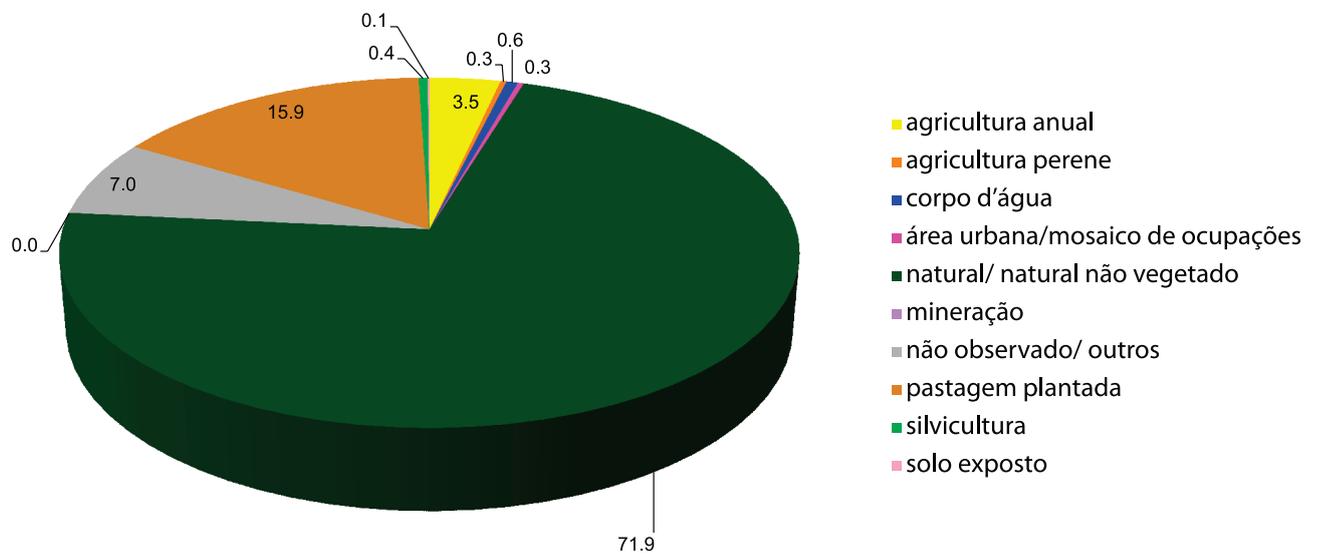


Figura 12 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado do Maranhão

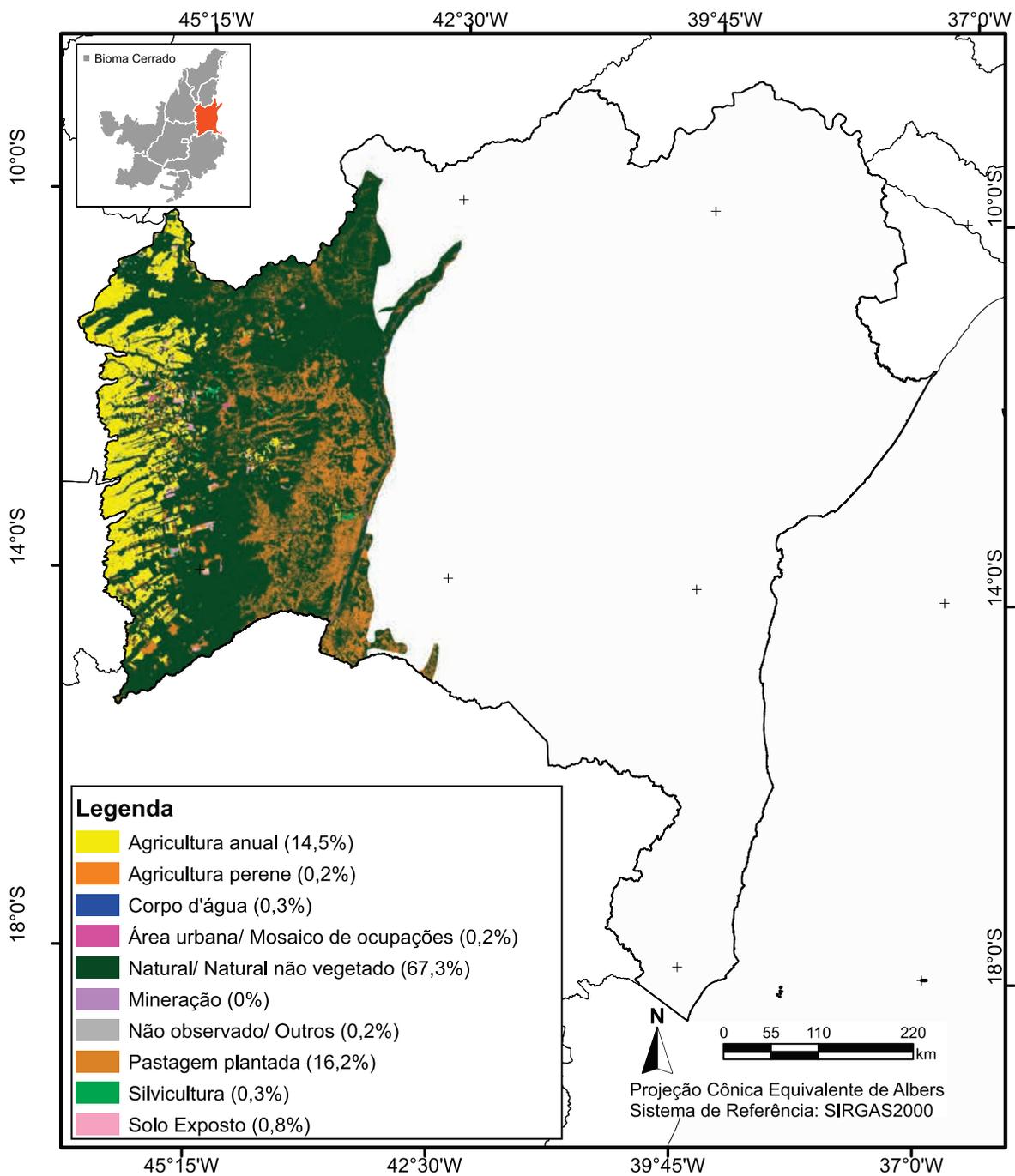
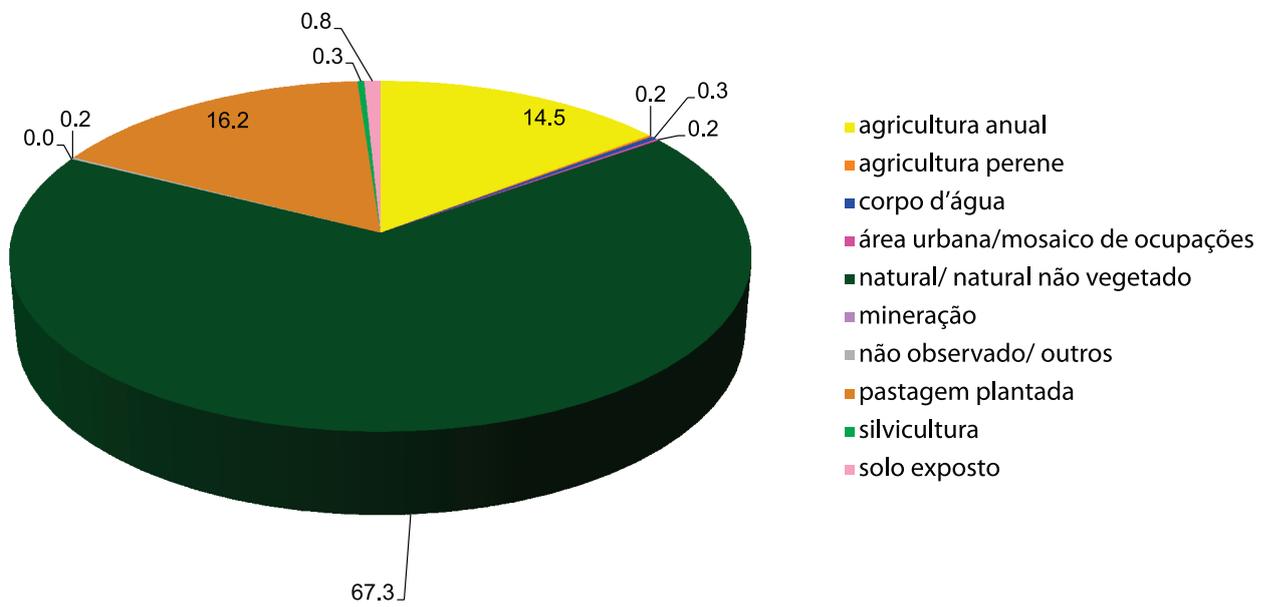


Figura 13 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado da Bahia

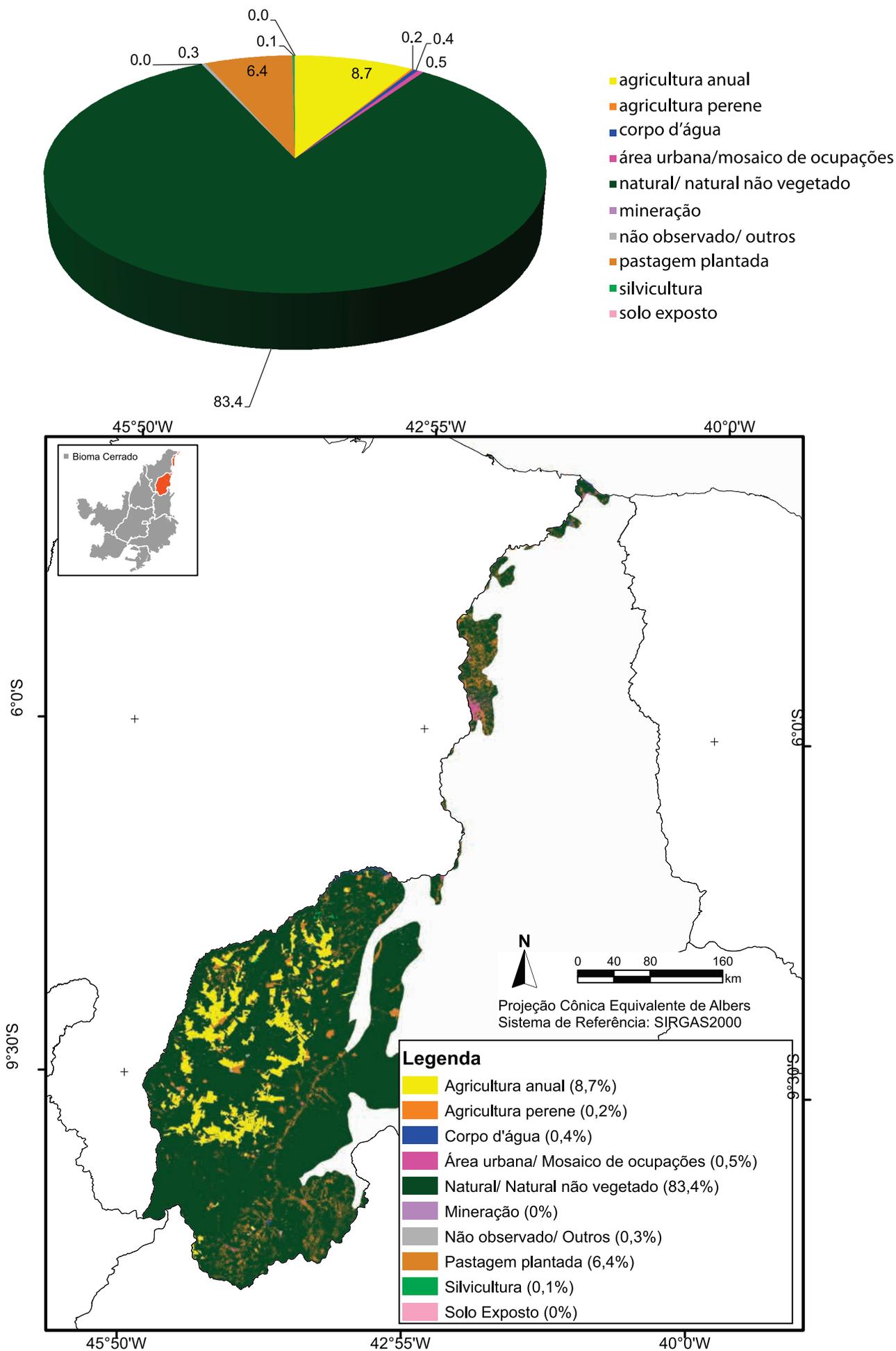


Figura 14 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado do Piauí

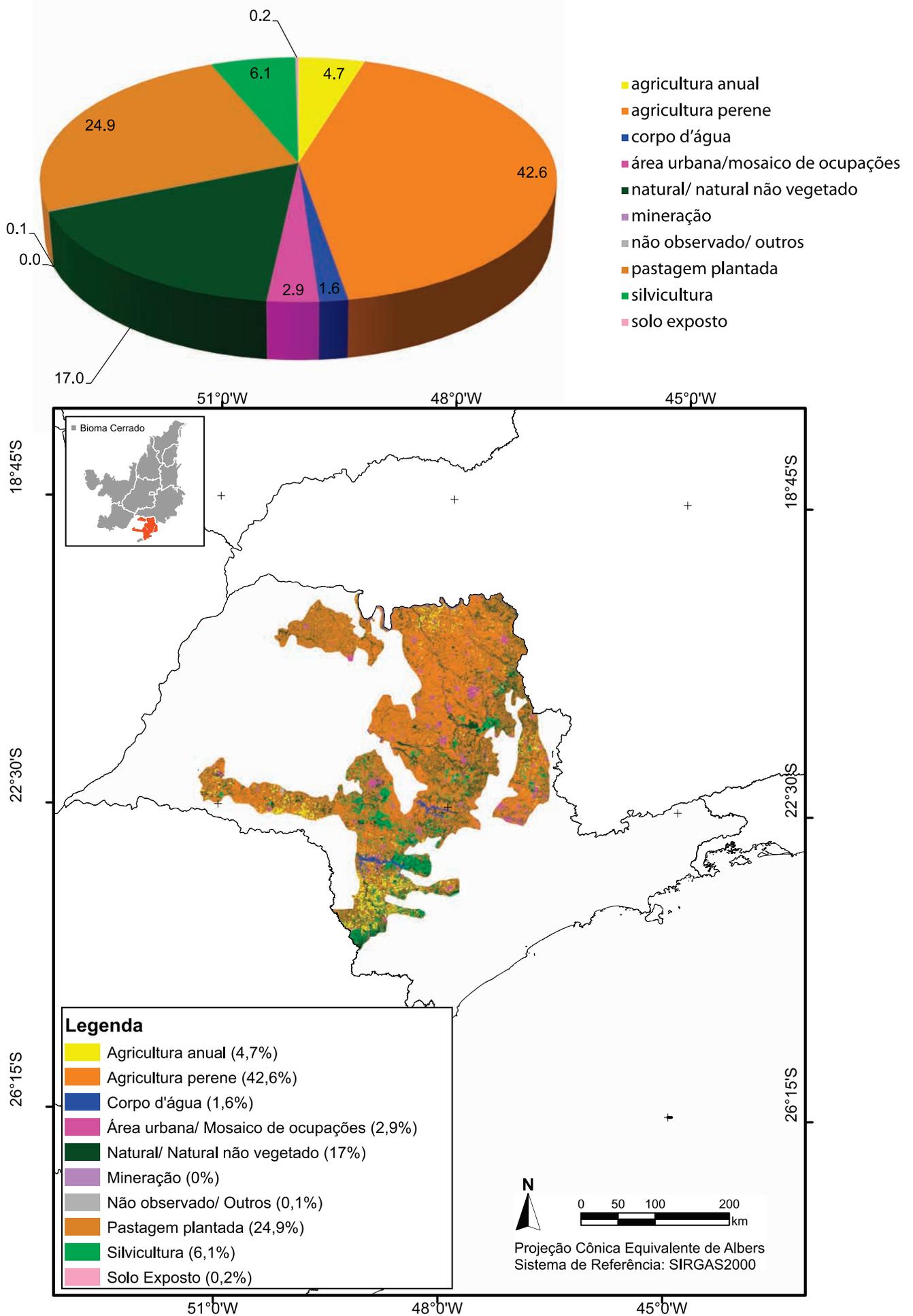


Figura 15 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado de São Paulo

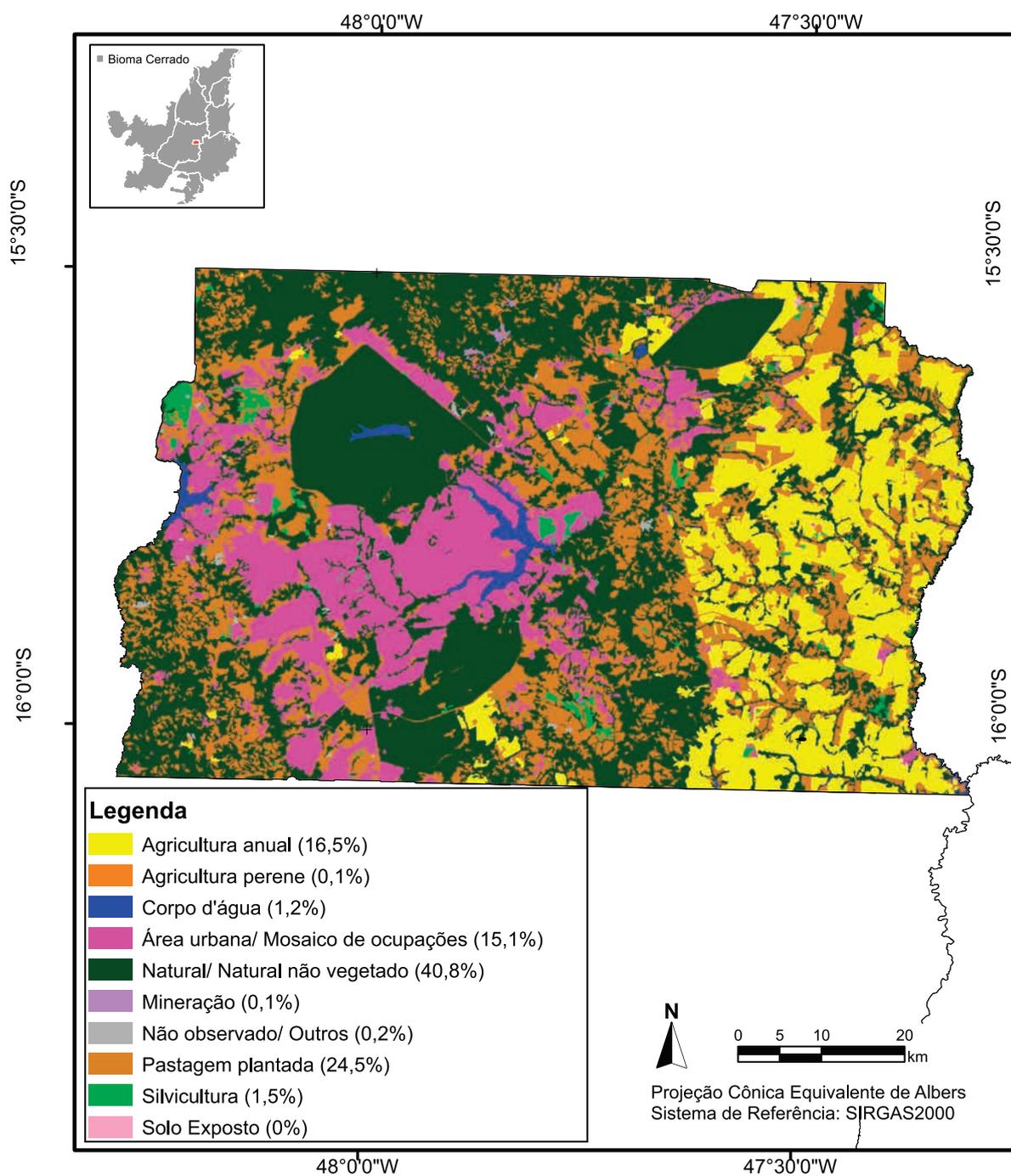
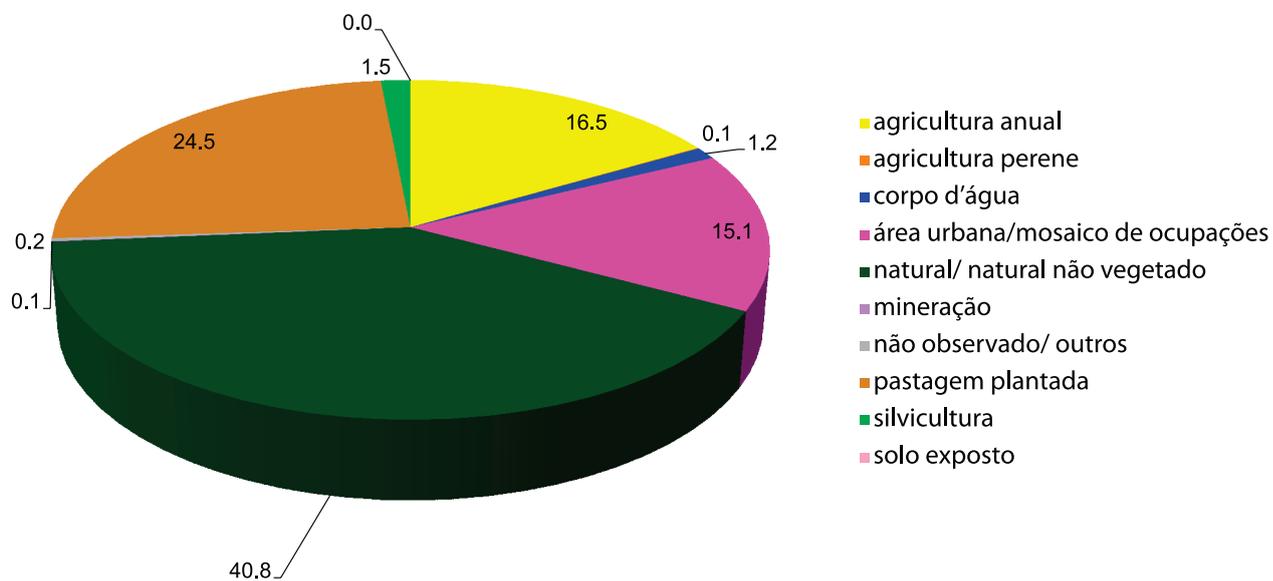


Figura 16 – Mapa de uso e cobertura da terra no Distrito Federal

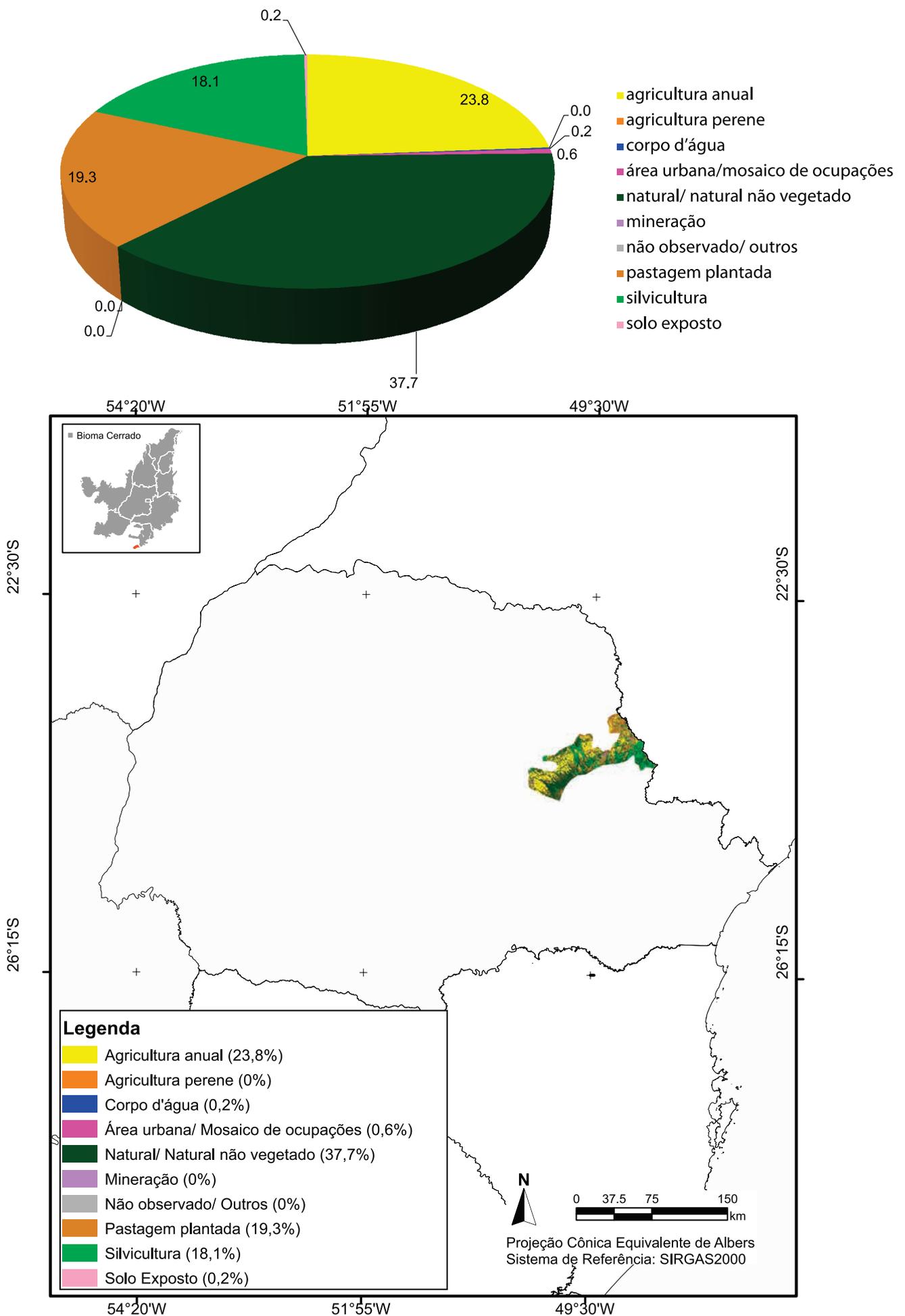


Figura 17 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado do Paraná

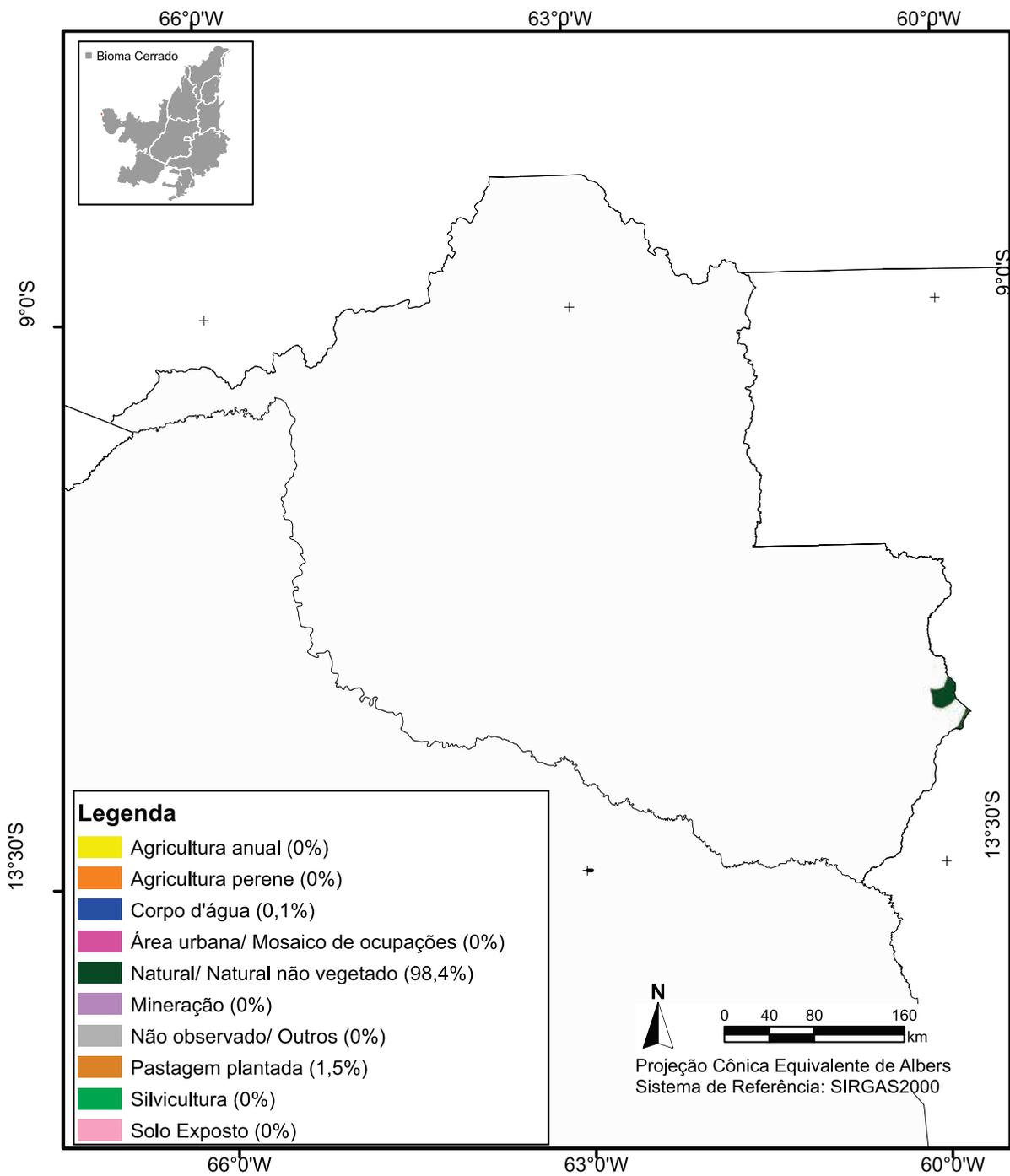
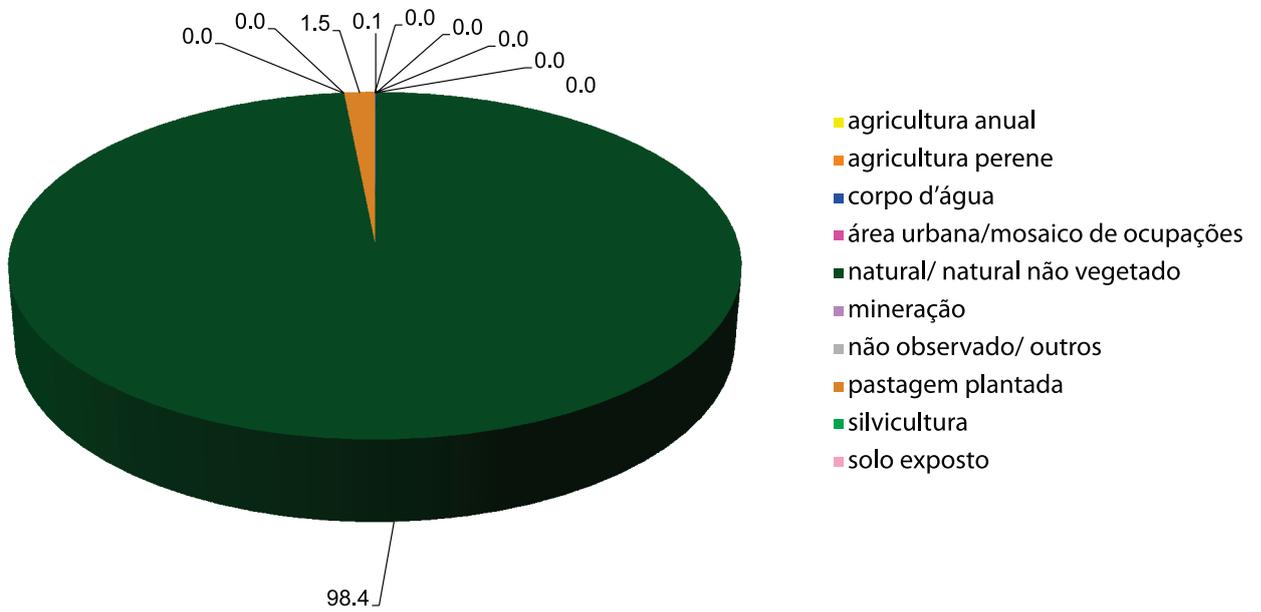


Figura 18 – Mapa de uso e cobertura da terra no estado de Rondônia



foto: Alexandre Camargo Coutinho

10

Avaliação e confiabilidade
do mapa gerado

Avaliação e confiabilidade do mapa gerado

A avaliação do resultado do mapeamento efetuado no âmbito do projeto TerraClass Cerrado foi realizada através de uma amostragem aleatória estratificada, para compor o painel amostral. Os estratos tiveram por base as classes mapeadas, sendo que em alguns casos foram efetuados agrupamento de classes, conforme relacionado abaixo:

- 1 - agricultura anual;
- 2 - agricultura perene;
- 3 - corpo d'água e área natural não vegetado;
- 4 - mineração, mosaico de ocupação e área urbana;
- 5 - outros, solo exposto e não observado;
- 6 - vegetação natural - classe florestal;
- 7 - vegetação natural - classe não florestal (savânico e campestre);
- 8 - pastagem;
- 9 - silvicultura.

Após a definição dos estratos, foi realizado o cálculo do tamanho da amostra utilizando-se a função multinomial. A distribuição da quantidade de amostras por estrato foi realizada utilizando-se do método de

alocação ótima de Neyman (COCHRAN, 1977; CONGALTON; GREEN, 2009; STEHMAN, 2012).

Posteriormente ao processo de alocação das amostras, foi criada uma página *web* para operacionalização do processo de validação do mapeamento (ADAMI et al., 2012). Esta avaliação de exatidão foi feita por meio de auditoria independente, executada por especialista em mapeamentos do Cerrado.

A página de validação utilizou a linguagem de programação PHP – *Hypertext Preprocessor* e está apoiada na API JavaScript do Google Maps, versão 3.0. Toda base de polígonos geradas pelo projeto foi convertida do formato *shapefile* para um gerenciador de banco de dados com extensão espacial PostgreSQL versão 9.2. Nesse banco de dados também foram inseridos 3.207 pontos amostrais sorteados. Adicionalmente, para cada ponto sorteado, foi gerado um recorte com um raio de 1,7 km do centro do ponto, contendo fragmentos das imagens do satélite

RapidEye, referentes à cobertura dos anos 2011 a 2013, provenientes do acervo do MMA. Também, foram recortadas imagens do satélite Landsat 8, do ano de 2013, as mesmas utilizadas no processo de mapeamento, com um raio de 10 km do centro dos mesmos pontos. Além disto, a interface *web* também disponibilizou um perfil temporal da série EVI2/MODIS (MOD13Q1) para cada ponto amostral. Este procedimento foi realizado para apoiar o auditor com uma base ampla e consistente de dados e informações, melhorando a confiabilidade do processo de validação.

Nessa interface *web* (Figura 19) o auditor selecionou cada ponto amostrado e realizou a classificação do mesmo, tendo por base então o respectivo polígono ao qual o ponto pertencia, sobreposto à base de imagens disponíveis no Google Maps, bem como pelos recortes do RapidEye e do Landsat 8, além do perfil temporal da série EVI2/MODIS (MOD13Q1).

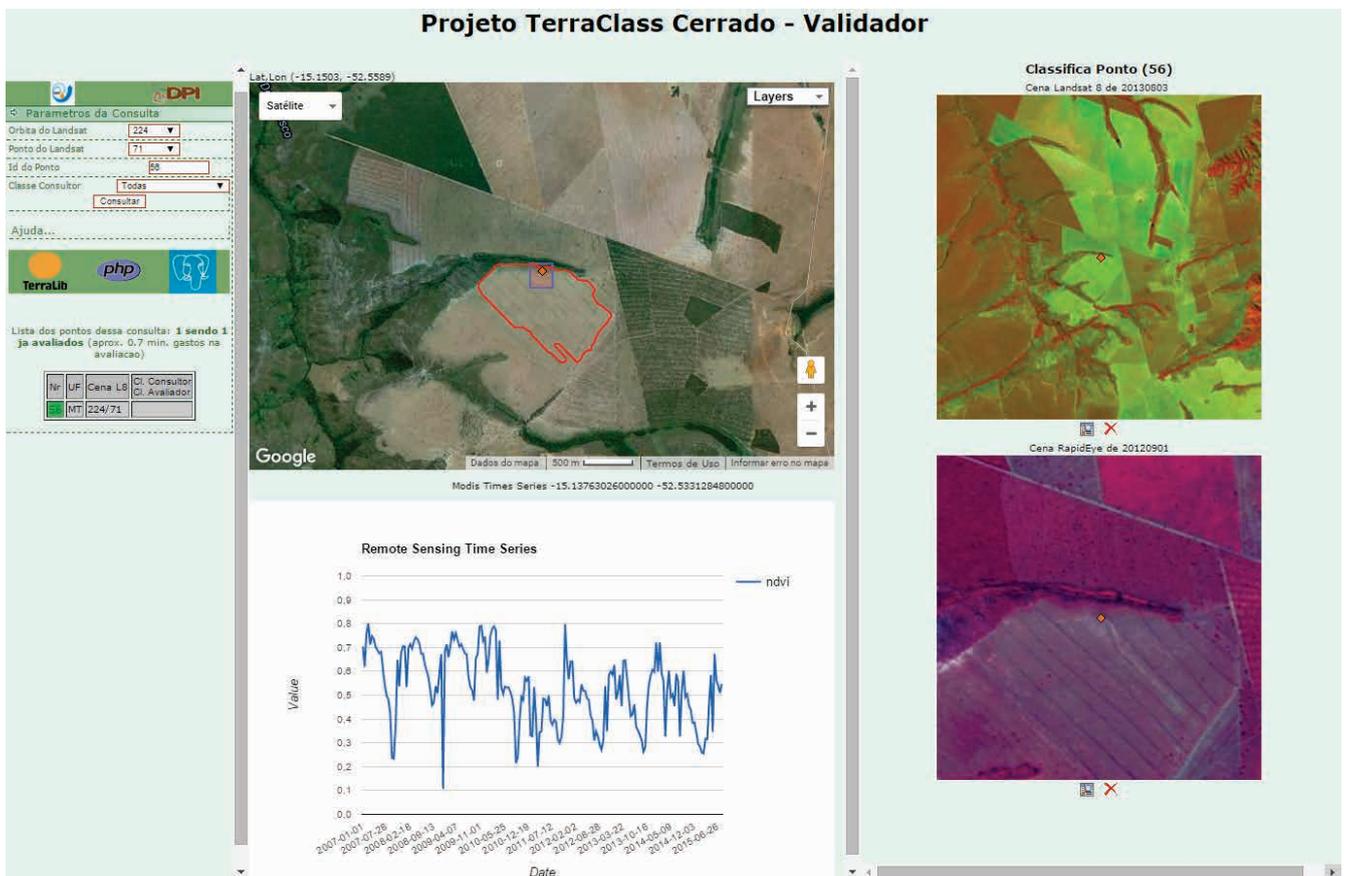


Figura 19 - Interface principal da página de validação desenvolvida para a validação.

Após a finalização da validação, foram calculadas as precisões globais, erros de omissão e inclusão (por classe) e os índices de discordância (quantidade e deslocamento e mudança), com base na matriz de contingência (ADAMI et al., 2012; PONTIUS; MILLONES, 2011; PONTIUS; SANTACRUZ, 2014; STEHMAN, 2012). Este trabalho de validação atende às necessidades de avaliação da precisão de mapeamentos e, com isto, possibilita inferências estatísticas (McROBERTS, 2011) para outros trabalhos que venham a utilizar estes dados. Além disto, viabiliza a sua comparação com outros mapeamentos desta região.

O ineditismo deste processo, aplicado ao mapeamento de larga escala com o uso de ferramentas interativas, que possibilitaram a integração de diversas fontes de dados em um mesmo ambiente, aumentou a capacidade do avaliador na tomada de decisão, especialmente em regiões complexas como o Cerrado que apresenta áreas de grande variação fitofisionômica e diversificadas formas de ocupação.

O índice de concordância geral entre o mapeamento e a validação foi de 80,2%, demonstrando uma alta confiabilidade do mapa produzido pelo TerraClass Cerrado. A Tabela 5 apresenta a

matriz de contingência, considerando os resultados da validação. Nesta tabela pode ser observada também a contribuição proporcional de cada classe para a composição dos erros de omissão e de inclusão.

Com base nos resultados da matriz de contingência, na Figura 20 são apresentados os valores médios de concordância e discordância, sendo estes últimos divididos em quantidade, deslocamento e mudança (PONTIUS; SANTACRUZ, 2014). Os erros de quantidade referem-se à diferença absoluta entre os erros de omissão e inclusão, fornecendo um indicativo do erro médio da área mapeada.

O deslocamento refere-se à componente diferença de alocação não pareada entre as classes analisadas na matriz de contingência; já a mudança refere-se ao componente de erro ocasionado por trocas

pareadas entre classes na matriz de contingência. Desta maneira, podemos afirmar que o erro médio, em área, foi da ordem de 5%, o deslocamento da ordem de 9% e a mudança da ordem de 3%. Ao somar as

discordâncias, obtêm-se um erro total de 20%, valor que pode ser considerado baixo, em função da dimensão e da complexidade, tanto dos temas mapeados, quanto da região analisada.

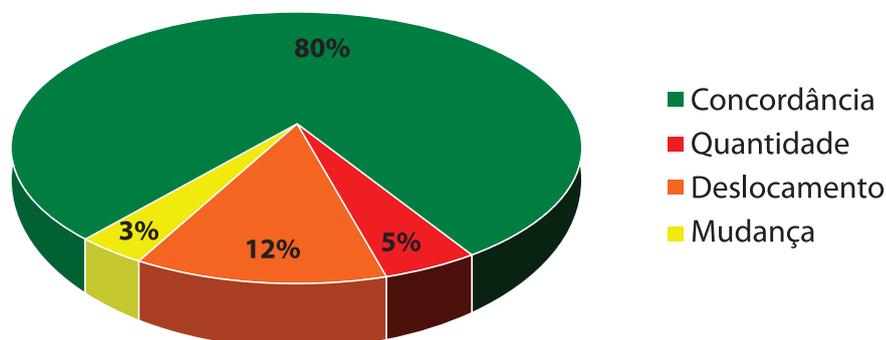


Figura 20: Percentual de concordância, quantidade, deslocamento e mudança no mapeamento do Cerrado.

Tabela 5 - Matriz de contingência com os resultados da validação ponderados pela proporção de área de cada estrato.

Classificação	Referência									Total %	Inclusão %
	Agricultura anual	Agricultura perene	Corpo d'água e área natural não vegetado	Mineração, mosaico de ocupações e área urbana	Outros, solo exposto e não observado	Vegetação natural, classe florestal	Vegetação natural, classe não florestal	Pastagem plantada	Silvicultura		
Agricultura anual	7,77%	0,16%			0,07%	0,07%		0,47%		8,53	0,76
Agricultura perene	0,15%	2,59%		0,02%		0,00%	0,04%	0,28%	0,06%	3,14	0,55
Corpo d'água e área natural não vegetado			0,78%		0,04%	0,04%				0,87	0,09
Mineração, mosaico de ocupações e área urbana	0,01%			0,48%		0,01%		0,05%		0,56	0,08
Outros, solo exposto e não observado					0,88%	0,36%	0,02	0,13%	0,04%	1,43	0,55
Vegetação natural, classe florestal	0,12%	0,04%	0,00%	0,47%	0,43%	25,14%	2,82%	4,89%	0,08%	33,99	8,85
Vegetação natural, classe não florestal					0,16%	5,12%	14,93%	0,32%	0,04%	20,56	5,63
Pastagem plantada	0,66%	0,29%			0,23%	1,20%	0,37%	26,22%	0,06%	29,42	3,20
Silvicultura	0,02%	0,04%				0,02%			1,42%	1,50	0,08
Total	8,72%	3,11%	0,78%	1,37%	1,81%	31,96%	18,17%	32,37%	1,69%	Precisão global = 80,2%	
Omissão	0,96%	0,52%	0,00%	0,89%	0,93%	6,83%	3,25%	6,15%	0,27%		

Quando ponderada com relação à classe, cinco das nove classes apresentaram concordância superior a 70%. Os estratos correspondentes às classes de agricultura anual, corpo d'água e natural não vegetado e silvicultura tiveram concordância igual ou maior a

80%. Já os estratos mineração, mosaico de ocupações e área urbana e outros, solo exposto e não observado tiveram a maior intensidade de omissão, 61% e 39%, respectivamente. Com relação à inclusão, os estratos outros, solo exposto e não observado, vegetação

natural, classe florestal e vegetação natural, classe não florestal (savânico e campestre) tiveram erros da ordem de 23%, 22% e 24%, respectivamente (Figura 21).

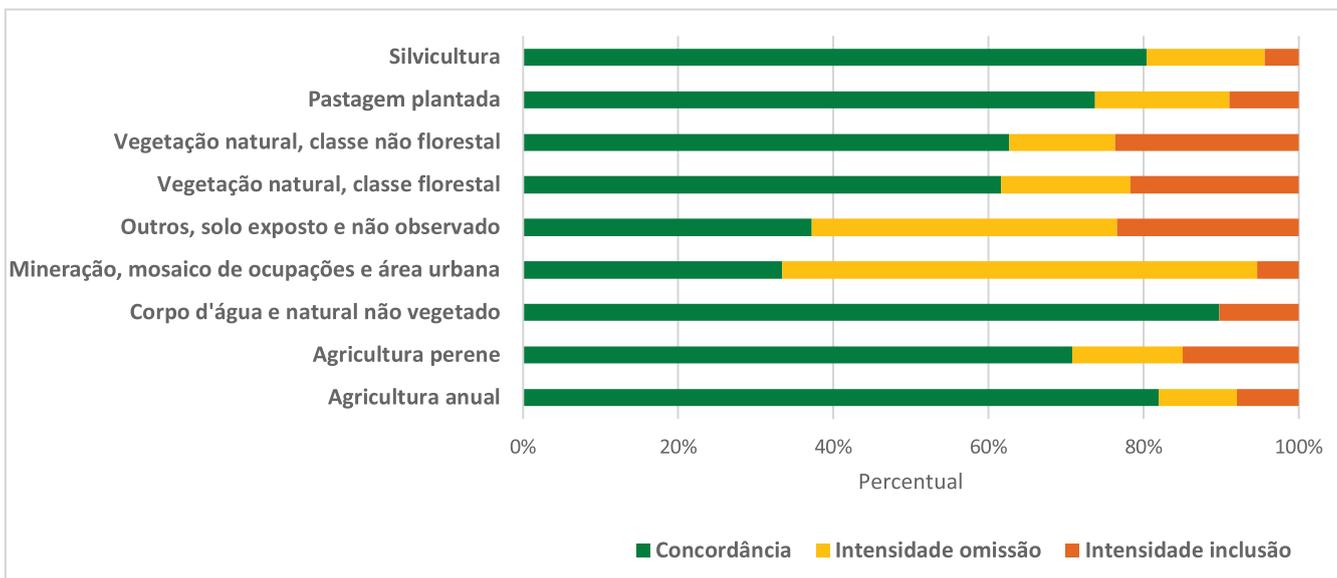


Figura 21: Percentual de concordância, intensidade de omissão e intensidade de inclusão por estrato no mapeamento do Cerrado.



foto: Elaine Barbosa da Silva

11

Próximos passos

Próximos passos

Os resultados do projeto TerraClass Cerrado representam um marco técnico-científico e institucional para a geração de informações estratégicas para a compreensão de processos envolvendo a dinâmica de uso e cobertura da terra no Cerrado brasileiro, bem como para apoiar a elaboração de políticas públicas visando a conservação e o uso sustentável de seus recursos naturais. Somando-se ao TerraClass Amazônia agora temos uma base cartográfica de cobertura e uso da terra abrangendo 73 % do Brasil, na escala 1:250.000. Nesse primeiro mapeamento no Cerrado se alcançou um nível de precisão geral de 80,2 %.

Esse mapeamento de cobertura e uso da terra evidenciou a importância da adoção da avaliação de exatidão como procedimento padrão nos mapeamentos de cobertura e uso da terra. Essa análise apresenta as margens de incerteza do mapeamento avaliadas de forma estatística e independente e consiste em um importante critério para qualificar o uso dos dados em processos de tomada de decisão.

O mapeamento das classes florestal e não florestal dentro do escopo da macro-classe áreas naturais desenvolvido no âmbito desse projeto representa mais um passo no

desafio de distinguir fitofisionomias em um mosaico complexo de tipos de vegetação como o Cerrado. Esforços adicionais precisam ser feitos para melhorar a precisão desse mapeamento, incluindo a etapa seguinte de segregar a classe não florestal em duas outras: formações arbustivas e campestres. A geração futura desses novos dados terá implicações diretas no uso sustentável e na conservação da biodiversidade do Cerrado.

Em uma perspectiva estratégica, também é evidente a necessidade da formulação e discussão de um plano nacional de monitoramento de cobertura e uso da terra para articular os diferentes esforços atuais e planejados em um arcabouço capaz de gerar sinergias.

Entre outros tópicos essa proposta de política pública precisa apresentar soluções para assegurar coerência entre métodos, arranjos institucionais integradores, rotinas de produção cartográfica mais eficientes, articulação com a pesquisa, incorporação de inovações tecnológicas, captação de recursos financeiros e a formação de recursos humanos. Esse investimento em organização e métodos é uma etapa crítica para melhorar procedimentos de coordenação e execução de

grandes projetos de mapeamento, reduzindo custos e prazos.

Uma abordagem estruturada possibilitará compatibilizar o mapeamento de cobertura e uso da terra com a geração de taxas anuais de conversão de *habitat* e sistemas de alerta de conversão de *habitat* e a implementação do SICAR. Dessa forma será possível atingir a meta de estender o mapeamento do padrão TerraClass para os 27 % de área remanescente do Brasil, cobrindo as demais regiões da Mata Atlântica, Pantanal, Caatinga e Pampa, além de assegurar a continuidade no longo prazo do mapeamento em escala nacional, estabelecendo uma série histórica com frequência anual ou bi-anual.



foto: Alexandre Camargo Coutinho

12

Referências

Referências

- ADAMI, M.; MELLO, M. P.; AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SOUZA, A. F. D. A Web Platform Development to Perform Thematic Accuracy Assessment of Sugarcane Mapping in South-Central Brazil. **Remote Sensing**, Basel, v. 4, n. 10, p. 3201-3214, 2012.
- ANUALPEC: Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2012.
- ARIMA, E.; BARRETO, P.; BRITO, M. **Pecuária na Amazônia**: tendências e implicações para a conservação ambiental. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 2005. 76p.
- BARBOSA, Altair Sales; SCHIMITZ, Pedro Ignácio. Ocupação Indígena do Cerrado: esboço de uma história. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.
- BECKER, B. K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias Estratégicas**, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Centro de Estudos Estratégicos, n. 12., Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência, p. 135 - 159, 2001.
- BRASIL. **II Plano Nacional de Desenvolvimento (1975-79)**. Brasília, DF: Seplan, 1975. Sugestões Literárias S.A.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cadeia produtiva da carne bovina. Brasília, DF: IICA : MAPA/SPA, 2007. 86p. (Agronegócios, 8).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - PLANAVEG**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/proposta-para-recuperacao-da-vegetacao-em-largaesca>>. Acesso em: 15 Jun. 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação - CNUC (2010). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>>. Acesso em 11 setembro 2015.
- CARVALHO, F.M.V; DE MARCO, P.; FERREIRA, L.G. The Cerrado into-pieces: habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009.
- COCHRAN, W.G. **Sampling techniques**. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 428p.
- CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of remotely sensed data**: principles and practices. 2. ed. New York: Taylor & Francis Group, 2009.
- COUTINHO, A. C.; ALMEIDA, C.; VENTURIERI, A.; ESQUERDO, J. C. D. M.; SILVA, M. Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal: TerraClass 2008. Brasília, DF: Embrapa; São José dos Campos: Inpe, 2013. 107 p.

COUTINHO, A.C. ESQUERDO, J.C.D.M., de OLIVEIRA, L.S.; LANZA, D.A. Methodology for systematical mapping of annual crops in Mato Grosso do Sul state (Brazil). **Geografia**, v. 38, n. 1, p. 45-54, 2013b.

EMBRAPA. Produtos, Processos e Serviços. **Sistema de Observação e Monitoramento da Agricultura no Brasil (SOMABRASIL)**. 2012. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-eservicos/-/produto-servico/1345/sistema-de-observacao-e-monitoramento-da-agricultura-no-brasil-somabrasil> >. Acesso em: 13 abr. 2015.

ESQUERDO, J. C. D. M.; COUTINHO, A. C.; ANTUNES, J. F. G. Uso combinado de dados NDVI/MODIS dos satélites Terra e Aqua no monitoramento multi-temporal de áreas agrícolas. In: In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 431a 437.

FERREIRA, N. C.; FERREIRA JUNIOR., L. G.; HUETE, A. R; FERREIRA, M. E. An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 28, n. 1, p. 47-62, 2007.

FREITAS, R. M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; SOUZA, A. F.; SATO, F. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; RUDORFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, São José dos Campos, v. 2, n. 1, p. 57-68, 2011. doi: 10.6062/jcis.2011.02.01.0032. <http://www.epacis.net/jcis>

IBAMA. **Relatório técnico de monitoramento do desmatamento no bioma cerrado, 2002 a 2008:** dados revisados. [Brasília: MMA], 2009. Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA/PNUD Disponível em: <http://mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_tecnico_monitoramento_desmate_bioma_cerrado_csr_rev_72_72.pdf>. Acessado em 25. jun.2015

IBAMA. **Monitoramento do Bioma Cerrado 2009-2010**. 2010. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatoriofinal_cerrado_2010_final_72_1.pdf >. Acesso em: 25. jun. 2015.

IBGE. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 26 maio 2015.

CENSO AGROPECUÁRIO. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Resultados preliminares. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/49/agro_2006_resultados_preliminares.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2015.

INOCÊNCIO, M. E. **As tramas do poder na territorialização do capital no Cerrado:** o Prodecer. 2010. 272 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiania.

INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Reflora**: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do?lingua=pt>>. Acesso em: 26 maio 2015.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, n. 3, p.707-713, 2005.

LEITE, M. E.; BRITO, J. L. S. Sensoriamento Remoto e SIG aplicados ao mapeamento do uso do solo urbano de Montes Claros/MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. P. 933-940.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. DA.; JUSCELINO, A. DE A. Uso racional da água na agricultura. In: PARRON, L. M.; AGUIAR, L. M. de S.; DUBOC, E.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; CAMARGO, A. J. A. de; AQUINO, F. de G. (Ed.). **Cerrado**: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. Cap. 3, p. 63-91.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D.; SANTOS, N.; TABOR, K.; STEININGER, M. .. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservation International do Brasil, 2004.

MALHADO, A.C.M.; PIRES, G.F.; COSTA, M.H. Cerrado conservation is essential to protect the Amazon rainforest. **Ambio**, v. 39, n. 8, p. 580-584, 2010.

McROBERTS, R. E. Satellite image-based maps: Scientific inference or pretty pictures? **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 115, n. 2, p. 715-724, 2011.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. DA; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Estados Unidos, v. 403, n. 6772, p. 853-858, jan. 2000.

MOREIRA, M. A; BARROS, M. A; RUDORFF, B. F. T. Geotecnologias no mapeamento da cultura do café em escala municipal. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 101-110, 2008.

MUELLER, C. C.; MARTHA JÚNIOR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Org). **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. cap 4, p 105-172. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search_pbl/1?q=Savanas>. Acesso em: 20 nov. 2014.

PIRES, M. O. Programas agrícolas na ocupação do Cerrado. **Sociedade e Cultura**, Goiânia, v. 3, n. 1-2, p. 111-131, 2000.

PONTIUS, R.G.; MILLONES, M. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 32, n. 15, p. 4407-4429, 2011.

PONTIUS, R.G.; SANTACRUZ, A. Quantity, exchange, and shift components of difference in a square contingency table. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 35, n. 21, p. 7543-7554, 2014.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. v. 1, p. 151-212.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**, Basel, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 9 abr. 2010.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília - DF, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L.G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 166, n. 1-4, p. 113-124, 2010.

SILVA, E. B. d. S. **A dinâmica socioespacial e as mudanças na cobertura e uso da terra no bioma Cerrado**. 2013. 148 f. : il. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, PPGeo, Goiânia. Disponível em: <<http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/pmdutos/apresentacoes/viewdownload/9-tese/801-adinamica-socioespacial-e-as-mudancas-na-cobertura-e-uso-da-terra-no-bioma-cerrado>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

SOARES - FILHO, B.; RAJO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, Washington, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.

STEHMAN, S.V. Impact of sample size allocation when using stratified random sampling to estimate accuracy and area of land-cover change. **Remote Sensing Letters**, New York, v. 3, n. 2, p. 111-120, 2012.

WARDLOW, B.D.; KASTENS, J.H.; EGBERT, S.L. Using USDA Crop Progress Data and MODIS TimeSeries NDVI for Regional-Scale Evaluation of Greenup Onset Date. **Photogrammetric Engineering and RemoteSensing**, Falls Church, v. 72, n. 11, p. 1225-1234, 2006.



TerraClass



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

Ministério do
Meio Ambiente

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA