

Capítulo 8

Potencialidades para expansão e diversificação agrícola sustentável do Cerrado

Daniel de Castro Victoria

Édson Luis Bolfe

Edson Eyji Sano

Eduardo Delgado Assad

Ricardo Guimarães Andrade

Daniel Pereira Guimarães

Elena Charlotte Landau

Introdução

O bioma Cerrado possui em torno de 29,5% da sua área total ocupada com pastagens plantadas, 11,7% com áreas agrícolas (culturas anuais e perenes) e 1,5% com silvicultura (Brasil, 2015). A expansão agrícola em curso gera a necessidade de fortalecimento de atividades de planejamento para uso sustentável dos recursos naturais, melhoria de infraestrutura, investimentos em pesquisa e crédito agrícola. Aspecto relevante nesse contexto é a análise das potencialidades agropecuárias associadas aos processos de intensificação e diversificação agrícola. Essa análise é favorecida quando são incorporados os fatores relacionados à sustentabilidade e ao planejamento estratégico das fronteiras agrícolas brasileiras.

A Aliança pelo Clima e Uso da Terra Consulting – Clua (CEA Consulting, 2016) destacou que a melhoria da sustentabilidade e produtividade de terras agrícolas e pastagens existentes no Cerrado passa pelo estímulo da intensificação sustentável de pastos, incorporação de práticas agrícolas de baixo carbono, expansão e adoção de outras práticas sustentáveis e apoio aos produtos da agricultura tradicional. Faleiro e Farias Neto (2008) destacaram que pesquisas envolvendo o bioma Cerrado são essenciais para subsidiar o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Temas como caracterização, conservação e uso da biodiversidade; uso e conservação do solo e da água; produção agropecuária e florestal; impactos dos sistemas de produção e estratégias de mitigação; commodities agrícolas e valoração socioambiental; biotecnologia, transgênicos e biossegurança; agroenergia; sistemas alternativos e diversificados para produção; agricultura familiar; agricultura de precisão, zoneamento agroambiental e modelagem; e políticas públicas e perspectiva mundial para as savanas são de grande

relevância para o desenvolvimento da região. Dessa forma, o presente capítulo objetiva analisar diferentes bases de dados geoespaciais envolvendo o diagnóstico de uso e cobertura da terra, pastagens e irrigação, indicando potencialidades de expansão baseadas na intensificação e diversificação agrícola do Cerrado.

Diagnóstico de uso e cobertura da terra

O primeiro mapeamento completo do uso e cobertura da terra do bioma Cerrado em escala de semidetalhe foi coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), a partir do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio). Utilizando imagens do satélite Landsat-7, com 30 m de resolução espacial, foi executado o levantamento da cobertura vegetal e antrópica para o ano de 2002 (Sano et al., 2008, 2010). Os autores identificaram que 60,5% do bioma (130,9 milhões de hectares) apresentou cobertura vegetal natural e 38,9% (79,8 milhões de hectares) apresentavam cobertura antrópica. As pastagens plantadas ocupavam 54,1 milhões de hectares e representavam a maior parte das terras antropizadas (aproximadamente 68%), enquanto as culturas agrícolas ocupavam 21,6 milhões de hectares (27% da área antropizada) (Sano et al., 2010). Também foi constatada a distribuição heterogênea da ocupação das terras no Cerrado, onde os estados na porção sul do bioma apresentavam os menores percentuais de áreas naturais: São Paulo, com 13%; Paraná, com 32%; e Mato Grosso do Sul, com 32%; comparados aos da porção mais ao norte do bioma: Piauí, com 92%; Maranhão, com 89%; e Tocantins, com 79%.

Ao longo dos anos, outras iniciativas de mapeamento do uso e cobertura das terras do Cerrado foram realizadas. O Projeto de Monitoramento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDDBS), conduzido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), identificou que 49% do Cerrado apresentou algum tipo de cobertura antrópica no ano de 2010 (Ibama, 2010). Resultado semelhante foi obtido pelo projeto MapBiomas: 49,6% de áreas ocupadas por agropecuária em 2010 (MapBiomas, 2017). Já Beuchle et al. (2015), a partir de análise de dados de sensores remotos por meio de amostragem sistemática, reportaram 53% de antropização em 2010.

Em 2015, o MMA coordenou outro projeto de mapeamento do Cerrado, intitulado TerraClass Cerrado 2013. A partir de análise de imagens do satélite Landsat-8, foi realizado o mapeamento do uso e cobertura da terra do Cerrado para o ano de 2013 (Figura 1). O projeto envolveu uma equipe multi-institucional, obtendo-se resultados com elevada acurácia, considerando-se a dimensão e complexidade da área (Brasil, 2015; Scaramuzza et al., 2017). Os resultados obtidos mostraram que o bioma possui aproximadamente 54% de sua área com cobertura natural e 43% de áreas antropizadas e que a pastagem plantada continua sendo o principal tipo de uso antrópico (Tabela 1), com percentuais semelhantes ao encontrado no ano de 2002 pelo Probio. A distribuição espacial das áreas antropizadas também se mostrou semelhante aos resultados encontrados pelo Probio, com menor percentual de áreas naturais

Tabela 1. Área e porcentual de classes de uso e cobertura de terras no bioma Cerrado em 2013.

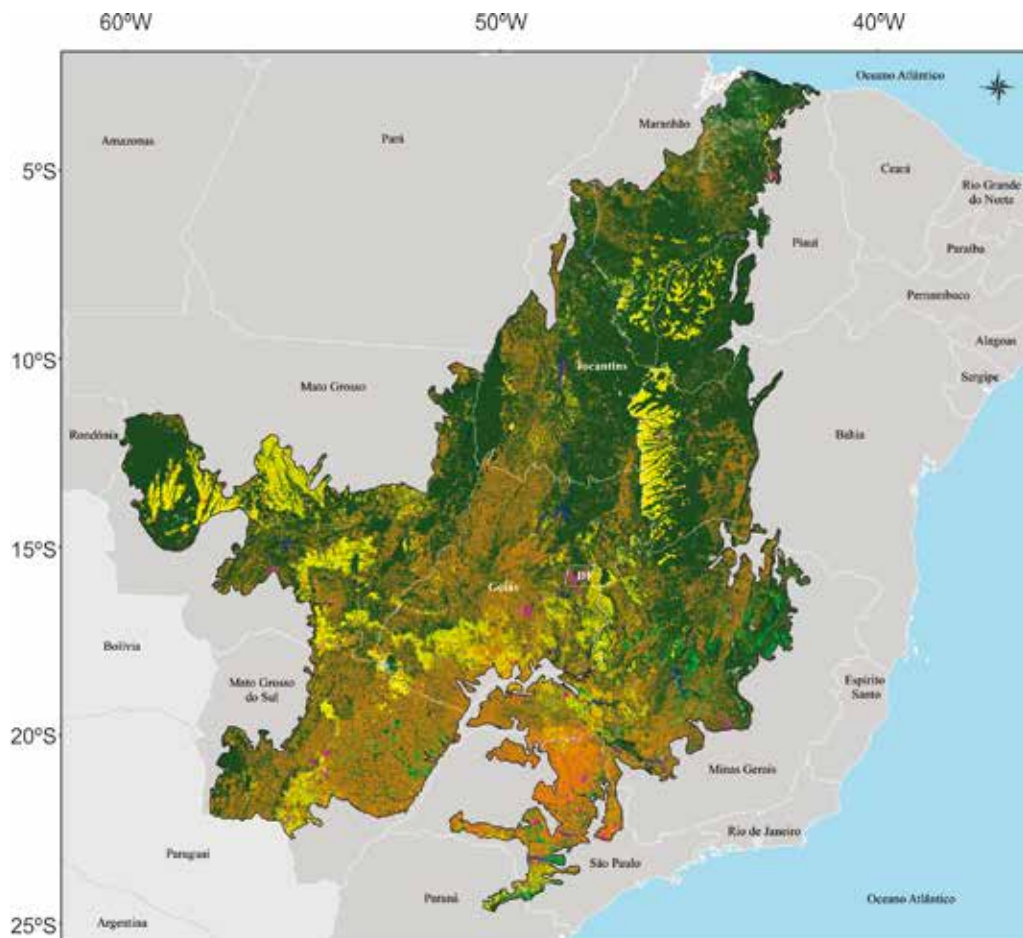
Macroclasse	Classe	Área (ha)	(%) no bioma	(%) da área total antropizada
Antrópico	Pastagem cultivada	60.084.000	29,5	67,9
	Cultura anual	17.417.900	8,5	19,7
	Cultura perene	6.423.700	3,2	7,3
	Silvicultura	3.060.700	1,5	3,5
	Área urbana	885.200	0,4	1,0
	Solo exposto	360.900	0,2	0,4
	Mosaico de ocupação	234.400	0,1	0,3
	Mineração	28.000	0,01	0,03
	Outros	7.300	-	0,01
	Subtotal		88.502.100	43,4
Natural	Vegetação natural	111.121.800	54,5	-
	Área natural não vegetada	263.000	0,1	-
	Subtotal	111.384.800	54,6	-
Outros	Corpos d'água	1.502.500	0,7	-
	Não observado	2.534.800	1,2	-
	Total	203.924.200	100	-

Fonte: Brasil (2015).

nos estados da porção sul do bioma: São Paulo, com 17%; Mato Grosso do Sul, com 31,4%; Paraná, com 37,7%; e maior na porção norte¹: Piauí, com 83,3%; Tocantins, com 72,1%; e Maranhão, com 71,4% (Tabela 2; Figura 2).

É possível identificar alguns padrões ao se analisar a relação entre a área do bioma Cerrado antropizada nas unidades federativas com o porcentual de pastagens plantadas ou agricultura anual (Figura 3). Os estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso se destacam pela presença de grandes áreas antropizadas (acima de 14 milhões de hectares), sendo predominantemente (> 50%) ocupadas por pastagens plantadas. Esses mesmos estados apresentam 20% ou menos de suas áreas antropizadas ocupadas por culturas agrícolas anuais. Isso faz desses estados alvos potenciais para a intensificação agropecuária, uma vez que possuem grande estoque de áreas já ocupadas que, com o aumento das taxas de lotação pecuária, poderiam disponibilizar terras para a expansão da agricultura anual.

¹ O estado de Rondônia também apresenta elevado porcentual de vegetação nativa: 97,8%. Porém, por apresentar pequena área de Cerrado (50 mil hectares), o estado não foi considerado nesse ranking.



- Agricultura anual: áreas extensas de solo exposto ou vegetadas, apresentando geralmente monoculturas de ciclo anual, sobretudo de grãos, com emprego de padrões tecnológicos elevados, como uso de sementes certificadas, insumos, defensivos e mecanização.
- Agricultura perene: áreas extensas compostas por cultivo de única espécie de ciclo vegetativo de longa duração, permitindo colheitas sucessivas sem a necessidade de novos plantios após a colheita. Podem ser utilizadas técnicas de cultivo tradicional, orgânico ou cultivo de plantas modificadas geneticamente. Neste caso considerado para o mapeamento a cafeicultura (café), citricultura (citrus), canavieicultura (cana-de-açúcar) e horticultura (seringueira).
- Corpo d'água: caracterizado por todas as classes de águas interiores e costeiras, lagos e reservatórios artificiais além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías.
- Área urbana/mosaico de ocupações: áreas caracterizadas por manchas urbanas edificadas com predominância de construções, até pequenos distritos, lugarejos, vilas com pouca estrutura urbanística com concentração populacional diferenciadas da área rural/áreas representadas por associação de diversas modalidades de uso e ocupação do solo, como pequenas propriedades rurais com mosaico de pecuária e agricultura familiar, assentamentos, aldeias, galpões e indústrias localizadas em meio a manchas agrícolas.
- Natural/natural não vegetado: áreas com padrão de cobertura da terra compatíveis com as diferentes fitofisionomias que compõem o bioma Cerrado, ainda que apresenta, algum nível de alteração em relação à paisagem original, em função da presença de atividades produtivas pouco intensivas ou de subsistência, como as pastagens naturais/áreas não vegetadas como as praias fluviais, afloramentos rochosos e dunas.
- Mineração: áreas com presença de extração mineral, desflorestamentos, clareiras e incluindo toda a área modificada, inclusive os poços de rejeitos.
- Não observado/outros: abrangem as áreas que não foram observadas devido a presença de nuvens e sua respectiva sombra e áreas queimadas/áreas de outros usos não contemplados pelas demais classes temáticas, tais como segmentos de estradas e aeroportos.
- Pastagem: áreas formadas, prioritariamente, por plantio de forragens exóticas perenes. O solo é coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas, com altura variando de alguns decímetros a alguns metros. A principal atividade desenvolvida sobre elas é a pecuária, visando à produção de animais de grande porte com objetivos econômicos.
- Silvicultura: áreas caracterizadas pelo plantio de única espécie florestal, como *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., com talhões bem definidos, espaçamentos regulares e da mesma idade.
- Solo exposto: áreas caracterizadas pela predominância de solo exposto, cujo histórico recente de uso de terra não evidenciou a ocorrência de nenhuma das demais classes temáticas mapeadas.
- Limites estaduais
- Limites internacionais.

Figura 1. Uso e cobertura de terras do bioma Cerrado para o ano de 2013.

Fonte: Brasil (2015).

Tabela 2. Área (ha × 10.000) e percentual de uso e cobertura de terras no bioma Cerrado por unidade da Federação do Brasil.

UF	PC	CA		SIL	AU	SE	MO	MI	NAT	NNV	AGUA	NOB	Total
		Anual	Perene										
MT	791,1	566,8	17,1	10,1	6,0	4,5	1,8	0,4	2.153,5	0,3	17,4	19,3	3.588
	22,0	15,8	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0	60,0	0	0,5	0,5	100
MG	1.187,6	187,8	124,2	145,2	19,8	4,7	1,4	1,0	1.597,1	2,3	35,9	30,2	3.337
	35,6	5,6	3,7	4,4	0,6	0,1	0	0	47,9	0,1	1,1	0,9	100
GO	1.397,7	349,2	94,0	15,3	17,9	2,9	2,3	0,8	1.375,2	1,4	30,0	9,5	3.296
	42,4	10,6	2,9	0,5	0,5	0,1	0,1	0	41,7	0	0,9	0,3	100
TO	547,7	71,8	3,6	8,0	3,8	5,7	1,0	0,1	1.826,4	1,8	28,3	33,6	2.532
	21,6	2,8	0,1	0,3	0,2	0,2	0	0	72,1	0,1	1,1	1,3	100
MS	1.218,1	133,4	47,8	54,7	6,1	2,1	7,0	0,1	679,2	0	4,5	6,9	2.160
	56,4	6,2	2,2	2,5	0,3	0,1	0,3	0	31,4	0	0,2	0,3	100
MA	337,4	74,8	6,2	9,5	3,7	1,9	2,5	0,2	1.514,9	9,3	12,2	148,2	2.121
	15,9	3,5	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	0	71,4	0,4	0,6	7,0	100
BA	245,0	219,7	2,5	5,0	2,0	12,1	0,5	0	1.007,8	10,3	4,9	2,6	1.512
	16,2	14,5	0,2	0,3	0,1	0,8	0	0	66,6	0,7	0,3	0,2	100
PI	60,3	81,3	1,7	1,3	2,5	0,4	1,8	0	778,0	1,0	3,3	2,5	934
	6,5	8,7	0,2	0,1	0,3	0	0,2	0	83,3	0,1	0,4	0,3	100
SP	202,2	38,4	345,3	49,3	20,4	1,7	2,7	0,2	137,9	0	12,9	0,5	812
	24,9	4,7	42,6	6,1	2,5	0,2	0,3	0	17,0	0	1,6	0,1	100
DF	14,2	9,6	0	0,9	6,2	0	2,5	0	23,6	0	0,7	0,1	58
	24,6	16,6	0	1,6	10,7	0	4,3	0	40,8	0	1,2	0,2	100
PR	7,2	8,9	0	6,8	0,2	0,1	0	0	14,1	0	0,1	0	37
	19,3	23,8	0	18,2	0,5	0,3	0	0	37,7	0	0,3	0	100
RO	0,1	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	5
	2,2	0	0	0	0	0	0	0	97,8	0	0	0	100
Total	6.009	1.742	642	306	89	36	24	3	11.112	26	150	253	20.392
	29,5	8,5	3,2	1,5	0,4	0,2	0,1	0,0	54,5	0,1	0,7	1,2	100

UF = unidade federativa; PC = pastagem cultivada; CA = cultura agrícola; SIL = silvicultura; AU = área urbana; SE = solo exposto; MO = mosaico de ocupação; MI = mineração; NAT = vegetação natural; NNV = área natural não vegetada; AGUA = corpo d'água; NOB = não observado.

Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

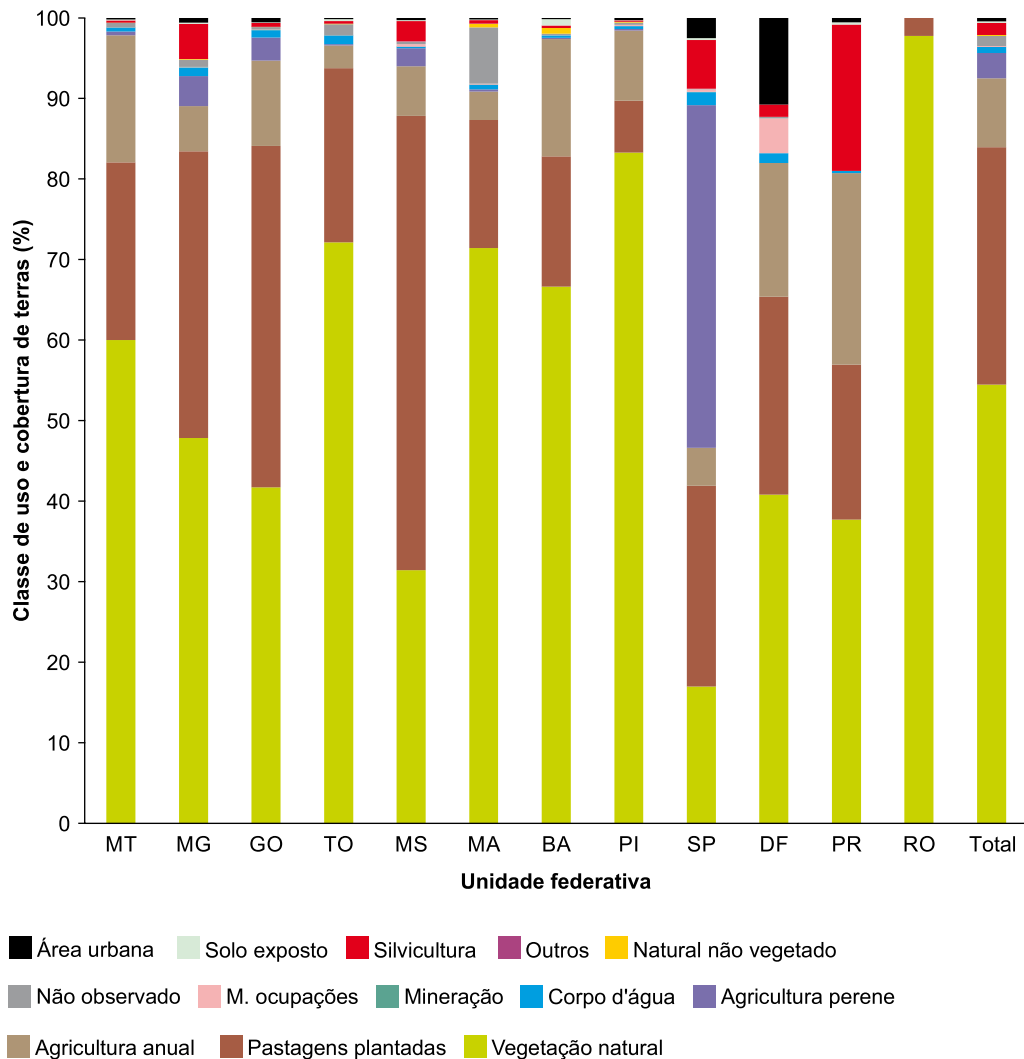


Figura 2. Distribuição das classes de uso e cobertura de terras no bioma Cerrado por unidade da Federação do Brasil.

Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

Um segundo grupo, formado pelos estados de São Paulo, Tocantins, Maranhão e Bahia, apresentou menor quantidade de terras antropizadas dentro do bioma Cerrado. No caso do estado de São Paulo, isso ocorre, pois a área do bioma é menor em relação aos outros estados, apesar do elevado percentual de área antropizada, acima de 80%. Já nos estados de Tocantins, Maranhão e Bahia, a menor quantidade de área antropizada se deve ao fato de ainda existirem áreas naturais nessas regiões. Por sua vez, é interessante notar a grande discrepância entre o percentual de terras ocupadas com pastagens e agricultura anual nos estados de Tocantins e Maranhão e um equilíbrio na Bahia, indicando a predominância das pastagens nos dois primeiros e

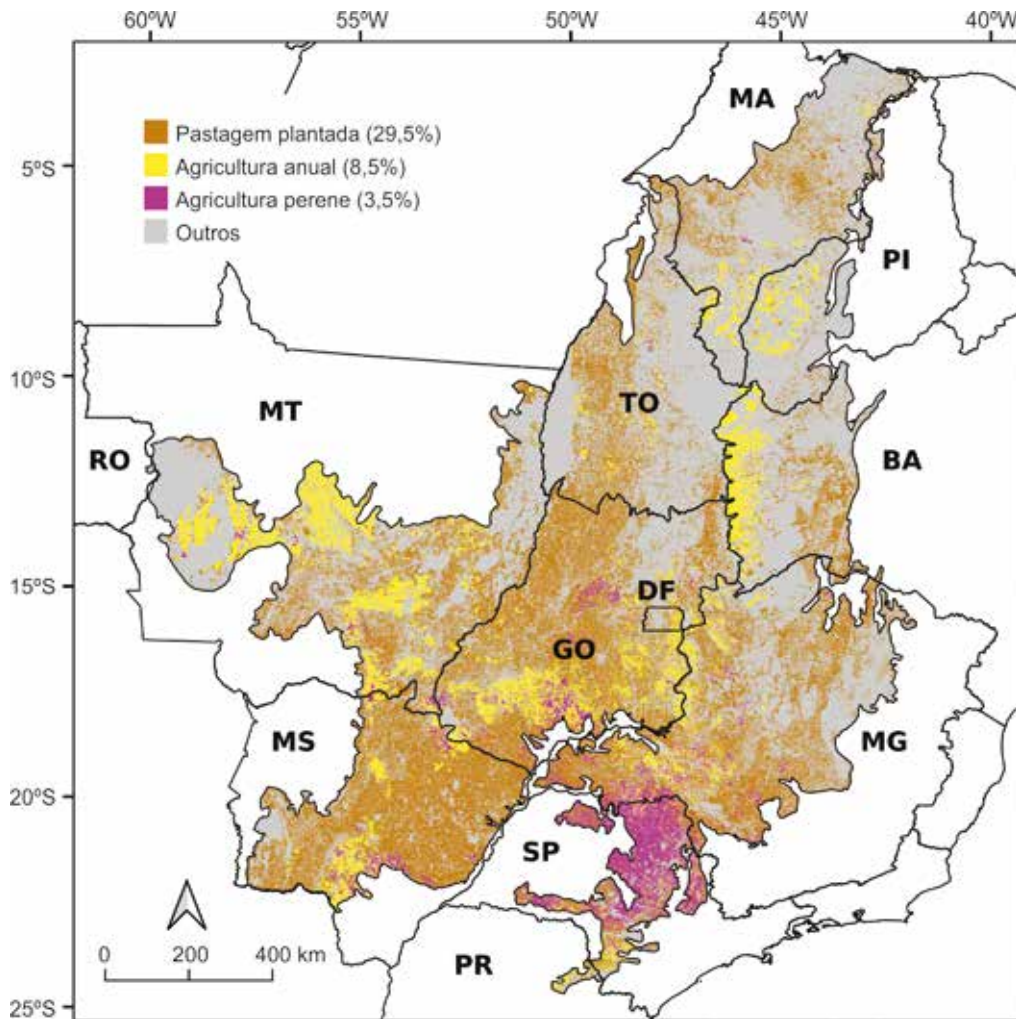


Figura 3. Distribuição de áreas antropizadas no Cerrado, no ano de 2013.

Fonte: Brasil (2015).

um potencial para expansão agrícola em terras ocupadas pela pecuária, sem a necessidade de conversão de áreas naturais. Já São Paulo se destaca por apresentar baixos percentuais de áreas antropizadas com pastagem ou agricultura anual. Nesse estado, a agricultura perene (principalmente a cana-de-açúcar) predomina em 52,3% da área antropizada (Figura 4).

Outros estados em que a área de agricultura perene apresenta percentual em torno de 2% a 3% são Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul. Isso é explicado pelas grandes extensões de plantios de café em Minas Gerais (10,4 milhões de hectares em 2013) (IBGE, 2016) e pela expansão das áreas de cana-de-açúcar. Entre 2003 e 2013, a área plantada com cana-de-açúcar nos estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais aumentou 433%, 412% e 196%, passando de 120 mil hectares para

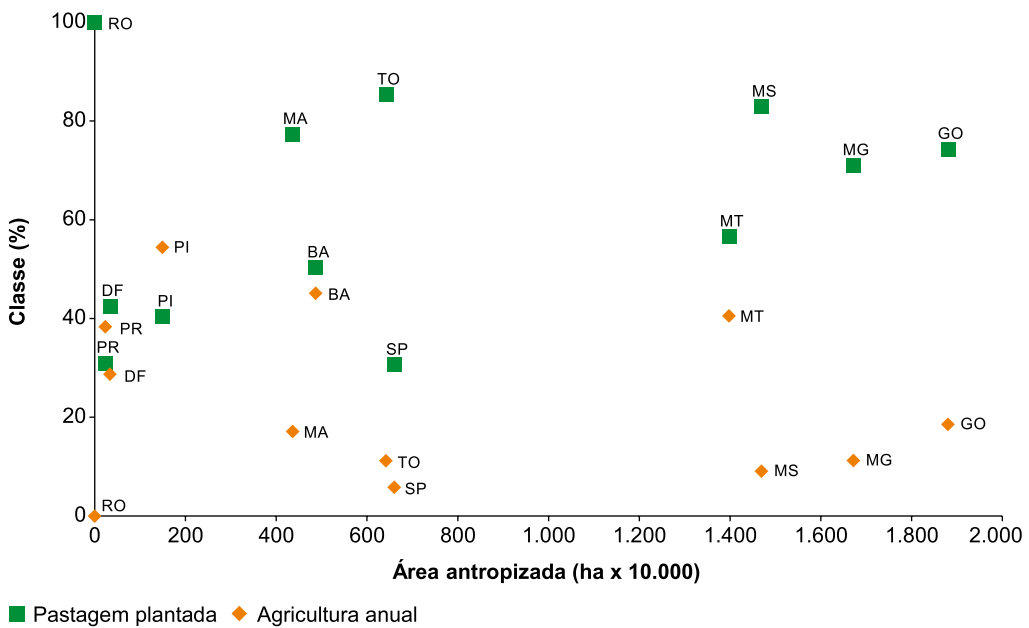


Figura 4. Porcentual de áreas de pastagem plantada e agricultura anual em relação ao total de área antropizada nas unidades federativas do bioma Cerrado.

642 mil hectares (Mato Grosso do Sul); de 168 mil hectares para 860 mil hectares (Goiás) e de 303 mil hectares para 896 mil hectares (Minas Gerais) (IBGE, 2016). Um terceiro grupo é representado pelos estados de Rondônia, Piauí, Distrito Federal e Paraná, que apresentam pequenas áreas de Cerrado dentro do estado, consequentemente, pequenas áreas antropizadas.

O uso da terra também pode ser analisado em relação ao percentual de área antropizada nas unidades federativas (Figura 5). Pode-se destacar São Paulo, que apresenta elevado percentual do Cerrado antropizado (> 80%), com áreas de pastagem plantada e agricultura anual próximas a 30% e 6%, respectivamente. Conforme descrito anteriormente, grande parte do Cerrado de São Paulo foi ocupada por culturas perenes (cana-de-açúcar, café, citros). Já o estado do Paraná apresenta elevada porcentagem de Cerrado antropizado (> 60%), em que pastagens plantadas e culturas agrícolas ocupam 31% e 38% dessa área, respectivamente. O destaque para esse estado fica ainda por conta da silvicultura, que ocupa aproximadamente 30% da área antrópica. Também é interessante ressaltar a posição do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Ambos apresentam elevada quantidade de terras antropizadas (> 14 milhões de hectares), porém, enquanto o Mato Grosso do Sul possui aproximadamente 70% de sua área de Cerrado convertida para outros usos, o Mato Grosso apresenta uma maior extensão de área conservada (~ 60% de cobertura natural; e ~ 40% de uso antrópico). Com isso, tem-se que, nos dois estados, existe um estoque grande de terras com pastagens que poderia ser alvo de expansão e intensificação da agricultura anual. Nessa proposta de intensificação da pecuária, uma alternativa que precisa ser levada

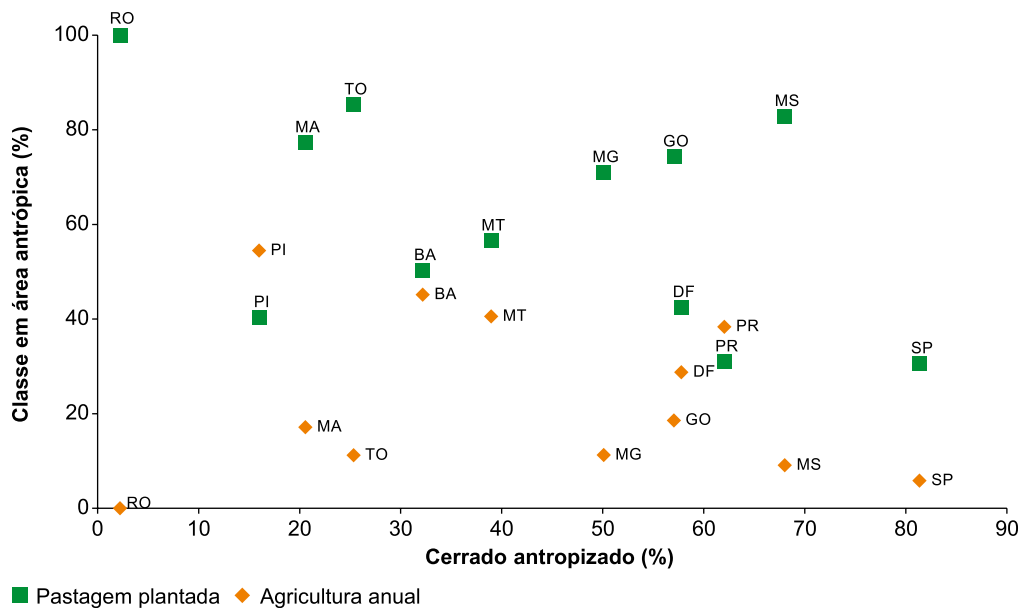


Figura 5. Percentual das áreas de pastagem plantada e agricultura anual em relação ao percentual do Cerrado antropizado nas unidades federativas do bioma Cerrado.

em consideração são os sistemas integrados de lavoura-pecuária que permitem que áreas com coberturas naturais sofram menor pressão para sua conversão.

Ao analisar as alterações que ocorreram entre o mapeamento realizado pelo Probio (ano de 2002) e TerraClass Cerrado (ano de 2013), percebe-se que 5,3 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Cerrado foram convertidas para agricultura anual e 1,1 milhão de hectares foi convertido para silvicultura (Sano et al., 2018). Também foi constatado que 19,1 milhões de hectares de áreas naturais foram convertidas para pastagens plantadas e 3,7 milhões de hectares para agricultura anual. Esses números indicam um aumento de aproximadamente 11% das áreas de pastagens plantadas e culturas anuais. A região do Matopiba (região geograficamente contínua que engloba parte dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia e que vem se constituindo em uma nova fronteira agrícola do Cerrado) se destaca como sendo a que apresentou o maior aumento percentual de áreas com culturas agrícolas anuais: Maranhão (128%), Tocantins (328%), Piauí (286%) e Bahia (41%) (Sano et al., 2019).

Diagnóstico de degradação de pastagens

A identificação, o mapeamento e o monitoramento dos processos de degradação de pastagens no bioma Cerrado podem apoiar políticas públicas voltadas para a recuperação do potencial produtivo de uso dessas terras. Andrade et al. (2016) utilizaram dados do índice de vegetação por diferença normalizada (*NDVI*, síntese de 10 dias)

provenientes de imagens do satélite SPOT Vegetation do período de janeiro de 2006 a setembro de 2011 para identificar processos de degradação em áreas de pastagens plantadas no bioma Cerrado. As análises foram realizadas nas áreas de pastagens plantadas mapeadas por Sano et al. (2008). As imagens foram obtidas na base de dados disponível no sistema Vito². Os dados originais de *NDVI* em níveis de cinza (1 km de resolução espacial) são disponibilizados na escala de 0 a 255. Para converter os valores de *NDVI* no intervalo de -1 a +1, aplicou-se a seguinte equação (Liu et al., 2010):

$$NDVI = (DN \times 0,004) - 0,1 \quad (1)$$

em que *DN* é o número digital de cada pixel da imagem.

Essa conversão é necessária para poder analisar os valores de *NDVI* como uma grandeza física e assim poder comparar os dados entre si ao longo da série temporal.

A partir da série temporal de dados *NDVI*, a análise de regressão linear, mais especificamente, o *Slope*, foi utilizada para simular a tendência de alterações positivas ou negativas em áreas de pastagens. *Slope* corresponde ao coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel:

$$Slope = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(Y_{NDVI_i} - \overline{Y_{NDVI}})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

em que: *n* é igual a 6, graças à utilização de uma série de 6 anos de dados *NDVI* (2006 a 2011); *i* representa o ano 1 para 2006, ano 2 para 2007 até o ano 6 para 2011; Y_{NDVI_i} é o valor máximo do *NDVI* no ano *i*.

O *Slope* foi utilizado para avaliar a mudança do *NDVI* ao longo da série como um todo. Valores positivos de *Slope* indicam que a vegetação pode estar em processo de recuperação, enquanto valores negativos de *Slope* podem indicar ocorrência de processo de degradação. Andrade et al. (2016) estipularam três cenários condicionais (Tabela 3; Figura 6) para determinar a existência de indicativos de degradação das pastagens: cenário A = muito otimista ($Slope < -0,001$); cenário B = otimista ($-0,001 < Slope < +0,001$); e cenário C = realista ($+0,001 < Slope < +0,005$). No cenário A (pastagens com algum grau de degradação), foram encontrados 12,5 milhões de hectares (24% do total das pastagens plantadas no Cerrado). No cenário B (cenário A adicionando o intervalo de *Slope* referente à estabilidade, ou seja, maior parte das pastagens em situação estável dentro de alguma condição de degradação), a área total de pastagens com indicativos de degradação subiu para 18,4 milhões de

² Vito. Vision on Technology. Disponível em: <<http://www.vito-eodata.be/PDF/portal/Application.html#Home>>.

Tabela 3. Estimativa de áreas com pastagens degradadas em unidades federativas (UF) do bioma Cerrado, considerando-se três cenários: 1 (muito otimista), 2 (otimista) e 3 (realista).

Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
UF	Pastagem degradada		UF	Pastagem degradada		UF	Pastagem degradada	
	Milhões de hectares	(%)		Milhões de hectares	(%)		Milhões de hectares	(%)
BA	0,55	25	BA	0,85	39	BA	1,55	71
DF	0,03	26	DF	0,04	37	DF	0,07	60
GO	3,46	27	GO	5,25	42	GO	8,80	70
MA	0,36	21	MA	0,66	37	MA	1,30	74
MG	2,05	18	MG	3,05	26	MG	5,82	50
MS	2,86	25	MS	3,98	35	MS	6,52	58
MT	2,04	32	MT	2,77	44	MT	4,25	67
PI	0,18	38	PI	0,24	48	PI	0,34	68
PR	0,02	19	PR	0,03	28	PR	0,05	51
SP	0,40	16	SP	0,58	23	SP	1,09	42
TO	0,53	13	TO	0,94	22	TO	2,13	51
Total	12,49	24	Total	18,37	35	Total	31,93	60

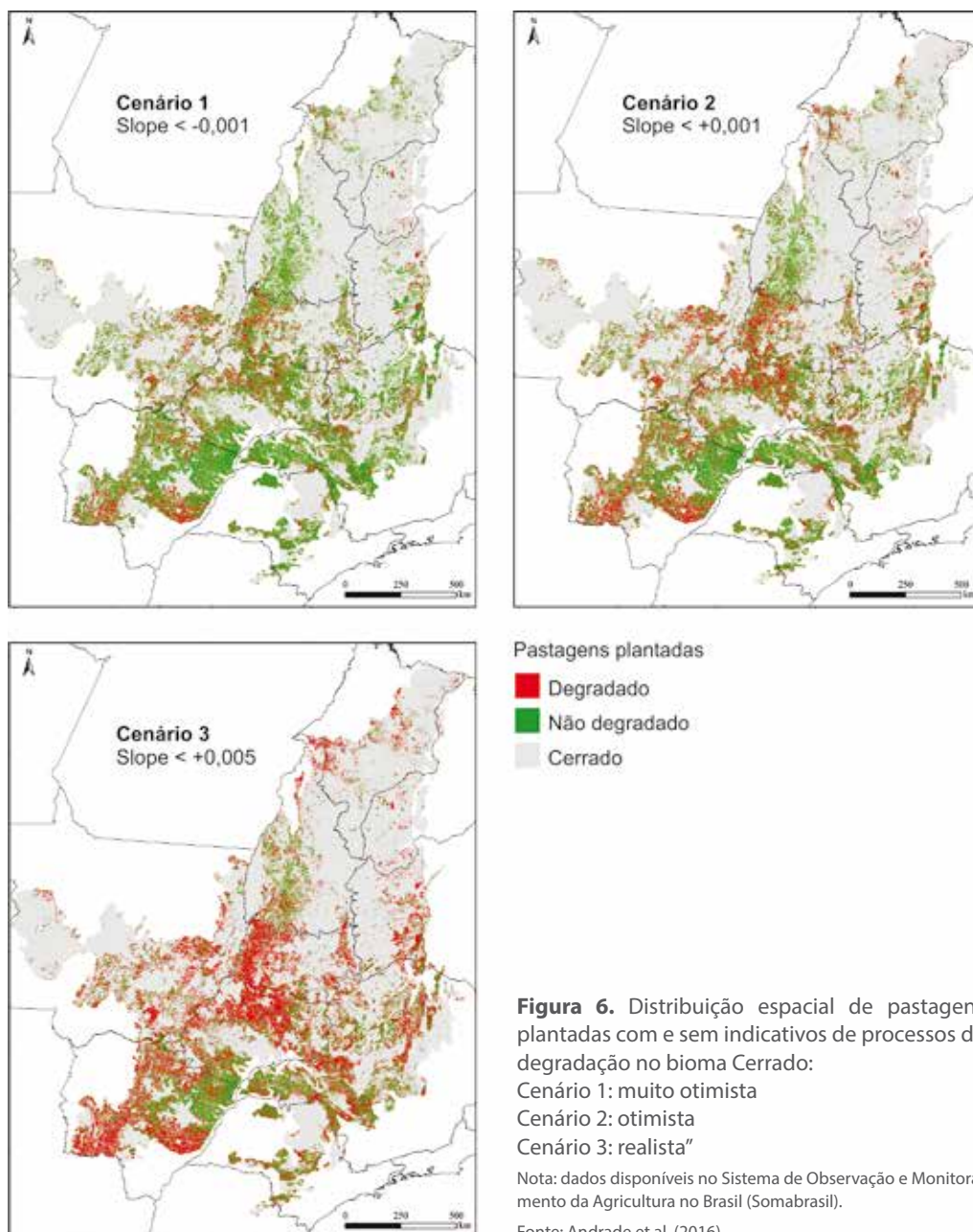
Fonte: Andrade et al. (2016).

hectares (35%), um valor menor que aqueles estimados até então por estudos anteriores. No cenário C (Cenário B adicionando o intervalo relativo à ligeira melhora no vigor, mas não o suficiente para sustentar a tendência de melhoria da cobertura vegetal), foram identificados em torno de 32 milhões de hectares de pastagens degradadas (60% das pastagens plantadas no Cerrado).

Vale ressaltar que cerca de 80% da área de pastagens degradadas no bioma Cerrado estão concentradas nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

Ao considerar o cenário B em análise na escala por municípios com mais de 10 mil hectares de pastagens plantadas no bioma Cerrado, Andrade et al. (2017) obtiveram mapas de porcentagem de pastagem plantada em relação à área total do município (Figura 7), de porcentagem de área de pastagem plantada degradada em relação à área total do município (Figura 8) e de porcentagem de área com pastagens plantadas que apresentam indicativos de degradação em relação à área total de pastagem plantada em cada município (Figura 9).

Muitos municípios estão representados em porcentagens de classes em tons de verde (Figuras 7 e 8), principalmente na maior parte dos municípios do estado de Mato Grosso e região do Matopiba (região contínua que engloba a região sul do



Maranhão, Tocantins, sul do Piauí e oeste da Bahia). Os municípios de Mato Grosso possuem maior área territorial, e parte significativa de seu território é destinada a outros usos como os de culturas agrícolas anuais (soja, milho, algodão e outras) (Brown et al., 2013). No que se refere à região de Matopiba, uma das explicações pode estar no fato de os municípios terem economia mais fundamentada na produção de grãos e fibras e, conseqüentemente, de maior uso do território.

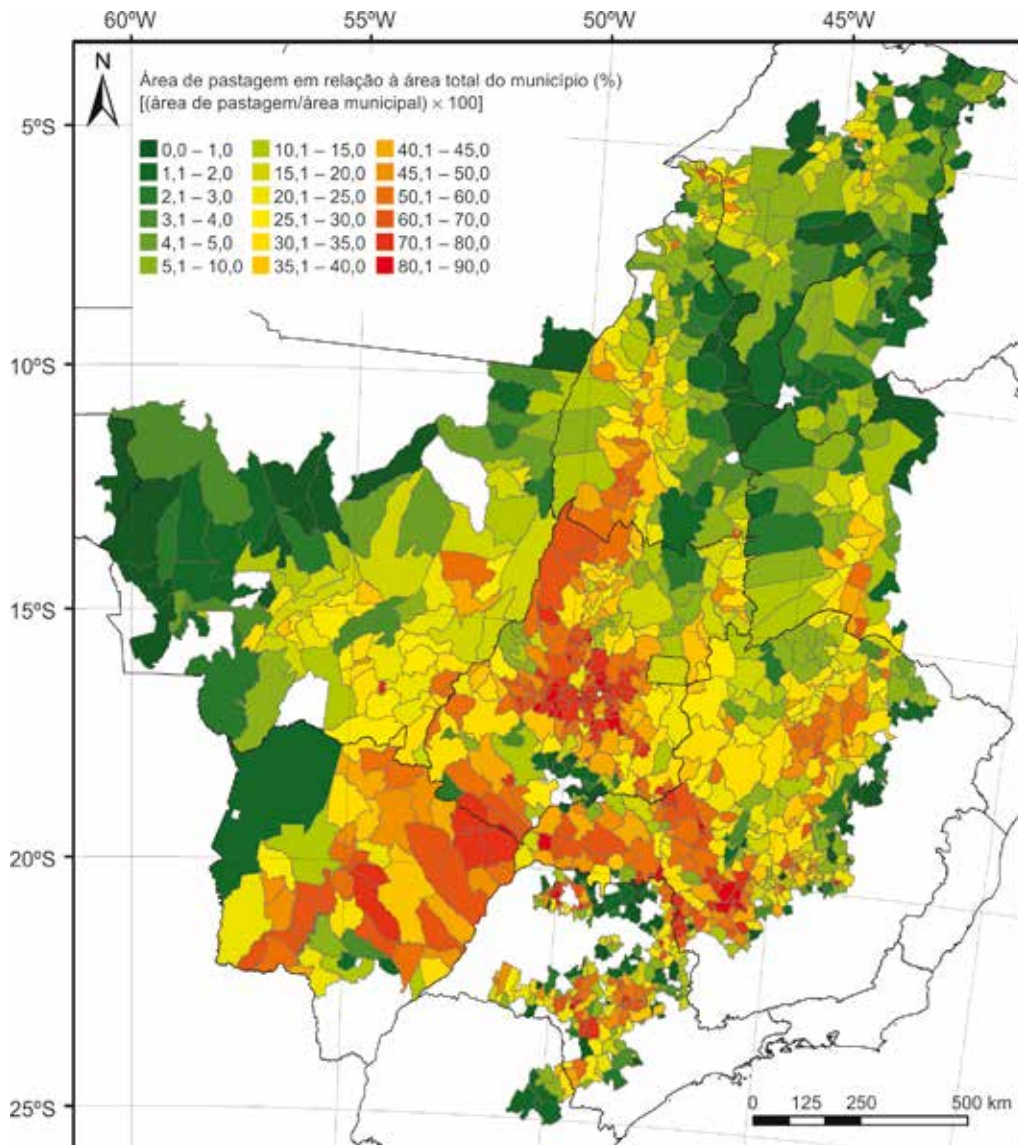


Figura 7. Porcentagem de área de pastagem cultivada ou plantada em relação à área total do município no bioma Cerrado.

Fonte: Andrade et al. (2017).

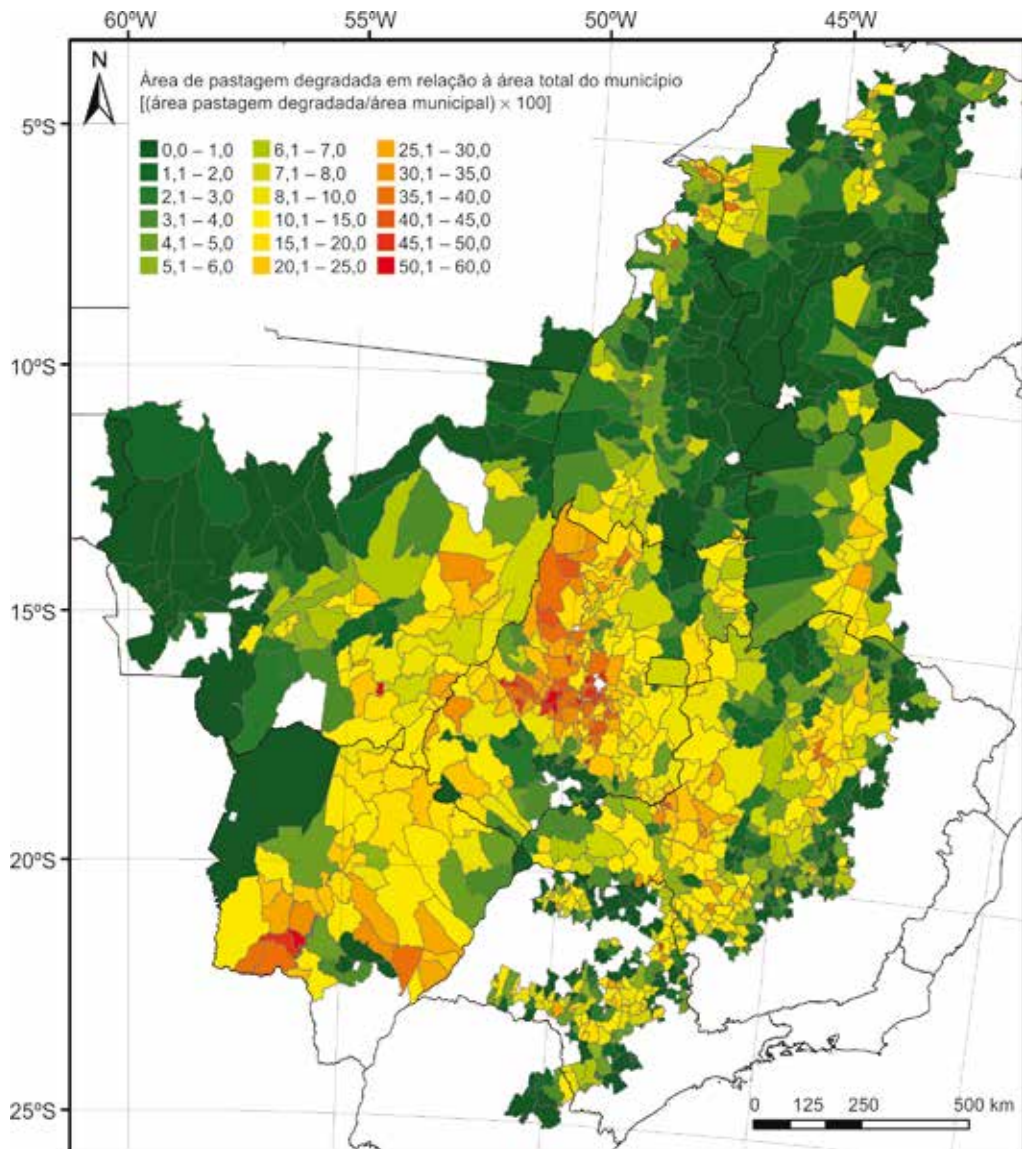


Figura 8. Porcentagem de área com pastagem plantada e com indicativos de degradação em relação à área total dos municípios no bioma Cerrado.

Fonte: Andrade et al. (2017).

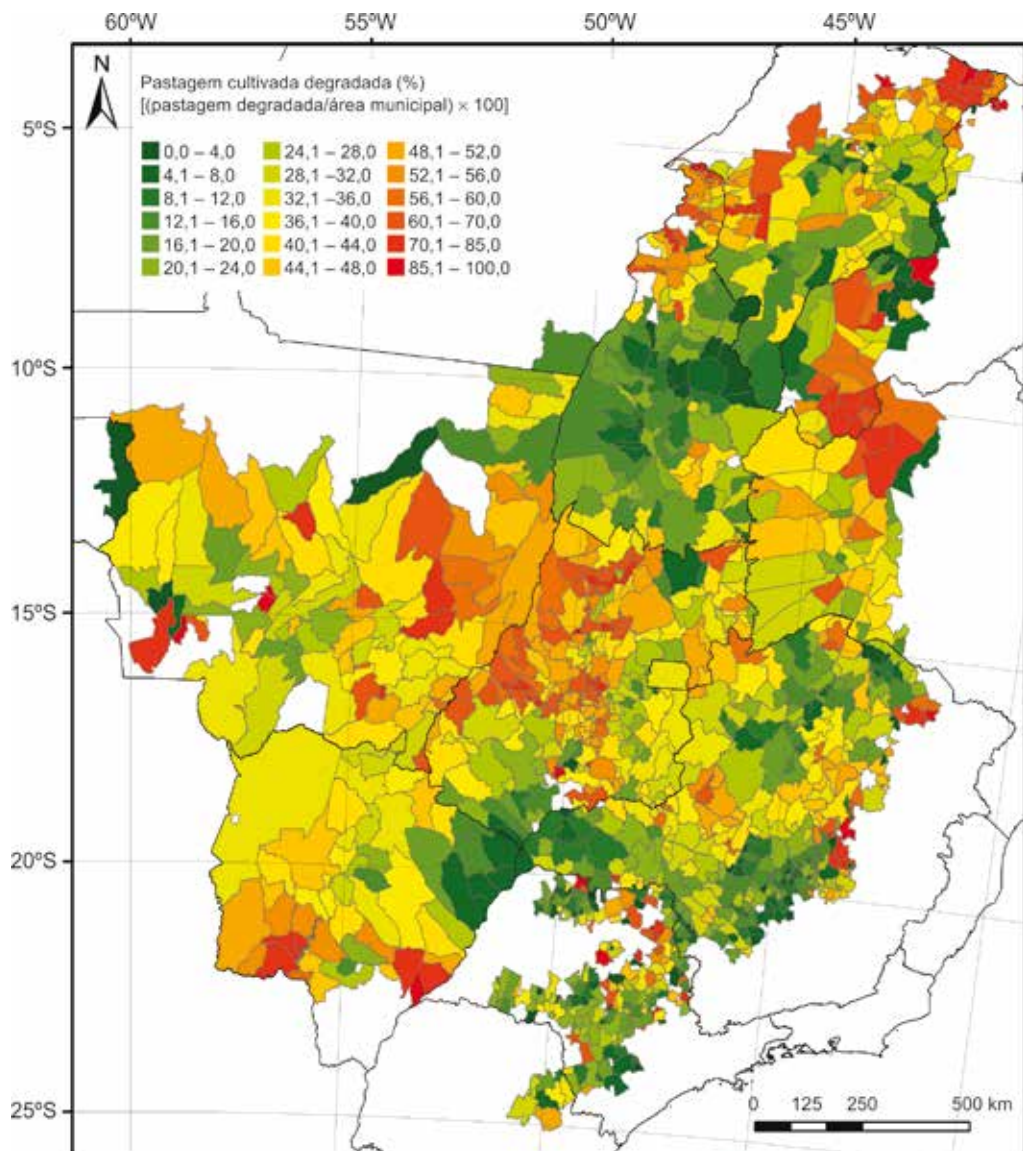


Figura 9. Mapa de porcentagem de área com pastagens cultivadas ou plantadas que apresentam indicativos de degradação em relação à área total de pastagem cultivada em cada município, no bioma Cerrado.

Fonte: Andrade et al. (2017).

Na Figura 8, nota-se que os municípios das regiões oeste, central, noroeste e norte de Goiás se destacam por apresentar indicativos de degradação de pastagens em mais de 35% da área total do município, conforme representado nas classes em tons de laranja a vermelho. Ressaltam-se também as classes que variam de 8% (amarelo) a 25% (laranja-claro) e que abrange boa parte dos municípios de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Uma análise global entre os mapas das Figuras 7 e 8 indica que há maior porcentagem de indicativos de degradação em municípios que possuem mais pastagens plantadas em seu território. Destacam-se os municípios da região central de Goiás, os quais possuem mais de 50% do seu território com pastagens plantadas. Além disso, são notórias as porcentagens acima de 40% em regiões sul e noroeste de Goiás, na maior parte dos municípios de Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, centro-oeste de Minas Gerais e em parte dos municípios do norte de Minas Gerais. Nessas regiões, há indicativos de degradação em mais de 10% das áreas de pastagens plantadas, podendo chegar a valores superiores a 30% em alguns dos municípios.

Há indicativos de degradação em mais de 50% (tons em vermelho) da área total de pastagens plantadas em vários municípios das regiões oeste, centro, noroeste e norte de Goiás, nordeste de Mato Grosso, sudoeste de Mato Grosso do Sul e alguns municípios do Matopiba (Figura 9). Além disso, porcentagens acima de 50% também foram observadas para alguns municípios de Minas Gerais e São Paulo, no entanto, de forma menos concentrada por região. Em um total de 806 municípios avaliados, 173 municípios apresentaram indicativos de degradação em mais de 50% das áreas de pastagens plantadas. Vale ressaltar também que classes de indicativos de degradação entre 20% e 40% das pastagens cultivadas por município foram observadas de forma dispersa no bioma Cerrado. Já as classes em tons de verde (menos de 10% de indicativos de degradação) concentraram-se na porção oeste de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e nos municípios da região do Matopiba.

Em geral, as elevadas porcentagens de áreas de pastagens plantadas com indicativos de degradação podem ter, como uma das justificativas, os indícios de tendência de queda nos índices de produtividade, ou seja, um processo evolutivo de perda de vigor e de capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais (Macedo, 1995). Assim, o contínuo empobrecimento dos solos das áreas de pastagens tem levado a processos de degradação em que se busca substituição de espécies introduzidas (*Brachiaria*, por exemplo) por espécies menos exigentes em fertilidade do solo e manejo do pastejo, como a grama-mato-grosso (*Paspalum notatum* Flügge) e até mesmo capim-barbade-bode (*Cyperus compressus*), em uma etapa mais avançada de degradação (Moraes et al., 1995). Vale lembrar que nem sempre a presença de invasoras é um sinal de declínio da fertilidade do solo, em que algumas dessas espécies invasoras podem ser favorecidas pela adubação ou pela condição de melhor fertilidade do solo. Nesse caso, seria mais um reflexo do manejo inadequado, como o subpastejo (Dias-Filho, 1990).

Outro ponto importante é que o pastejo adequado deve ser entendido como a possibilidade de alterar as taxas de lotação, de modo a sincronizá-las com a capacidade de suporte das pastagens, proporcionando maior produtividade, sem comprometimento de sua persistência. O superpastejo, causado por altas taxas de lotação e que promove decréscimos na quantidade de forragem produzida, com consequentes decréscimos na produção animal, é outro fator que contribui para a degradação das pastagens (Zimmer; Corrêa, 1993; Euclides, 1994).

De forma geral, a recuperação de pastagens contribui para reduzir a pressão pela abertura de novas fronteiras para a expansão da agricultura e pecuária, por exemplo, em áreas de floresta nativa. O combate à degradação também auxilia na redução da emissão de gases de efeito estufa. Em pastos recuperados, é possível alcançar maior produtividade e menor emissão por animal, tornando a pecuária uma atividade economicamente mais rentável e ambientalmente mais eficiente. Destaca-se ainda que a degradação das pastagens tem características diferentes em cada bioma. No Cerrado, é caracterizada, por exemplo, pela perda de produtividade em razão da pouca oferta de água e de nutrientes. Diante das dimensões territoriais e das diferenças regionais, o uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto aplicado em diferentes escalas, é a estratégia adequada para obter informações de inteligência territorial que possam auxiliar na tomada de decisões voltadas para implementação de políticas públicas em larga escala.

Diagnóstico de irrigação por pivôs centrais

A irrigação é uma prática utilizada para suprir a necessidade de água das culturas agrícolas, caso a precipitação não atenda a demanda (Setti et al., 2001). A irrigação permite aumentar a produtividade, o período anual de plantio (Guimarães; Landau, 2014) e a produção em áreas de precipitação insuficiente. Para as culturas de milho e soja, são estimados ganhos de produtividade da ordem de 57% e 60%, respectivamente. Além disso, em muitas regiões, a irrigação possibilita a produção de três cultivos ao longo do ano (Silveira, 2011).

A área irrigada representa 18% da agricultura no Brasil e responde por aproximadamente 42% da produção total de alimentos (Christofidis, 2006). Dados preliminares do Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2017) indicam que, no Brasil, 505.503 estabelecimentos agropecuários utilizam algum sistema de irrigação, o que representa 9,97% do total de estabelecimentos agropecuários. Os cinco estados com o maior número de estabelecimentos que fazem uso da irrigação são Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Pernambuco e São Paulo (Tabela 4). No bioma Cerrado, as regiões com maior número de estabelecimentos com uso da irrigação são o Distrito Federal e seu entorno, e alguns municípios em Minas Gerais e oeste da Bahia (Figura 10).

Apesar de identificar o número de estabelecimentos com uso de diferentes sistemas de irrigação, os dados do Censo Agropecuário não incluem coordenadas geográficas de localização, não permitindo gerar mapas precisos de áreas irrigadas. Dessa forma,

Tabela 4. Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação nas unidades da federação, número total de estabelecimentos e percentual dos estabelecimentos com uso de irrigação.

Unidade federativa	Nº de estabelecimentos agropecuários	Nº de estabelecimentos com irrigação	Estabelecimentos com uso de irrigação (%)
Bahia	762.620	94.597	12,40
Minas Gerais	607.448	64.929	10,69
Espírito Santo	108.010	46.834	43,36
Pernambuco	281.675	39.586	14,05
São Paulo	188.643	33.710	17,87
Ceará	394.317	29.773	7,55
Rio Grande do Sul	365.052	26.450	7,25
Paraíba	163.217	19.284	11,81
Rio de Janeiro	65.157	16.660	25,57
Paraná	305.115	16.659	5,46
Santa Catarina	183.065	16.261	8,88
Piauí	245.623	15.032	6,12
Pará	281.704	14.493	5,14
Rio Grande do Norte	63.411	9.581	15,11
Rondônia	91.437	8.502	9,30
Sergipe	93.333	8.461	9,07
Goiás	152.089	8.218	5,40
Maranhão	219.765	7.409	3,37
Alagoas	98.534	6.226	6,32
Amazonas	80.914	5.841	7,22
Mato Grosso	118.676	4.808	4,05
Distrito Federal	5.246	2.733	52,10
Mato Grosso do Sul	70.710	2.587	3,66
Tocantins	63.691	2.308	3,62
Roraima	16.850	2.003	11,89
Amapá	8.507	1.425	16,75
Acre	37.343	1.133	3,03
Brasil	5.072.152	505.503	9,97

Fonte: Adaptado de IBGE (2017).

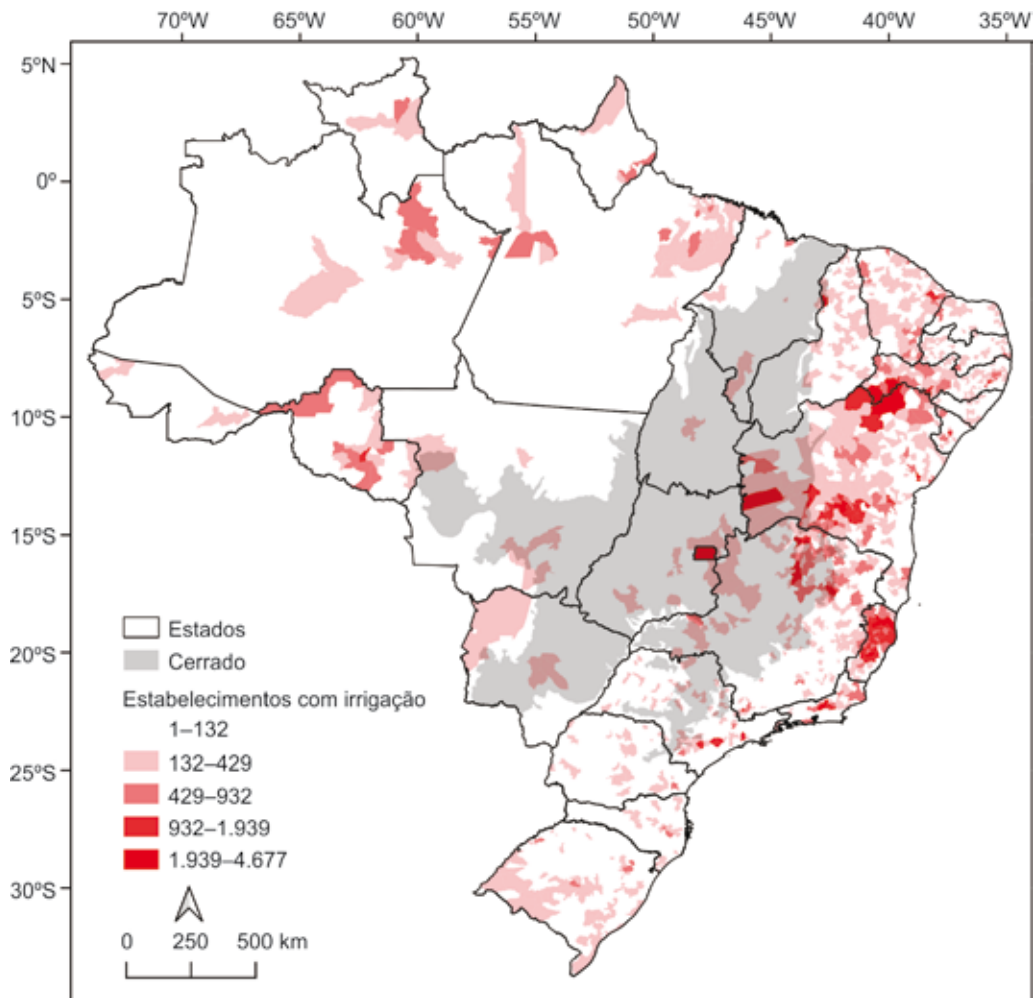


Figura 10. Número de estabelecimentos agropecuários com irrigação nos municípios brasileiros.

Fonte: Adaptado de IBGE (2017).

Guimarães e Landau (2014) realizaram o mapeamento nacional dos sistemas de irrigação por pivôs centrais a partir de imagens de satélites com resolução espacial de 30 m ou superior para os anos de 2013, 2014 e 2016. Para o bioma Cerrado, a área irrigada por pivôs centrais passou de 919.278 ha em 2013 para 1.150.488 ha em 2016, um aumento de 25,15% (Tabela 5). Os estados que apresentaram maior número de pivôs e área irrigada foram Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo. Já os estados com os maiores aumentos em área irrigada, em termos percentuais, entre 2013 e 2016, foram Piauí, Mato Grosso, Bahia e Tocantins (desconsiderou-se o estado do Maranhão, por não apresentar sistemas de pivôs centrais mapeados em 2013).

Os produtos gerados por Guimarães e Landau (2014) e Landau et al. (2015) permitem identificar com precisão a localização de cada sistema de irrigação (Figura 11),

Tabela 5. Quantidade e área irrigada (ha) por pivôs centrais no bioma Cerrado, por unidade federativa (UF), nos anos de 2013, 2014 e 2016 e crescimento da área irrigada nos períodos 2013–2016 e 2014–2016.

UF	2013			2014			2016			Crescimento em área (%) (2013–2016)	Crescimento em área (%) (2014–2016)
	Quantidade	Área (ha)	Quantidade	Área (ha)	Quantidade	Área (ha)	Quantidade	Área (ha)			
MG	5.116	346.683	5.822	385.097	6.768	431.240	6.768	431.240	24,39	11,98	
GO	2.806	205.820	3.250	228.337	3.705	252.656	3.705	252.656	22,76	10,65	
BA	1.361	135.316	1.397	143.020	1.705	177.473	1.705	177.473	31,15	24,09	
SP	2.703	123.505	2.982	131.686	3.126	139.744	3.126	139.744	13,15	6,12	
MT	464	55.960	559	67.303	686	82.842	686	82.842	48,04	23,09	
MS	252	27.786	212	22.800	298	31.274	298	31.274	12,55	37,17	
DF	212	12.897	225	13.479	248	13.987	248	13.987	8,45	3,77	
TO	111	10.540	118	10.904	141	13.122	141	13.122	24,49	20,34	
MA	0	0	63	4.309	86	6.131	86	6.131	-	42,29	
PI	14	780	18	860	29	2.018	29	2.018	158,78	134,66	
Total	13.039	919.287	14.646	1.007.794	16.792	1.150.488	16.792	1.150.488	25,15	14,16	

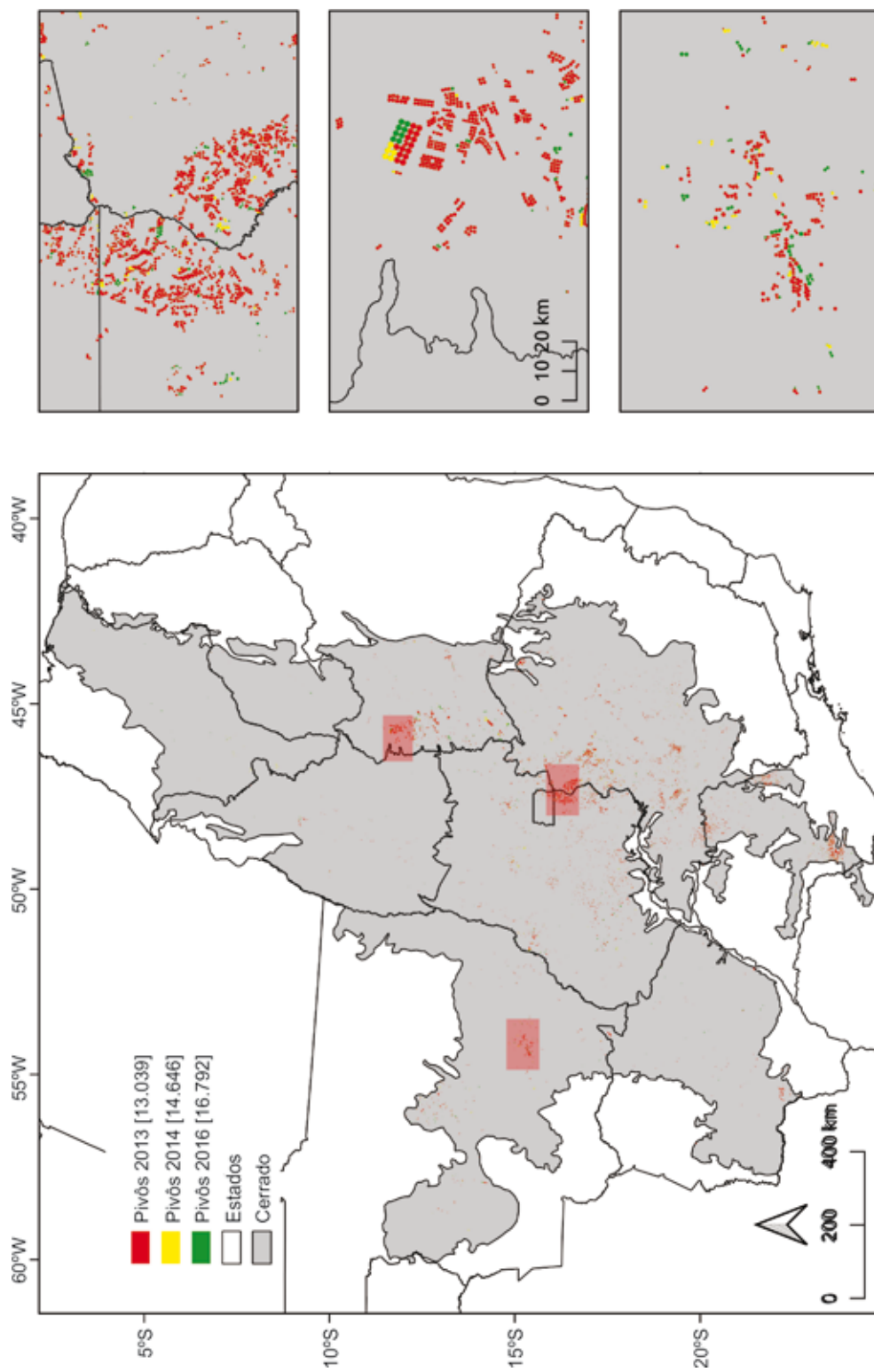


Figura 11. Mapeamento dos sistemas de irrigação por pivô central no bioma Cerrado, para os anos de 2013, 2014 e 2016, com destaque para as regiões do Distrito Federal, oeste da Bahia e Mato Grosso.

Fonte: Adaptado de Guimarães e Landau (2014).

possibilitando análises detalhadas da expansão da irrigação, das bacias hidrográficas mais demandadas e da concentração dos sistemas em determinadas regiões, dentre outras análises. É possível observar a grande concentração de pivôs no entorno do Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais, na cabeceira da bacia do Rio São Francisco.

A partir do levantamento dos pivôs centrais do bioma Cerrado em 2017, Guimarães e Landau (2014) verificaram que mais de um terço da área ocupada por pivôs centrais concentra-se no estado de Minas Gerais (36,26%, 442.386 ha, 198 pivôs); 22,24% em Goiás (271.314,14 ha, 153 pivôs); 13,55% na Bahia (165.275 ha, 27 pivôs); 13,46% em São Paulo (121.440,65 ha, 122 pivôs); 9,00% no Mato Grosso (109.805 ha, 43 pivôs); 2,49% no Mato Grosso do Sul (30.442 ha, 33 pivôs); e os 3% restantes (36.644 ha) entre o Distrito Federal, Tocantins, Maranhão e Piauí (Figura 12).

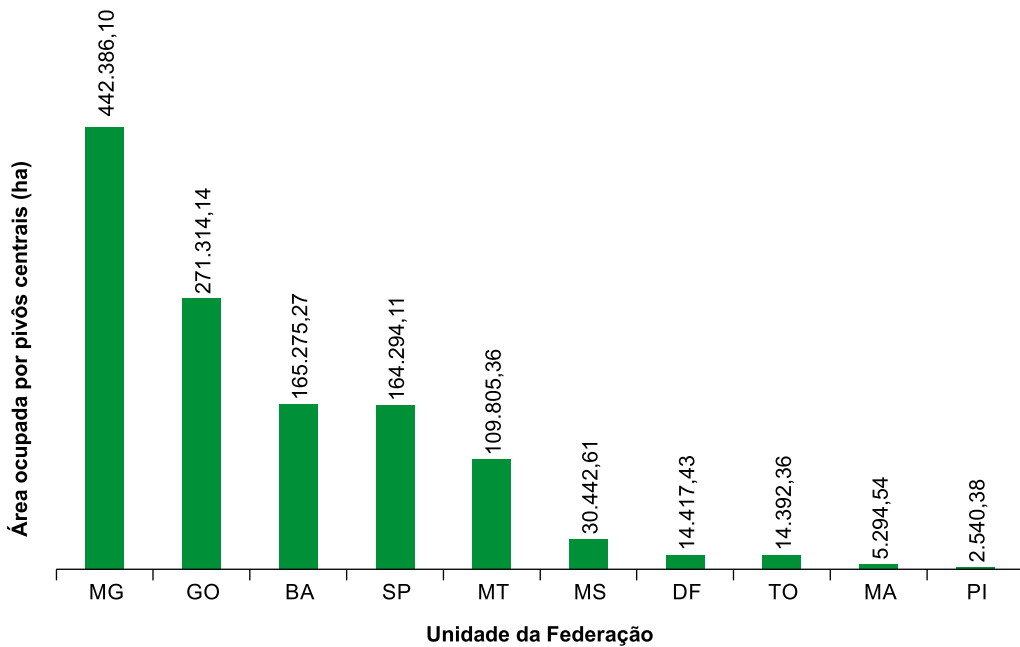


Figura 12. Área ocupada por pivôs centrais no bioma Cerrado em 2017 por unidade da Federação do Brasil.

Guimarães e Landau (2014) também analisaram a variação temporal das áreas dos pivôs centrais do bioma Cerrado com plantios em 2017, a partir de padrões observados em 46 imagens de 2017, obtidas a cada 8 dias pelo sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo das plataformas Terra e Aqua. Nas seis unidades federativas que concentraram 97% da área do Cerrado com pivôs centrais, verificou-se a predominância de plantios sob pivôs nos meses de chuva e até maio/junho, primeiros meses após início do período de estiagem, e, na maioria dos estados, menos do que 20% das áreas de pivôs com plantios entre agosto e outubro, final da época de estiagem (Figura 13).

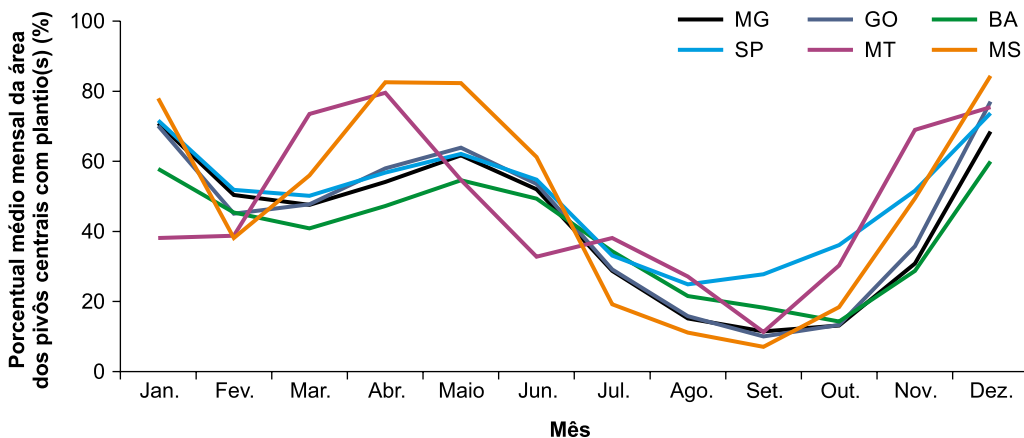


Figura 13. Variação da área relativa média mensal dos pivôs centrais com plantios em 2017 por unidade da Federação do Brasil.

Potencial de expansão agrícola

Em 2013, 43% do bioma Cerrado (88,5 milhões de hectares) apresentou uso antrópico, em que as pastagens plantadas ocupavam a maior área (60 milhões de hectares), correspondente a aproximadamente 68% da área antropizada (Brasil, 2015). Tal área é mais de três vezes superior à área destinada à agricultura anual (17,4 milhões de hectares) e apresenta diferentes níveis de intensificação pecuária e degradação de pastagens (Andrade et al., 2017). As áreas com pastagem plantada podem apresentar aptidão para o estabelecimento de agricultura anual que, juntamente com a melhora das condições das pastagens e intensificação pecuária – a exemplo da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) –, poderia significar o aumento da produção agropecuária do Cerrado, sem a necessidade de conversão de novas áreas naturais.

Com o intuito de avaliar o potencial de expansão da agricultura no Cerrado, Victoria et al. (2017) avaliaram as características climáticas e de declividade das áreas ocupadas por agricultura anual e identificaram as pastagens plantadas com condições semelhantes. A caracterização climática se baseou no modelo de balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Matter (Pereira, 2005), enquanto a declividade foi calculada a partir dos dados provenientes do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 m (Van Zyl, 2001), e classificada em três classes de limitação à mecanização (nula, ligeira e moderada) (Pereira; Lombardi Neto, 2004).

Foi constatado que 99% das áreas agrícolas do Cerrado se encontravam em terras com declividade 0% – 13%, sendo que 64,3% estavam em áreas com declividade 0% – 3% e 31,1% em áreas com declividade 4% – 8%. Em relação ao clima, 99% da agricultura do Cerrado se encontra em áreas com precipitação superior a 900 mm ano⁻¹, deficiência hídrica inferior a 650 mm ano⁻¹ e excedente hídrico superior a 100 mm ano⁻¹. Foram então identificadas no bioma as áreas que apresentavam tais características (Figura 14) e

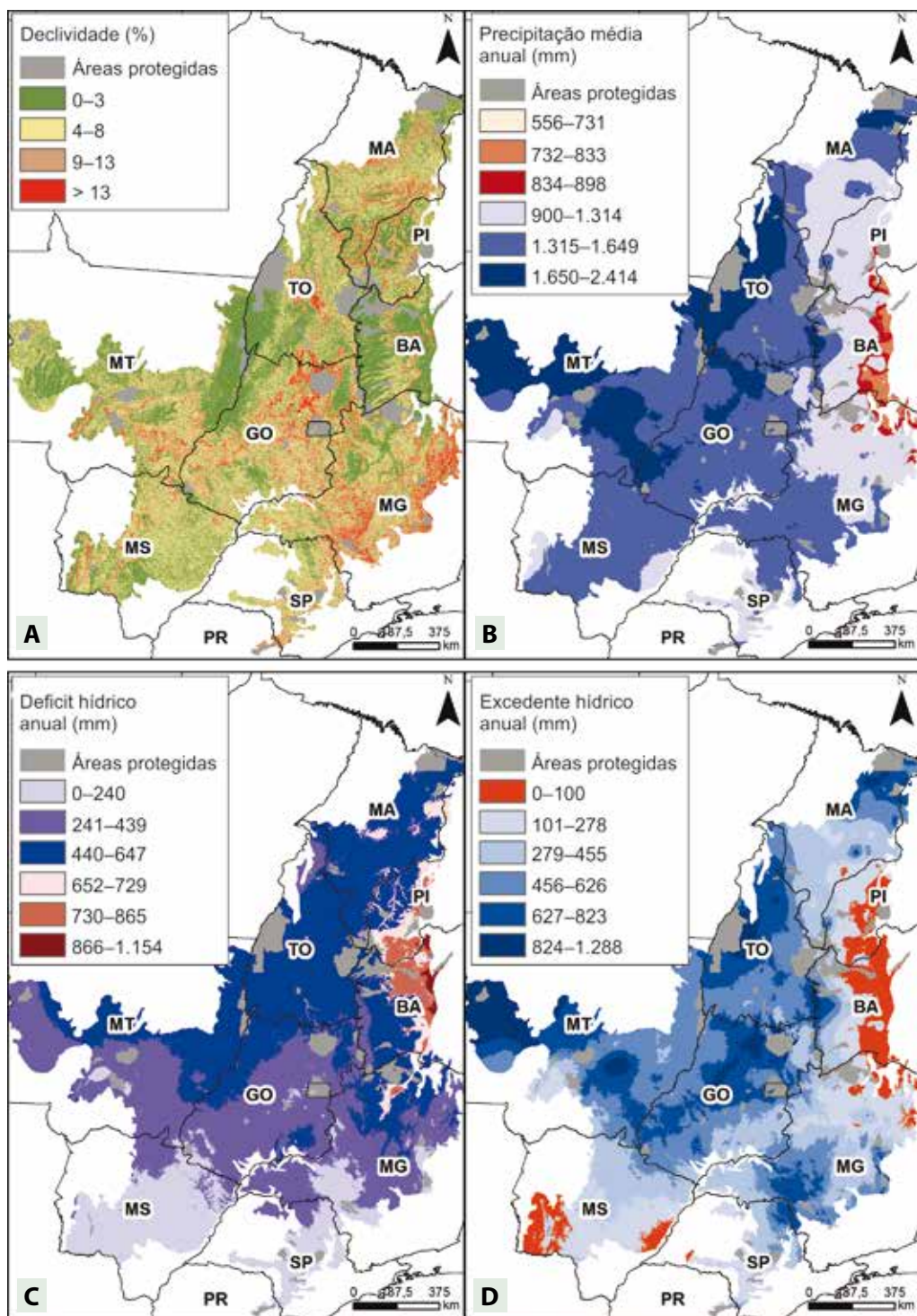


Figura 14. Bioma Cerrado discriminado em termos de classes de (A) declividade, (B) precipitação média anual, (C) deficiência hídrica anual, e (D) excedente hídrico anual.

Fonte: Victoria et al. (2017).

contabilizadas, por unidade da Federação, as áreas totais de pastagens plantadas com potencial para implantação de agricultura anual (Figura 15; Tabela 6).

Ao todo, 44,5 milhões de hectares de pastagens plantadas no Cerrado apresentam características climáticas e de relevo semelhantes às áreas com agricultura anual de sequeiro. Isso representa 2,5 vezes a área agrícola do Cerrado no ano de 2013 (17,4 milhões de hectares). Se forem consideradas apenas as pastagens com declividade entre 0% e 3%, sem limitação à mecanização, tem-se 19,7 milhões de hectares com potencial para expansão agrícola, uma área 13% superior ao total utilizado pela

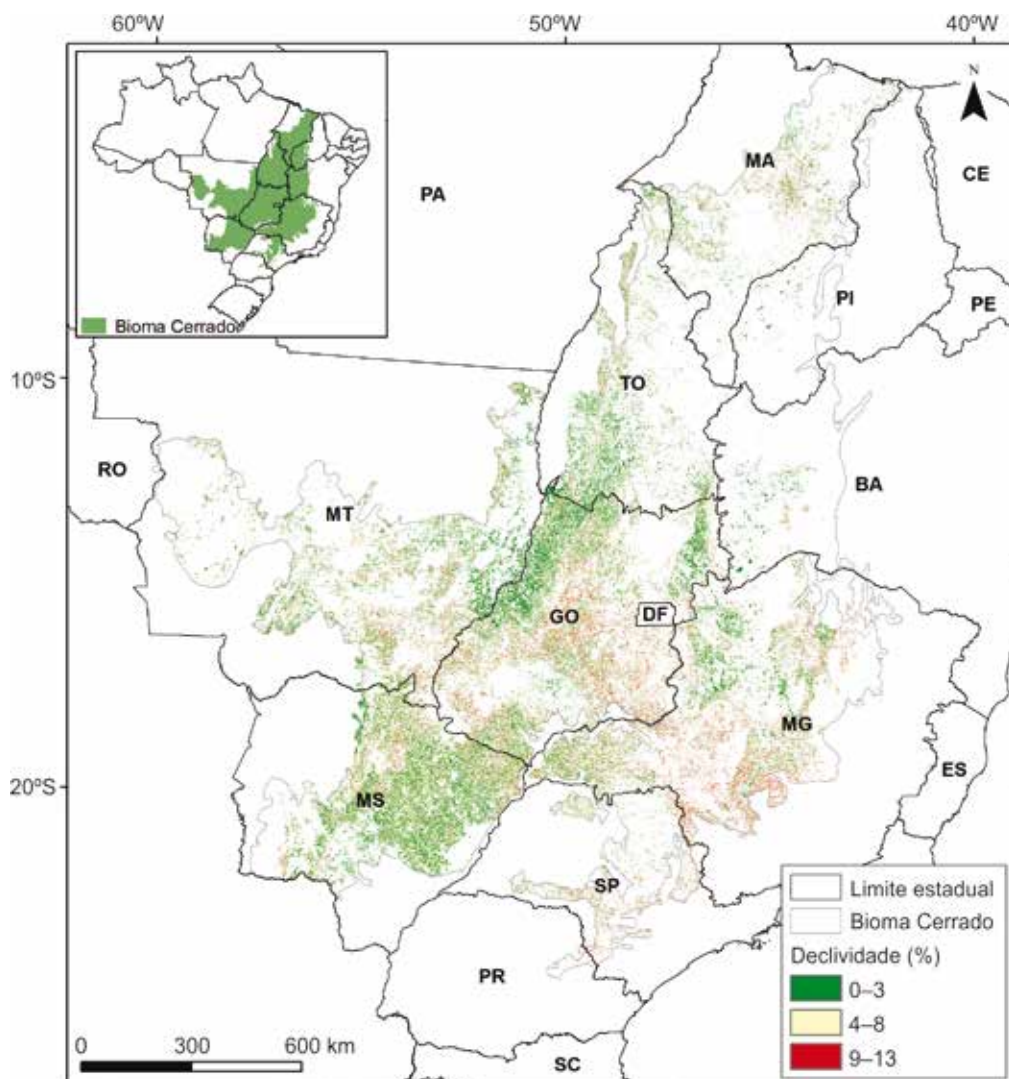


Figura 15. Pastagens plantadas no bioma Cerrado, adequadas para a implantação de agricultura anual, de acordo com dados do balanço hídrico e discriminadas em três faixas de declividade.

Fonte: Adaptado de Victoria et al. (2017).

Tabela 6. Áreas de pastagens plantadas e áreas agrícolas (km²) discriminadas por unidades federativas (UF), classes de declividade, potencial de expansão da agricultura e porcentagem de pastagens com características físicas e climáticas compatíveis com agricultura anual na declividade 0% – 3%.

UF	Pastagens plantadas por classes de declividade (%)				Área agrícola (2013)	Potencial de expansão (%) da agricultura por classes de declividade			Pastagens plantadas (2013)	(%) Pastagens compatíveis com culturas anuais (declividade 0 – 3)
	0 – 3	4 – 8	9 – 13	0 – 13		0 – 3	0 – 13	0 – 13		
BA	3.170	1.356	238	4.765	21.970	14,4	21,7	24.500	12,9	
DF	14	12	2	28	960	1,4	3,0	1.420	1,0	
GO	48.481	52.490	15.628	116.599	34.920	138,8	333,9	139.770	34,7	
MA	9.210	9.536	2.683	21.429	7.480	123,1	286,5	33.740	27,3	
MG	27.565	37.345	14.180	79.090	18.780	146,8	421,1	118.760	23,2	
MS	47.687	46.400	6.232	100.319	13.340	357,5	752,0	121.810	39,1	
MT	3.3891	29.014	5.879	68.784	56.680	59,8	121,4	79.110	42,8	
PI	1.200	319	27	1.547	8.130	14,8	19,0	6.030	19,9	
PR	9	32	39	80	890	1,0	9,0	720	1,3	
RO	1	2	0	4	0	-	-	10	14,1	
SP	3.142	5.845	2.706	11.693	3.840	81,8	304,5	20.220	15,5	
TO	22.518	15.654	2.520	40.692	7.180	313,6	566,7	54.770	41,1	
Matopiba	36.098	26.866	5.468	68.433	44.760	80,6	152,9	119.040	30,3	
Total	196.888	198.007	50.135	445.030	174.170	113,0	255,5	600.860	32,8	

agricultura anual atualmente, e que representa aproximadamente 33% da pastagem plantada no bioma. Ou seja, existe o potencial para dobrar a área agrícola no Cerrado, utilizando áreas com declividade de 0% a 3%, reduzindo apenas 33% das áreas ocupadas com pastagens plantadas.

Considerando-se apenas as áreas com declividade entre 0% a 3%, os estados que apresentam maior potencial de expansão são Mato Grosso do Sul e Tocantins. O primeiro apresenta 4,7 milhões de hectares de pastagens com características favoráveis, equivalente a 39% da pastagem plantada no estado. Já Tocantins apresenta 2,5 milhões de hectares de áreas favoráveis, equivalente a 41% da pastagem plantada.

Para o Matopiba, considerando-se apenas declividade entre 0% a 3%, existem 3,6 milhões de hectares de pastagens plantadas em condições favoráveis para lavouras anuais, o que representa 30% da área de pastagem. Se for considerada a declividade de até 13%, há 6,8 milhões de hectares com potencial de expansão. Com o intuito de avaliar os resultados encontrados, foi realizado o cruzamento do mapa de uso e cobertura das terras (Brasil, 2015) com o mapa de aptidão agrícola do Matopiba (Lumbreras et al., 2015). O mapeamento de Lumbreras et al. (2015) empregou metodologia distinta da utilizada por Victoria et al. (2017), apresentando diferentes níveis de aptidão, o que dificulta comparações diretas. Porém, foram identificados 4,9 milhões de hectares de pastagens plantadas com aptidão boa ou regular para agricultura anual, valor dentro da faixa de 3,6 a 6,8 milhões de hectares encontrada por Victoria et al. (2017).

Cabe ressaltar que, apesar de terem sido identificadas pastagens plantadas com características adequadas para expansão da agricultura anual, a substituição de pastagens por culturas agrícolas deve ser acompanhada de ganhos de produtividade na pecuária, de forma que não resulte em pressão por abertura de novas áreas. Alternativa seria a expansão de sistemas de integração (ILPF) como forma de intensificação sustentável da produção agropecuária (Ferraz; Ladislau, 2017). Também é importante salientar a necessidade de novas análises que aprofundem o trabalho de Victoria et al. (2017), levando-se em consideração as restrições ambientais impostas pelo Código Florestal e outros fatores importantes, como características edáficas, altitude e sazonalidade do clima.

Considerações finais

O planejamento da expansão agrícola no Cerrado é fundamental para o uso sustentável e preservação dos recursos naturais, o estabelecimento de melhorias de infraestrutura e logística agrícola, bem como para os investimentos em pesquisa, inovações e crédito agrícola. Sistemas de produção mais intensificados e diversificados, como integração lavoura-pecuária-floresta, plantio direto e irrigação, diminuem a pressão na abertura de novas áreas. Porém, devem ser analisados sob diferentes óticas econômicas, sociais, culturais e ambientais.

Nas análises aqui realizadas, observou-se que de 45% a 50% do bioma já foi antropizado com usos agrícolas, pastagens, silvicultura, urbanizações e minerações. Aproximadamente 30% do Cerrado está convertido em pastagens e grande parcela dessas áreas está com baixa capacidade produtiva, sendo possível definir suas características edafoclimáticas e abrangência espacial em diferentes cenários de análises.

Importante ainda destacar o papel de políticas públicas e legislações, como a Política Nacional de Biossegurança, o Código Florestal e o Cadastro Ambiental Rural, que podem dinamizar e dar segurança jurídica para a expansão e diversificação agrícola, via recuperação dos passivos ambientais das propriedades rurais.

A Embrapa, em seu estudo de futuro da agricultura para 2030, destacou o crescimento dos incentivos à diversidade produtiva animal e vegetal da região. A piscicultura, fruticultura, cana-de-açúcar, hortaliças, trigo tropical e pulses (subgrupo da família das leguminosas que engloba grãos secos, como feijão-comum, feijão-caupi, ervilha, lentilhas, grão-de-bico, entre outros) são exemplos de potencialidades crescentes.

Dessa forma, as análises apontam o grande potencial de expansão da agricultura sem a necessidade de abertura de novas áreas agrícolas. O uso de tecnologias mais sustentáveis, como o sistema plantio direto, fixação biológica de nitrogênio (FBN), recuperação de pastagens degradadas, ILPF, sistemas agroflorestais, florestas plantadas, sistemas de irrigação inteligentes e tratamento de dejetos animais, são exemplos de potencialidades de expansão agrícola e diversificação mais sustentável do Cerrado.

Referências

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 17, May, 2017. DOI: 10.21206/rbas.v7i1.376.

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Recuperação de pastagens no cerrado. **Agroanalysis**, v. 36, n. 2, p. 30-32, fev. 2016.

BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian cerrado and caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58 p. 116-27, Mar. 2015. DOI: 10.1016/j.apgeog.2015.01.017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto TerraClass Cerrado**: mapeamento do uso e cobertura vegetal do Cerrado. Brasília, DF, 2015. 67 p.

BROWN, J. C.; KASTENS, J. H.; COUTINHO, A. C.; VICTORIA, D. C.; BISHOP, C. R. Classifying multiyear agricultural land use data from Mato Grosso using time-series MODIS vegetation index data. **Remote Sensing of Environment**, v. 130, p. 39-50, Mar. 2013. DOI: 10.1016/j.rse.2012.11.009.

CEA CONSULTING. **Desafios e oportunidades para conservação, produção agrícola e inclusão social no bioma do Cerrado**. 2016. Disponível em: <http://www.climateandlandusealliance.org/wp-content/uploads/2016/09/Cerrado_ES_pt.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

CHRISTOFIDIS, D. **Água na produção de alimentos**: o papel da academia e da 36 indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. 2006. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/18402116-Agua-na-producao-de-alimentos-o-papel-da-academia-e-da-industria-no-alcance-do-desenvolvimento-sustentavel.html>>. Acesso em: 22 out. 2019

DIAS-FILHO, M. B. **Plantas invasoras em pastagens cultivadas da Amazônia**: estratégias de manejo e controle. Belém: Embrapa-CPATU, 1990. 103 p. (Documentos, 52).

EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018. 212 p.

EUCLIDES, V. P. B. **Algumas considerações sobre manejo das pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC, 1994. 31 p. (Documentos, 57).

FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1198 p.

FERRAZ, R.; LADISLAU, S. Intensificação sustentável: desafios e oportunidades para a agricultura brasileira. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, n. 2, p. 37-42, mar. 2017.

GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil em 2013**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 40 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106).

IBAMA. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS)**: cerrado. Brasília, DF, [2010]. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomass/PMDBBS%20-%20CERRADO.html>. Acesso em: 1 set. 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. **Produção agrícola municipal (1990 a 2015)**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2008/default.shtm>>. Acesso em: 29 out. 2016.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P.; SOUZA, D. L. de **Varição da área irrigada por pivôs centrais no Brasil entre 2013 e 2014**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 126). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140600/1/bol-126.pdf>>. Acesso em: 9 out 2018.

LIU, S.; WANG, T.; GUO, J.; QU, J.; AN, P. Vegetation change based on SPOT-VGT data from 1998-2007, northern China. **Environmental Earth Sciences**, v. 60, n. 7, p. 1459-1466, 2010.

LUMBRERAS, J. F. A.; CARVALHO FILHO, P. E. F.; MOTTA, A. H. C.; BARROS, M. L. D.; AGLIO, R. de O.; DART, H. L. F.; SILVEIRA, C. F.; QUARTAROLI, R. E.; ALMEIDA, M.; FREITAS, D. P. L. **Aptidão agrícola das terras do Matopiba**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015. (Embrapa Solos. Documentos, 179).

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrado: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 32., 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995. p. 28-62.

MAPBIOMAS. **Coleção 2.3 – Dados atualizados**. Versão de dezembro de 2017. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

MORAES, A.; MARASCHIN, G. E.; NABINGER, C. Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 32., 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995. p.147-200.

PEREIRA, A. R. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras**: proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5805/1/documentos_43.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Land Cover Mapping of the Tropical Savanna Region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, n. 1-4, 113-24, 2010. DOI: 10.1007/s10661-009-0988-4.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 153-156, jan. 2008.

SANO, E. E.; ROSA, R.; SCARAMUZZA, C. A. de M.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURANO, L. E. P.; NARVAES, I. da S.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B. de; SILVA, E. B. da; VICTORIA, D. de C.; FERREIRA, L. G.; BRITO, J. L. S.; BAYMA, A. P.; OLIVEIRA, G. H. de; BAYMA-SILVA, G. Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00138, 2019. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00138.

SCARAMUZZA, C. A. M.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURANO, L. E. P.; NARVAES, I. S.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; ROSA, R.; SILVA, E. B.; VALERIANO, D. M.; VICTORIA, D. C.; BAYMA, A. P.; OLIVEIRA, G. H.; SILVA, G. B. 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.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília, DF: Aneel: ANA, 2001. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Introducao_Gerenciamento.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2013.

SILVEIRA, J. M. C. A importância da agricultura irrigada na sub-bacia Tambaú/Verde, região Nordeste Paulista. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2011.

VAN ZYL, J. J. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography. **Acta Astronautica**, v. 48, n. 5-12, p. 559-565, 2001.

VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L.; SILVA, G. B. S. Pastagens plantadas com potencial para expansão da agricultura anual no Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., Santos. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2017. p. 1716-1723.

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