

Capítulo 1

Características gerais da paisagem do Cerrado

Edson Eyji Sano

Giovana Maranhão Bettiol

Eder de Souza Martins

Antônio Felipe Couto Júnior

Vinícius Vasconcelos

Édson Luis Bolfe

Daniel de Castro Victoria

Introdução

O limite e a área total do bioma Cerrado têm passado por alterações ao longo dos anos. O primeiro limite foi proposto na década de 1980, em uma escala de aproximadamente 1:5.000.000, com base nos mapas de vegetação do Projeto RadamBrasil¹ (Adámoli et al., 1985). Com o advento de aplicativos de sistema de informações geográficas (SIG) no início da década de 1990, esse mapa foi digitalizado no Laboratório de Biofísica Ambiental da Embrapa Cerrados por meio do software Sistema Geográfico de Informações (SGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). A área estimada pela função de cálculo de áreas do referido programa foi de 207,4 milhões de hectares. Esse limite foi utilizado em estudos de análise da frequência e probabilidade de ocorrência de veranicos no Cerrado (Assad et al., 1993) e do potencial do Cerrado para produção de alimentos (Macedo, 1995).

Em 2004, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) lançou o mapa dos biomas continentais do Brasil na escala de 1:5.000.000 (IBGE, 2004). A área estimada para o Cerrado foi de 203,6 milhões de hectares. No entanto, a estimativa obtida pela função de cálculo de áreas disponível no programa ArcView 3.2 resultou em uma área de 204,7 milhões de hectares, valor considerado no mapeamento de uso e cobertura de terras do Cerrado no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio) (Sano et al., 2010).

¹ Mapa não publicado, mas disponibilizado para Embrapa Cerrados em formato analógico, em tamanho A3 e em coordenadas geográficas, sem especificação da projeção cartográfica e nem do referencial geodésico. A área estimada a partir desse mapa analógico (calculado com planímetro mecânico) foi de 203,7 milhões de hectares.

Mais recentemente, o mesmo arquivo vetorial do IBGE foi utilizado para atualizar o mapa de uso e cobertura de terras do Cerrado de 2013 no âmbito do Projeto TerraClass Cerrado (Brasil, 2015). Nesse estudo, a área total do Cerrado considerada foi de 203,9 milhões de hectares. Essa última área foi obtida conforme a metodologia de cálculo de áreas do IBGE (2017), que propôs o uso de projeção cônica equivalente de Albers e *datum* SIRGAS2000, com latitude de origem de -12° e longitude de origem de -54° . Leitores devem atentar para o lançamento de uma atualização, por parte do IBGE, do mapa de biomas brasileiros em uma escala mais refinada, passando de 1:5.000.000 para 1:250.000. Quando esse produto for lançado, possivelmente a área do Cerrado será novamente alterada.

Uso da terra




O mapeamento mais recente e mais detalhado do uso da terra do Cerrado é o produzido pelo projeto Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra do Cerrado (TerraClass Cerrado 2013)² (Brasil, 2015). Os dados básicos desse projeto foram 121 imagens do satélite Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) de 2013 necessárias para cobrir o referido bioma. A área mínima de mapeamento foi de 6,25 ha, consistente com a área mínima adotada pelo projeto TerraClass Amazônia (Almeida et al., 2016). As seguintes classes temáticas foram mapeadas: floresta, não floresta e natural não vegetado (cobertura natural); agricultura anual, agricultura perene, área urbana, mineração, mosaico de ocupação, pastagem plantada, silvicultura e solo exposto (cobertura antrópica); além de corpos d'água e não identificado (queimadas e nuvens/sombra).

Na Tabela 1, são mostradas as chaves de interpretação e exemplos de recortes de composições coloridas RGB/564 (predominantemente da estação seca, de maio a outubro) das classes temáticas mais representativas mapeadas pelo projeto TerraClass Cerrado 2013. Nessa composição colorida, as formações florestais aparecem com coloração avermelhada, enquanto as formações campestres (não florestais) aparecem com coloração esverdeada. Agricultura anual (principalmente soja, milho e algodão) é identificada nas imagens pelo padrão predominantemente esbranquiçado ou rosa, com formas geométricas bem definidas. Silvicultura, com níveis altos de biomassa e topo do dossel uniforme, raramente é confundida com outros alvos por causa do seu padrão vermelho brilhante e textura lisa. Áreas urbanas apresentam coloração azulada e padrão geométrico bastante regular.

Embora os recortes de imagens apresentem, em princípio, padrões tonais e texturais bastante distintos, nem sempre o mapeamento das classes temáticas representativas do Cerrado é imediato. A separação de pastagens cultivadas das formações


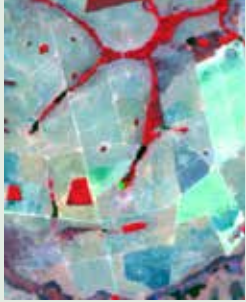
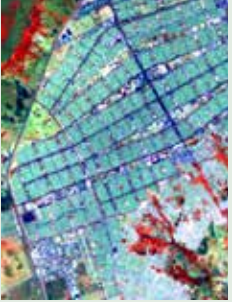

² Esse projeto foi coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e contou com equipe técnica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), da Universidade Federal de Goiás (UFG) e da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Tabela 1. Chave de interpretação de composições coloridas RGB/564 das classes com maiores expressões em área utilizada pelo projeto TerraClass Cerrado (Brasil, 2015) para produzir o mapa de uso e cobertura da terra do bioma Cerrado.

Classe temática	Chave de interpretação	Recorte de imagem Landsat-8 OLI
Formação florestal	<p>Cor: vermelho-escuro Textura: rugosa Contexto: padrão irregular, com presença de sombras no topo do dossel, responsável pela textura rugosa nas imagens Local: Novo São Joaquim, MT Data da imagem: 25/7/2013</p>	
Formação não florestal	<p>Cor: verde Textura: lisa Contexto: padrão irregular, à medida que a densidade de arbustos e árvores vai aumentando, a cor vai se alterando para vermelha Local: Mineiros, GO Data da imagem: 3/8/2013</p>	
Agricultura anual	<p>Cor: verde-clara, rosa, branca (palhada seca), magenta (com irrigação) Textura: lisa Contexto: padrão regular, possibilidade de identificação de talhões Local: Luís Eduardo Magalhães, BA Data da imagem: 23/8/2013</p>	

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Classe temática	Chave de interpretação	Recorte de imagem Landsat-8 OLI
Agricultura perene	<p>Cor: vermelho-alaranjada Textura: lisa a intermediária Contexto: padrão regular, possibilidade de identificação de talhões esbranquiçados (áreas colhidas) Local: Ribeirão Preto/Sertãozinho, SP Data da imagem: 7/8/2013</p>	
Pastagem cultivada	<p>Cor: rosa-claro Textura: lisa a intermediária Contexto: presença de rebrotas de vegetação de Cerrado, solo exposto e cupinzeiros tornam a textura mais rugosa nas imagens Local: São Miguel do Araguaia, GO Data da imagem: 28/8/2013</p>	
Área urbana	<p>Cor: azul-esbranquiçada Textura: rugosa Contexto: padrão regular de vias de acesso e quadras Local: Brasília, DF Data da imagem: 29/7/2013</p>	
Silvicultura	<p>Cor: vermelho brilhante Textura: lisa Contexto: padrão regular, comum estarem associadas com áreas esbranquiçadas, correspondentes a áreas de colheita de madeira Local: Três Lagoas, MS Data da imagem: 27/7/2013</p>	

Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

campestres, classificadas como formações não florestais, foi um dos principais desafios desse mapeamento. A discriminação foi feita com base principalmente na forma geométrica, mais regular para pastagens cultivadas, e nos dados auxiliares do Censo Agropecuário do IBGE. A separação entre agricultura anual e agricultura perene foi outro desafio enfrentado. Nesse caso, foi feita uma análise concomitante de séries temporais de índice de vegetação do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Modis), as quais foram visualizadas por meio da ferramenta web denominada de Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SatVeg), desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária.

A área antropizada do Cerrado, isto é, coberta com culturas agrícolas, pastagens cultivadas, silvicultura, áreas urbanas, áreas de mineração, mosaico de ocupações e solo exposto, correspondeu a 43,6% do bioma (Tabela 2) (Scaramuzza et al., 2017). Pastagens plantadas, com cerca de 60 milhões de hectares, é a classe de uso da terra mais expressiva no bioma. As principais culturas agrícolas encontradas no Cerrado foram: a) culturas anuais de sequeiro, isto é, os extensos plantios de soja, milho e algodão encontrados predominantemente em terrenos planos (platôs ou chapadões) e em solos profundos, ácidos, com baixa fertilidade e elevada concentração de sílica e alumínio; b) culturas perenes, notadamente os plantios de café irrigado e de *Citrus*;

Tabela 2. Cálculo de área ocupada por classes de uso e cobertura da terra do Cerrado para o ano de 2013.

Macroclasse	Classe	Área (ha)	(%) no bioma
Antrópico	Agricultura anual	17.417.900	8,54
	Agricultura perene	6.423.700	3,15
	Mineração	28.000	0,01
	Mosaico de ocupação	234.400	0,11
	Pastagem plantada	60.084.000	29,46
	Silvicultura	3.060.700	1,50
	Solo exposto	360.900	0,18
	Área urbana	885.200	0,43
	Outras	7.300	0,00
	Subtotal	88.502.100	43,40
Natural	Florestal	41.884.000	20,54
	Não florestal	69.237.700	33,95
	Natural não vegetado	263.000	0,13
	Corpos d'água	1.502.500	0,74
	Não observado	2.534.800	1,24
	Subtotal	115.422.000	56,60
Total	203.924.100	100,00	

e c) cana-de-açúcar, considerada como cultura semiperene. Mais detalhes sobre os resultados do mapeamento de uso e cobertura da terra do bioma são apresentados no capítulo Potencialidades para intensificação e diversificação agrícola do Cerrado.

Essa forte pressão de ocupação agrícola tem causado perda de biodiversidade, fragmentação e degradação de remanescentes de vegetação natural do Cerrado (Klink; Machado, 2005). Além disso, do bioma apenas 3% são protegidos legalmente por meio de unidades de conservação de proteção integral (Françoso et al., 2015). Dentro desse contexto, o governo federal tem adotado políticas de implantação de agricultura ambientalmente sustentável por meio de programas como o Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que incentiva a adoção de práticas agrícolas de intensificação da produção agropecuária como integração lavoura-pecuária. Os produtores estão se conscientizando cada vez mais da necessidade de conservação do Cerrado, principalmente para proteger os seus recursos hídricos, bastante sensíveis ao fenômeno de mudanças climáticas. Além disso, o mercado interno e externo está cada vez mais atento em restringir compras de produtos oriundos de áreas associadas a desmatamentos recentes.

Comparando-se os dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009) com os dados preliminares do mesmo censo de 2017 (IBGE, 2018), as áreas do Cerrado ocupadas com culturas agrícolas anuais, culturas agrícolas perenes, pastagens cultivadas em boas condições e pastagens cultivadas degradadas passaram de 60,3 milhões de hectares para 67,9 milhões de hectares, o que equivale a um aumento de 13% em 11 anos (aumento de 1,1% ao ano) (Tabela 3). Esse aumento de 7,6 milhões de hectares foi praticamente decorrente do aumento das áreas de culturas anuais no Cerrado e principalmente nos estados de Tocantins e Piauí, que apresentaram acentuado aumento de 132% e 149%, respectivamente. Em todos os estados (exceto Bahia), foi verificada uma redução nas áreas de pastagens nativas, provavelmente em decorrência da sua substituição por gramíneas exóticas mais produtivas, principalmente pelo capim *Brachiaria*, ou mesmo por algum tipo de cultura agrícola. As áreas totais de pastagens cultivadas tiveram um acréscimo de 1,8 milhão de hectares.

Ecorregiões do Cerrado

Políticas públicas voltadas para implantação de agricultura ambientalmente sustentável no Cerrado ou para conservação de sua biodiversidade precisam levar em consideração a diversidade ecológica da paisagem. Uma das formas mais eficientes para isso é considerar o bioma como sendo constituído por diferentes ecorregiões. Uma ecorregião pode ser definida como sendo uma assembleia geograficamente definida de comunidades naturais com condições ambientais similares nas quais as interações ecológicas são críticas para a sobrevivência dessas comunidades em um tempo relativamente longo (Dinerstein et al., 1995). Trata-se ainda de uma região onde os componentes do ecossistema terrestre e aquático são diferentes ou no mínimo menos variáveis que os de outras regiões (Omernik; Bailey, 1997).

Tabela 3. Áreas ocupadas, em hectares, por culturas perenes, por culturas anuais, pastagens nativas, pastagens cultivadas em boas condições e pastagens degradadas no bioma Cerrado em 2006 e 2017.

Unidade federativa	Cultura perene		Cultura anual		Pastagem nativa		Pastagem cultivada em boa condição		Pastagem degradada	
	2006	2017	2006	2017	2006	2017	2006	2017	2006	2017
BA	72.524	96.094	1.381.225	2.223.362	437.981	477.685	1.323.302	1.109.228	227.284	510.642
DF	6.020	9.304	87.403	99.566	32.920	31.613	42.287	27.751	4.590	2.744
GO	223.270	214.307	2.847.716	4.425.503	3.032.059	2.722.191	11.033.735	11.017.357	932.673	903.973
MA	195.888	83.873	1.338.015	1.041.199	1.033.210	673.776	1.561.592	2.034.405	245.505	309.924
MG	586.255	756.925	1.834.887	2.921.894	3.114.660	2.507.967	5.562.316	6.209.021	729.473	1.450.241
MS	40.929	99.386	1.063.088	2.013.001	1.851.420	1.836.487	9.872.612	9.439.764	547.854	285.985
MT	140.211	44.550	3.442.463	5.548.656	2.064.941	1.391.614	5.376.448	6.063.578	788.974	697.771
PI	34.848	52.627	376.359	938.561	418.723	325.285	240.884	266.798	45.599	88.426
PR	842	155	6.966	14.049	3.584	3.147	5.748	9.883	115	837
SP	721.106	592.076	2.418.276	3.073.422	670.172	456.036	680.011	557.437	53.754	7.920
TO	86.114	162.661	411.266	957.398	2.709.601	2.234.311	3.237.860	4.120.976	464.187	669.226
Total	2.108.008	2.019.360	15.207.666	21.124.744	15.369.270	12.204.156	38.936.794	40.294.221	4.040.009	4.440.522

Fonte: IBGE (2018).

O primeiro mapa de ecorregiões do Cerrado, com 22 unidades, foi proposto por Arruda (2003) e Arruda et al. (2008), sendo revisado por Sano et al. (2019). Essa revisão foi justificada por causa do novo limite do Cerrado proposto por IBGE (2004) e por causa da disponibilidade de dados espaciais mais atualizados³ que permitiram delinear, com maior acurácia, os limites internos entre as unidades, além de reduzir o número de ecorregiões para 19 unidades.

Na Figura 1, é mostrado o mapa revisado de ecorregiões do Cerrado com as seguintes unidades: Alto Parnaíba, Alto São Francisco, Araguaia Tocantins, Bananal, Basaltos do Paraná, Bico do Papagaio, Chapada dos Parecis, Chapadão do São Francisco, Complexo Bodoquena, Costeiro, Depressão Cárstica do São Francisco, Depressão Cuiabana, Floresta de Cocais, Jequitinhonha, Paracatu, Paraná-Guimarães, Parnaguá, Planalto Central e Vão do Paranã. As ecorregiões do Paraná-Guimarães e Araguaia Tocantins são as mais extensas, ocupando 17,9% e 14,0% do Cerrado, respectivamente.

Na Figura 2, são mostradas as características biofísicas das ecorregiões do Cerrado em termos de precipitação, compartimentação geomorfológica, unidades pedológicas e temperatura de superfície. Existem diferentes maneiras de analisar espacialmente o regime de chuvas de uma determinada região. A primeira é por meio de técnicas de interpolação de dados pontuais provenientes de estações pluviométricas. Nesse caso, a técnica de Krigagem (ordinária ou universal) é uma das mais utilizadas. Por exemplo, Silva et al. (2008) apresentaram a caracterização climática do Cerrado em termos de precipitação, temperatura, radiação solar, evapotranspiração e umidade relativa do ar com base nessa estratégica metodológica. Uma das principais limitações dessa abordagem é que os atributos climáticos, notadamente aqueles relacionados com precipitação, geralmente não se constituem em fenômenos que exibem distribuição espacial contínua e gradativa.

Outra abordagem é o uso de estimativas de precipitação derivadas de sensores a bordo de satélites como o Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), lançado em 27 de novembro de 1997. Dados de precipitação derivados de satélites são importantes para regiões com baixa densidade de estações pluviométricas. Alguns estudos (Melo et al., 2015) têm mostrado que os dados mensais ou anuais de precipitação do TRMM são relativamente confiáveis.

Neste capítulo, a distribuição da precipitação média anual no Cerrado é apresentada com base nos dados disponibilizados pelo banco de dados denominado WorldClim 2 (Fick; Hijmans, 2017). Esses dados indicam que a precipitação anual varia entre 650 mm a 2.250 mm, aumentando de leste (limite com o bioma Caatinga) para oeste (limite com o bioma Amazônia). A precipitação média anual é de 1.394 mm, com desvio-padrão de 255 mm. Esses dados estão relativamente próximos dos estimados

³ Notadamente os dados do relevo derivados da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), dados de precipitação derivados do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) ou dados de temperatura da superfície da Terra da base de dados WorldClim 2.

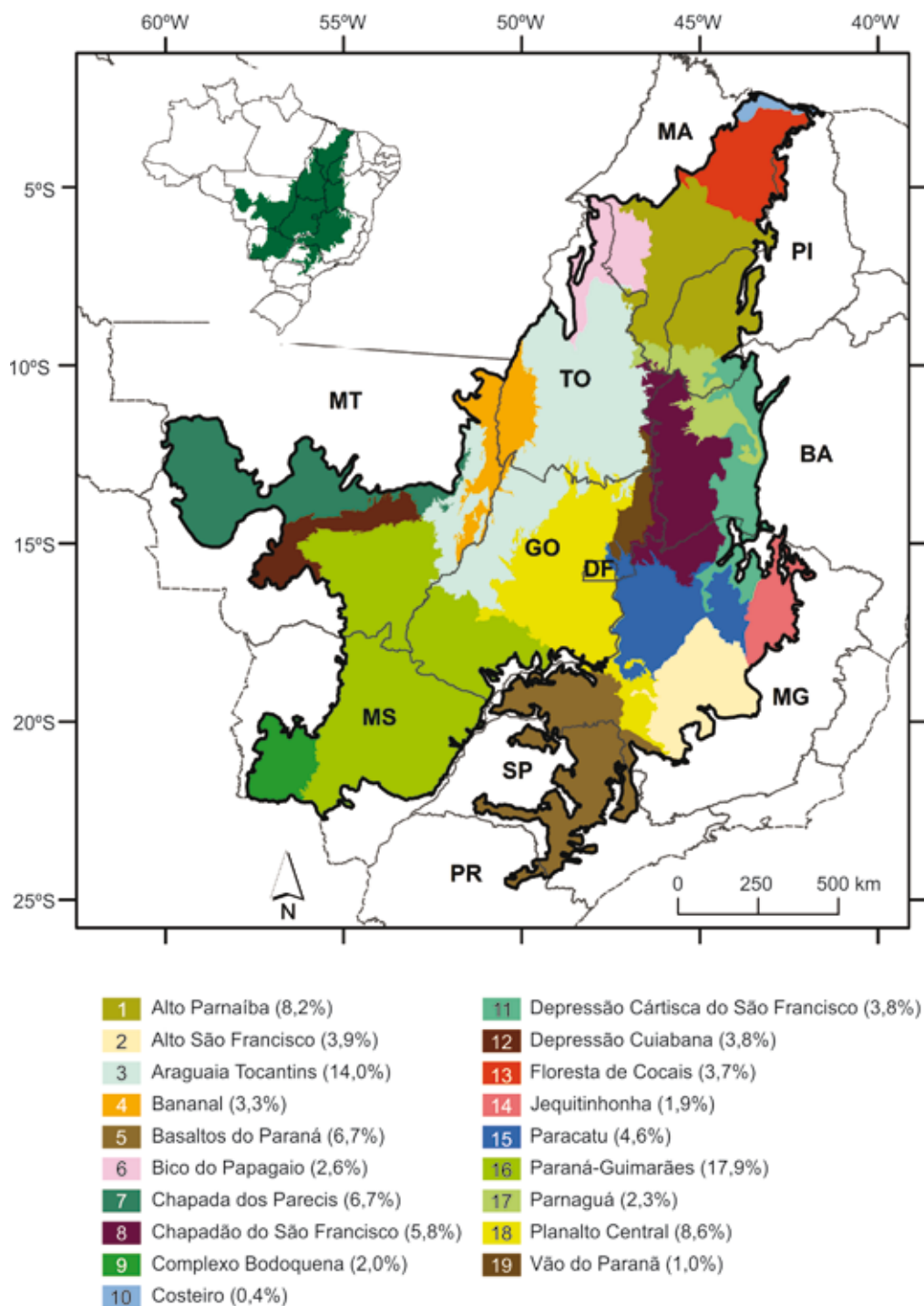


Figura 1. Divisão de ecorregiões do Cerrado e indicativos percentuais (entre parênteses na legenda) em área de cada ecorregião no bioma.

Fonte: Sano et al. (2019).

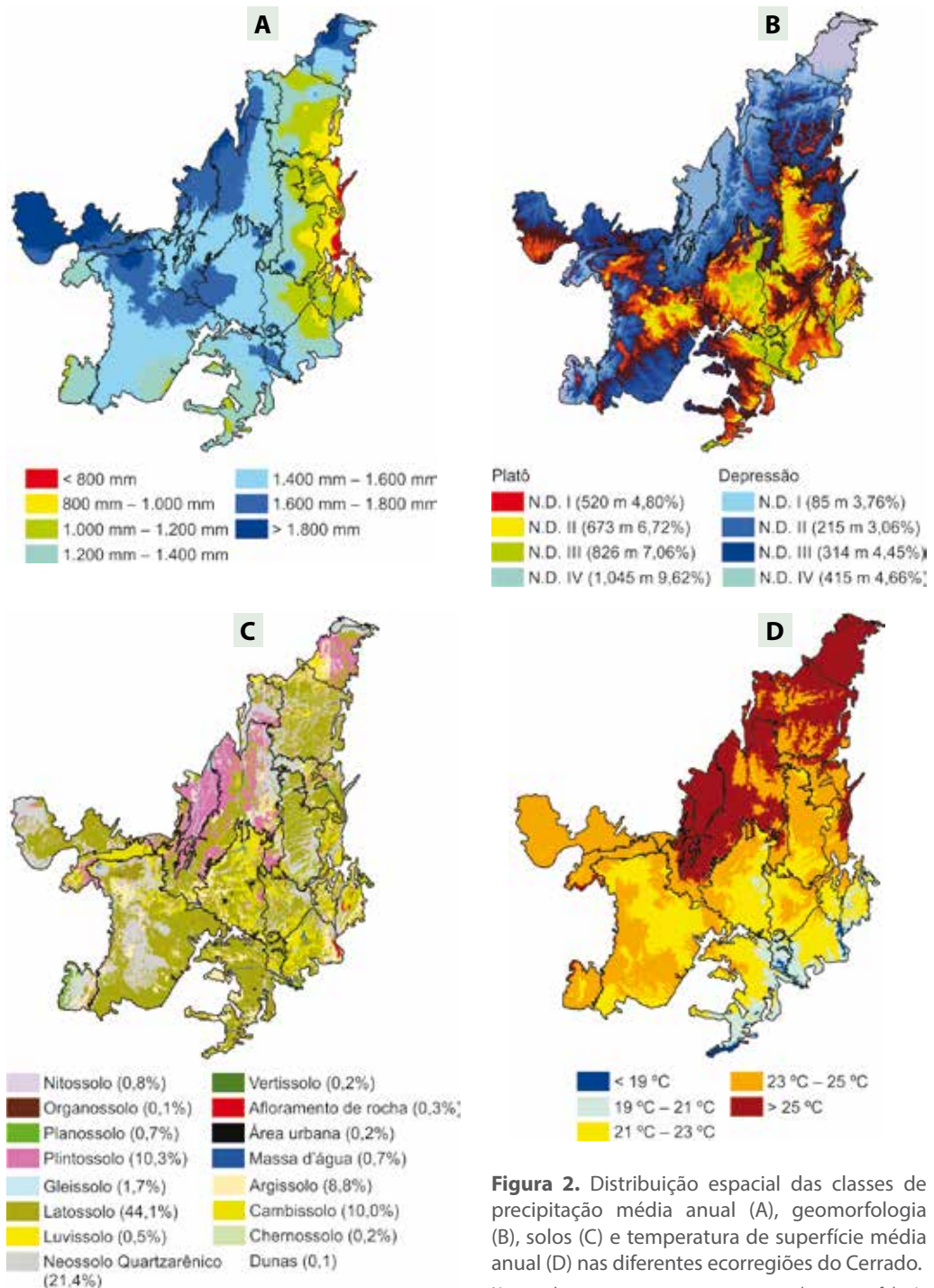


Figura 2. Distribuição espacial das classes de precipitação média anual (A), geomorfologia (B), solos (C) e temperatura de superfície média anual (D) nas diferentes ecorregiões do Cerrado.

Nota: valores e porcentagens no mapa de geomorfologia referem-se a elevações médias e à declividade média em cada compartimento geomorfológico. Porcentagens entre parênteses no mapa de solos indicam a área relativa ocupada por cada classe no bioma. N.D. = nível de dissecação.

Fonte: Sano et al. (2019).

pelo sensor TRMM: variação de 600 mm a 2.000 mm e precipitação média anual de 1.431 mm, com desvio-padrão de 254 mm. Uma das causas dessas diferenças pode ter sido provocada pela não coincidência nos períodos de observação do TRMM e do WorldClim 2.

Os platôs predominam nas ecorregiões localizadas nas porções central e leste do Cerrado, enquanto as depressões ocorrem predominantemente nas porções norte e oeste do Cerrado. A elevação média nos quatro níveis de dissecação em áreas de platôs varia entre 528 m a 1.045 m, enquanto a declividade varia de 4,8% a 9,6%. As regiões com as maiores elevações do Cerrado estão relacionadas com a colisão entre os crátons da Amazônia e do São Francisco (Tohver et al., 2010). Nessas áreas, destacam-se as rochas cristalinas com diversas estruturas geológicas na forma de falhas e dobras, resultado de vários ciclos tectônicos de idade Neoproterozoica (1.000 – 545 milhões de anos). A elevação média nos quatro níveis de dissecação em áreas de depressão varia entre 85 m a 415 m, enquanto a declividade varia de 3,8% a 4,7%. Enquanto algumas ecorregiões são bastante homogêneas do ponto de vista geomorfológico (exemplo, Costeiro, com uma única compartimentação geomorfológica), outras são bastante heterogêneas (exemplo, Paraná-Guimarães, com oito compartimentos).

A caracterização de solos encontrados em diferentes ecorregiões foi baseada no mapa de solos na escala de 1:250.000, disponível na página eletrônica do IBGE (IBGE, 2017). As duas classes dominantes de solos no Cerrado são os Latossolos (44,1%) e os Neossolos Quartzarênicos (21,4%). Latossolos correspondem a solos com alto grau de intemperismo, profundos (> 2 m de profundidade), bem drenados e com coloração predominante que varia do vermelho a amarelo (Reatto et al., 2008). A porcentagem de silte nos Latossolos é relativamente baixa (10% – 20%), porém, a de argila é bastante variável (15% – 80%). Nos Neossolos Quartzarênicos, a porcentagem de argila não ultrapassa 15% e os solos são basicamente formados por quartzo. Plintossolos ocorrem principalmente nas ecorregiões do Bananal, Araguaia Tocantins e Floresta de Cocais. O gradiente de temperatura de superfície no Cerrado aumenta de sul para o norte, indicando um forte controle dos efeitos da latitude. As áreas de platôs mais elevadas tendem ainda a apresentar temperaturas mais amenas. A temperatura de superfície média anual é de 23,7 °C, com mínima de 15,6 °C e máxima de 28,1 °C.

Na Tabela 4 são mostradas as unidades geomorfológicas e pedológicas dominantes em cada ecorregião, bem como a precipitação média anual e a porcentagem de cobertura antrópica. Apenas duas ecorregiões apresentam precipitação média anual superior a 1.600 mm: Bananal e Depressão Cuiabana. No entanto, essas duas ecorregiões apresentam porcentagens relativamente baixas de cobertura antrópica (15,0% e 37,0%, respectivamente). A Terra Indígena Parque do Araguaia cobre praticamente toda a ecorregião do Bananal, enquanto a geomorfologia (depressão) e o tipo de solo predominante (Cambissolos) não favorecem a atividade agropecuária nessas áreas. As duas ecorregiões que apresentam as maiores porcentagens de cobertura antrópica são as do Basaltos do Paraná (71,5%) e Paraná-Guimarães (61,9%). Ambas

Tabela 4. Área relativa e características predominantes de cada ecorregião em termos de geomorfologia, solos, precipitação e uso antrópico.

Ecorregião	Compartimentação geomorfológica dominante	Unidade pedológica dominante	Precipitação média anual (mm)	Temperatura de superfície média anual (°C)	Cobertura antrópica ⁽¹⁾ (%)
Alto Parnaíba	Depressão	Latossolos	1.160	25,3	20,0
Alto São Francisco	Platô	Latossolos	1.301	21,1	45,6
Araguaia Tocantins	Depressão	Latossolos	1.573	25,2	37,1
Bananal	Depressão	Plintossolos	1.645	26,4	15,0
Basaltos do Paraná	Platô	Latossolos	1.392	21,3	71,5
Bico do Papagaio	Depressão	Neossolos Quartzarênicos	1.558	25,3	25,9
Chapada dos Parecis	Platô dissecado	Latossolos	1.881	24,0	35,9
Chapadão do São Francisco	Platô	Latossolos	1.223	23,2	29,1
Complexo Bodoquena	Depressão	Neossolos Quartzarênicos	1.308	23,9	48,4
Costeiro	Depressão	Neossolos Quartzarênicos	1.692	27,2	2,6
Depressão Cárstica do São Francisco	Depressão Intraplato	Latossolos	896	24,3	33,3
Depressão Cuiabana	Depressão	Cambissolos	1.528	24,1	37,5
Floresta de Cocais	Depressão	Plintossolos	1.556	30,0	20,1
Jequitinhonha	Platô	Latossolos	1.011	21,2	20,2
Paracatu	Platô	Latossolos	1.257	22,3	42,4
Paraná-Guimarães	Platô	Latossolos	1.528	23,0	61,9
Parnaguá	Depressão	Latossolos	1.045	24,5	10,1
Planalto Central	Platô	Latossolos	1.560	22,4	50,2
Vão do Paraná	Intraplato	Plintossolos	1.379	24,5	45,6
Média	53% platôs 47% depressão	Latossolos (45%)	1.394	24,0	34,3%

⁽¹⁾ Apenas culturas agrícolas e pastagens cultivadas (as duas classes de uso das terras mais representativas).

Fonte: Sano et al. (2019).

localizam-se na porção sul do bioma e refletem o próprio processo de ocupação do Cerrado, que se iniciou na porção sul principalmente pelos agricultores dos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, e expandiu-se em direção norte, tendo como ponto central a cidade de Brasília, construída na década de 1960 para ser a nova capital do País. Outro ponto relevante são os solos férteis encontrados nessas duas ecorregiões, resultado do intemperismo dos espessos derrames basálticos da Formação Serra Geral da bacia sedimentar do Paraná, do Triássico.

Matopiba

A denominação Matopiba é dada para a mais nova fronteira agrícola do Cerrado e engloba o sul do Maranhão, todo o Tocantins, o sul do Piauí e o oeste da Bahia, recebendo esse nome por causa da soma das iniciais dos estados que a constitui (Miranda et al., 2014). O Matopiba engloba 337 municípios e uma área mais de 73 milhões de hectares. Essa região destaca-se pela produção de grãos, notadamente soja e algodão, principalmente nos Latossolos localizados nos platôs das ecorregiões do Chapadão do São Francisco e do Alto Parnaíba. Dentre os principais aspectos que levaram ao surgimento dessa nova fronteira agrícola, incluem-se: a disponibilidade de áreas relativamente extensas com relevo plano, o que facilita a introdução de mecanização intensiva; a presença de solos com propriedades físicas (notadamente textura e baixa compactação) favoráveis para mecanização; o regime de chuvas que permite o plantio de culturas de sequeiro; o custo de aquisição de terras mais baixo em relação a outras regiões produtoras de grãos no Cerrado; e a possibilidade de escoamento de grãos para exportação no litoral norte do Brasil, notadamente no porto de Itaqui em São Luís, MA, a partir de uma integração com a Estrada de Ferro Carajás.

Essa região mostrou um impressionante crescimento na produção de soja no período de 1990–2015, passando de 260 mil toneladas em 1990 para 10,8 milhões de toneladas em 2015, isto é, um aumento de 4.028% em 25 anos (Figura 3). O município baiano de São Desidério foi o que apresentou o maior aumento na produção de soja, passando de 1.999 t em 1990 para 1.134.000 t em 2015 (um aumento de mais de 28.000%) (Figura 4). Esse município apresenta uma precipitação média anual de 1.145 mm (dados do TRMM, período de 1998–2015), extensos platôs com elevação média de 778 m e declividade média de 1,8% (dados do SRTM) e predomínio de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (solos ácidos, profundos, com nível de fertilidade baixa a intermediária). Essa combinação de precipitação, topografia e solos favorece o surgimento de agricultura de sequeiro de larga escala.

A dinâmica de uso e cobertura da terra da região indica que o estoque de áreas antropizadas, de boa aptidão para lavouras, está diminuindo e a expansão de novas áreas agrícolas dependerá do acesso a áreas que hoje possuem cobertura natural (Bolfe et al., 2016). Dessa forma, ações para elevar a produtividade das áreas já cultivadas e a recuperação de áreas degradadas associadas ao planejamento territorial devem ser incentivadas visando ao desenvolvimento mais sustentável da região.

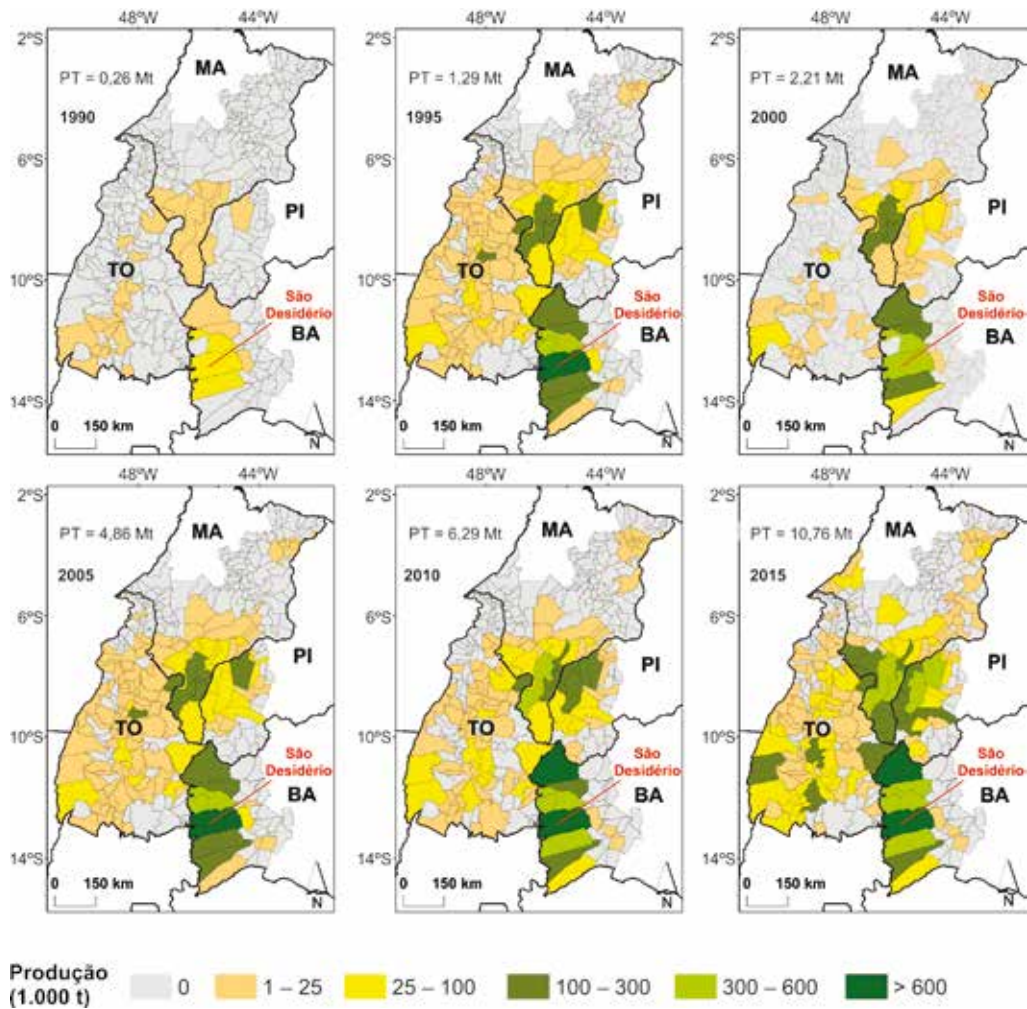


Figura 3. Dinâmica espaço-temporal da produção de soja na região de Matopiba: (A) 1990; (B) 1995; (C) 2000; (D) 2005; (E) 2010; e (F) 2015.

Nota: PT = produção total; Mt = milhões de toneladas. Nota: destaque para o município de São Desidério na Bahia, que apresentou a maior expansão em termos de produção de soja no período considerado.

Fonte: Adaptado de Araújo (2018).

Considerações finais

Com base nas características da paisagem do Cerrado apresentadas neste capítulo, pode-se deduzir que o Cerrado é bastante heterogêneo, tanto em termos de suas características biofísicas (geomorfologia, solos, clima e vegetação) como em termos de ocupação agrícola. Aproximadamente metade do bioma já foi convertida em algum tipo de uso antrópico e uma nova fronteira agrícola (Matopiba) está em processo de instalação em uma área onde são encontrados os maiores fragmentos de vegetação natural do Cerrado. Ademais, o Cerrado é relativamente frágil em termos de conser-

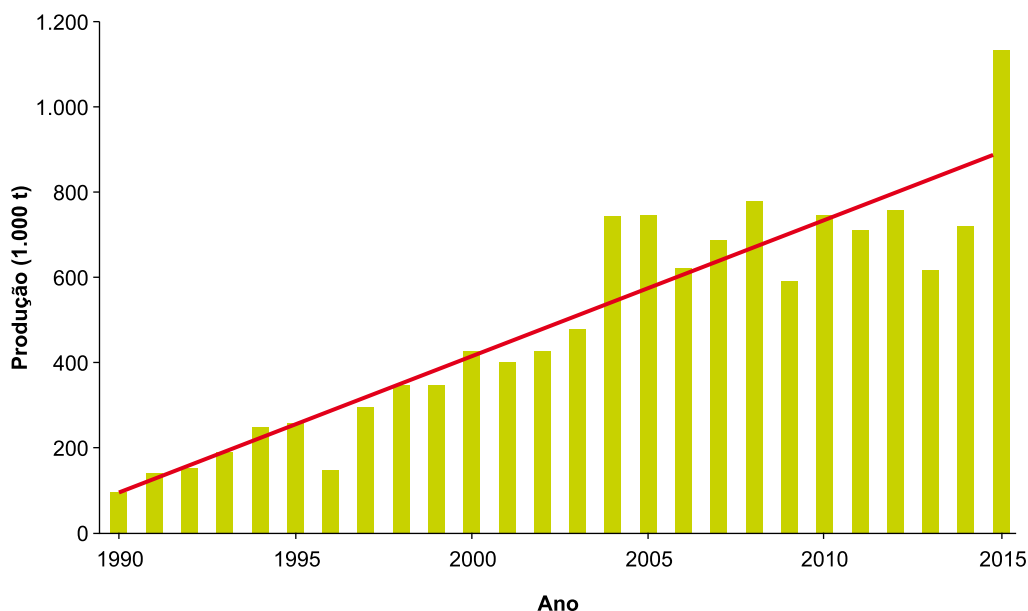


Figura 4. Evolução da produção de soja no município de São Desidério, BA (1990–2015).

Notas: A produção média de soja do município, entre 1990 e 2015, foi de 489.634 t; a linha vermelha representa a linha de tendência.

Fonte: Adaptado de Araújo (2018).

vação da biodiversidade, uma vez que a área protegida na forma de unidades de conservação é muito menor, por exemplo, em relação à Amazônia, além do fato de que o Código Florestal Brasileiro exige a conservação de apenas 20% da propriedade com vegetação nativa (30% se a propriedade estiver localizada na Amazônia Legal).

Discussões sobre agricultura ambientalmente sustentável do Cerrado envolvem tanto defensores da conservação (e seus serviços ecossistêmicos associados) como defensores da agricultura (e suas receitas associadas). Temas que devem ganhar grande relevância em um futuro próximo são a conservação dos recursos hídricos, a definição de cenários associados com mudanças climáticas globais e a intensificação da agricultura. Todas essas discussões devem ser conduzidas à luz da heterogeneidade da paisagem e do ambiente do Cerrado, retratadas neste capítulo por meio de ecorregiões.

Referências

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel; Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1985. p. 33-74.

ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the

Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazônica**, v. 46, n. 3, p. 291-302, Sept. 2016. DOI: 10.1590/1809-4392201505504.

ARAÚJO, M. L. S. **Dinâmica espaço-temporal da cultura de soja na região do Matopiba, Brasil (1990-2015)**. 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

ARRUDA, M. B. **Representatividade ecológica com base na biogeografia de biomas e ecorregiões continentais do Brasil: o caso do bioma Cerrado**. 2003. 176 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S. C.; CAMPOS, R. N.; MARTINS, R. C.; MARTINS, E. S. Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 229-272.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R.; SILVA, F. A. M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 993-1003, 1993.

BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; CONTINI, E.; SILVA, G. B. S.; SPINELLI-ARAUJO, L.; GOMES, D. Matopiba em crescimento agrícola aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de Política Agrícola**, v. 12, p. 39-62, out./dez. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do uso e cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80049/Cerrado/publicacoes/Livro%20EMBRAPA-WEB-1-TerraClass%20Cerrado.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

DINERSTEIN, E.; OLSON, D.; GRAHAM, D.; PRIMM, S.; BOOKBINDER, M.; LEDEC, G. **Una evaluación de la conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe: una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe**. Washington, DC: WWF, 1995. Disponível em: <<http://documentos.bancomundial.org/curated/es/917091468269687252/Una-evaluacion-del-estado-de-conservacion-de-las-ecoregiones-terrestres-de-America-Latina-y-el-Caribe>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, p. 4302-4315, 2017. DOI: 10.1002/joc.5086.

FRANÇOZO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado biodiversity hotspot. **Natureza & Conservação**, v. 13, p. 35-40, Jan./June 2015. DOI: 10.1016/j.ncon.2015.04.001.

IBGE. **Área territorial brasileira**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14318-asi-ibge-apresenta-nova-area-territorial-brasileira-8515767049-km>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

IBGE. **Censo agropecuário 2017: resultados preliminares**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2019.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shtm>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

IBGE. **Mapa de biomas e de vegetação**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, June 2005. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x.

MACEDO, M. C. M. Pastagens nos ecossistemas de cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIRAS, 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995. p. 28-62.

MELO, D. C. D.; XAVIER, A. C.; BIANCHI, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; SCANLON, B. R.; LUCAS, M. C.; WENDLAND, E. Performance evaluation of rainfall estimates by TRMM multi-satellite precipitation analysis 3B42V6 an V7 over Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 120, p. 9426-9436, Aug. 2015. DOI: 10.1002/2015JD023797.

MIRANDA, E. E.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. **Proposta de delimitação territorial do Matopiba**. Campinas: Embrapa, 2014. 18 p. (Embrapa. Nota técnica GITE, 1).

OMERNIK, J. M.; BAILEY, R. G. Distinguishing between watersheds and ecoregions. **Journal of American Water Resources Association**, v. 33, n. 5, p. 935-949, 1997. DOI: 10.1111/j.1752-1688.1997.tb04115.x.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; MARTINS, E. S. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica 2008. p. 107-149.

SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. Cerrado ecoregions: a spatial framework to assess and prioritize Brazilian savana environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 813-828, Feb. 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.11.108.

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

SCARAMUZZA, C. A. M.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C. Land-use and Land-cover mapping of the Brazilian Cerrado based mainly on Landsat-8 satellite images. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, p. 1041-1051, 2017.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 69-88.

TOHVER, E.; TRINDADE, R. I. F.; SOLUM, J. G.; HALL, C. M.; RICCOMINI, C.; NOGUEIRA, A. C. Closing the Clymene ocean and bending a Brasiliano belt: evidence for the Cambrian formation of Gondwana, southeast Amazon craton. **Geology**, v. 38, n. 3, p. 267-270, Mar. 2010. DOI: 10.1130/G30510.1.