

## Pastagens plantadas com potencial para expansão da agricultura anual no Cerrado

Daniel de Castro Victoria <sup>1</sup>  
Edson Luis Bolfe <sup>2</sup>  
Gustavo Bayma-Silva <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Informática Agropecuária  
Av. Dr. André Tosello, 209 - Cidade Universitária, Campinas - SP, Brasil  
daniel.victoria@embrapa.br

<sup>2</sup> Embrapa - Secretaria de Inteligência e Macroestratégia  
Caixa Postal 8605, 70.770-901 – Brasília – DF, Brasil  
edson.bolfe@embrapa.br

<sup>3</sup> Embrapa Monitoramento por Satélite  
Av. Soldado Passarinho, 303 – 13070-115- Campinas - SP, Brasil  
gustavo.bayma@embrapa.br

**Abstract.** Brazil is among the top agriculture producers in the world and much of this is due to technological advances, which have resulted in grain yield increases in the last decades, along with land availability for the expansion of the agriculture frontier. However such expansion faces criticisms due to its close relation to Land Use and Cover changes, be it through direct conversion of natural lands to crop plantations or through indirect land use change caused by the conversion of deforested areas from one land use to another. Here we analyze terrain slope and climatic water balance variables of annual crop production areas in the Cerrado biome, Brazil, and compare these to established pasture areas in order to evaluate land availability for cropland expansion. This study does not take into account soil properties (fertility, drainage) or legal limitations i.e. Brazilian Forest code. Results indicate that 445 thousand km<sup>2</sup> of pasture areas in the Cerrado biome presents slope and climatic characteristics (annual precipitation, annual water deficit and surplus) suitable for agriculture. More than half of the lands with slope between 0 and 3% are located within 15 km of agricultural areas already established. The states of GO and MS holds the largest amount of suitable lands. In GO, 72% of the flattest areas (0 – 3% slope) are located within 15 km of established agricultural areas while in MS, only 48% is located within that distance.

**Palavras-chave:** agricultural production, deforestation, agricultural suitability, agricultural frontier, MATOPIBA, LUCC, produção agrícola, desmatamento, aptidão agrícola, fronteira agrícola.

### 1. Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de commodities agrícolas. No ano de 2013, o País obteve a segunda maior produção de soja no mundo (81,8 Mton), ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América, com 91,4 Mton (FAO, 2016). No mesmo ano, o País foi o terceiro maior produtor de milho, com 80,3 Mton produzidas, ficando atrás apenas da China (218,5 Mton) e EUA (353,7 Mton) (FAO, 2016). Em 2015 foram colhidos no Brasil 15,4 milhões de hectares de milho e 32,2 milhões de hectares de soja, resultando em 85,3 Mton de milho e 97,5 Mton de soja (IBGE, 2016a).

Grande parte da produção agrícola brasileira ocorre no bioma Cerrado, com destaque para o estado do Mato Grosso, que produziu 27,8 Mton de soja (28,5% da produção nacional) e 21,3 Mton de milho (25,0% da produção nacional) em 2015 (IBGE, 2016a). O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil (2,04 milhões de km<sup>2</sup>). O bioma possui um gradiente vegetacional entre árvores e arbustos, arbustos e sub-arbustos e sub-arbustos e estruturas herbáceas (EITEN, 1972), resultando em uma diversidade de habitats. Com isso, o bioma é considerado uma das savanas mais ricas do mundo, abrigando vasta biodiversidade de fauna e flora (BRASIL, 2015). A ocupação deste bioma de forma mais intensa, se deu desde a década de 1970 (BRASIL, 2015), com o estabelecimento de pastagens extensivas para a pecuária de corte. Aliado a isso, o desenvolvimento de tecnologias que permitiram a produção agrícola

nos solos ácidos da região, e a disponibilidade de terras com topografia adequada, resultou em grande expansão da agricultura.

Para as próximas décadas é esperado um aumento na demanda por alimentos, fibras e energia (FAO, 2009), o que acarretará na necessidade de aumento da produção agrícola do País. No entanto, é desejável que tal incremento da produção se faça sob a ótica do desenvolvimento sustentável, aproveitando melhor os recursos disponíveis, como a utilização de terras previamente antropizadas para o estabelecimento de novas lavouras, ao invés da abertura de novas áreas. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar as características topográficas e climáticas das áreas com culturas agrícolas anuais no bioma Cerrado e identificar áreas de pastagens plantadas com características semelhantes, no mesmo bioma, que poderiam ser convertidas para agricultura anual.

## **2. Metodologia de trabalho**

### **2.1. Área de estudo**

Este estudo considerou o bioma Cerrado conforme definido no Mapa de Biomas do Brasil (IBGE, 2004), que considera uma área contínua, com extensão territorial de 2.039.243 km<sup>2</sup>. É o segundo maior bioma em extensão territorial do Brasil, e contém a savana com a maior biodiversidade do mundo. Estão incluídos no bioma 1389 municípios e 12 unidades da federação (BRASIL, 2015).

### **2.2. Bases de dados e procedimentos**

As bases de dados utilizadas compreendem: i) áreas protegidas, ii) mapa de uso e cobertura das terras, iii) modelo digital de elevação, utilizado para geração do mapa de declividade e iv) climatologia mensal, utilizado para o cálculo do balanço hídrico climatológico.

A delimitação das áreas protegidas foram obtidas, em abril de 2016, do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2016). Essas incluem: Reserva particular do Patrimônio Natural, Parque, Área de Proteção Ambiental, Floresta, Estação Ecológica, Reserva Extrativista, Reserva Biológica, Área de Relevante Interesse Ecológico, Monumento Natural, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Refúgio de Vida Silvestre e outros.

Foi utilizado o mapa de uso e cobertura das terras do Cerrado, para o ano de 2013, do projeto TerraClass Cerrado. Esse mapeou o bioma a partir de imagens Landsat, com 30 metros de resolução espacial, nas classes: natural, natural não florestal, natural não vegetada, agricultura anual, agricultura perene, silvicultura, área urbana, mineração, mosaico de ocupações, pastagem, solo exposto, outros e áreas não observadas (BRASIL, 2015). Nesse estudo foram utilizadas apenas as classes agricultura anual e pastagens (Figura 1).

Dados do modelo digital de elevação (MDT) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com 30 metros de resolução e preenchimento de falhas, foram obtidos a partir do produto *SRTMGL1: NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second V003*, disponível no servidor de dados *Earth Explorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Esses foram mosaicados e utilizados para a geração do mapa de declividade, a qual foi classificada de acordo com a aptidão agrícola (Tabela 1), levando em consideração as limitações referentes ao impedimento à mecanização agrícola (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004). Locais com declividade acima de 13% foram considerados impróprios para a mecanização agrícola.

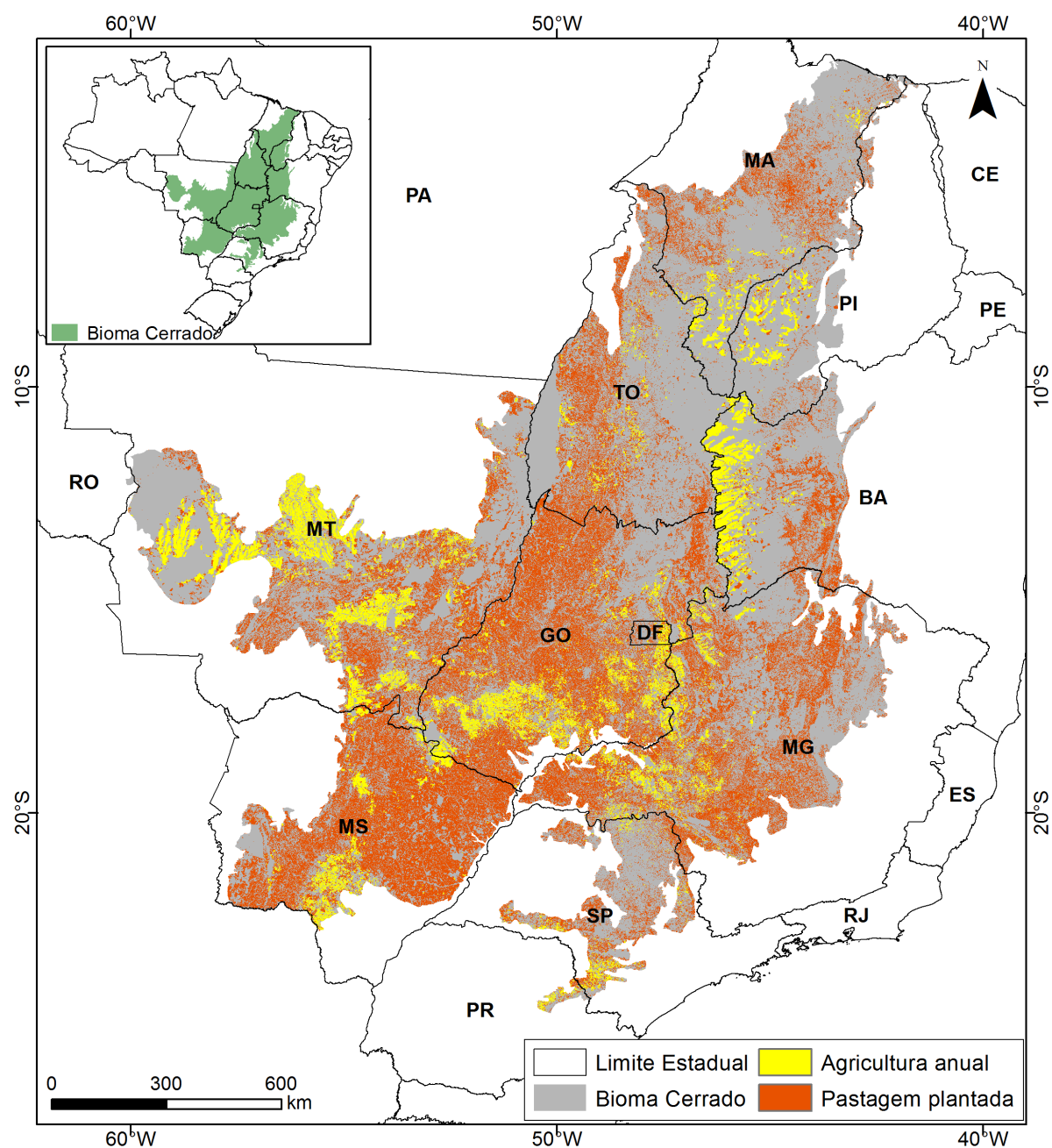


Figura 1. Localização do bioma Cerrado no território brasileiro e distribuição das áreas de agricultura anual e pastagens plantadas.

Tabela 1. Classes de declividade de acordo com o grau de limitação à mecanização.

Classe	Declividade (%)	Relevo	Grau de limitação*
A	0 a 3	Plano	Nulo
B	4 a 8	Suave ondulado	Ligeiro
C	9 a 13	Moderadamente ondulado	Moderado

Fonte: Adaptado de PEREIRA & LOMBARDI, 2004

\*Nulo: emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas de uso comum em qualquer época do ano; Ligeiro: emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas durante praticamente o ano todo; Moderado: emprego de máquinas e implementos agrícolas de uso comum, durante grande parte do ano.

Mapas climáticos mensais de precipitação e temperatura máxima e mínima foram obtidos da base global WorldClim 1.4 (<http://www.worldclim.org>). Os dados apresentam resolução espacial de 30 segundos (~1km) e compreendem o período de 1960 a 1990 (HIJMANS et al., 2005). Esses dados foram utilizados como entrada no modelo de balanço hídrico de Thornthwaite-Matter de forma espacializada ou seja, todo o balanço hídrico foi executado dentro de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), o que resultou em estimativas mensais de evapotranspiração potencial (ETP), real (ETR), deficit (DEF) e excedente hídrico (EXD). O modelo necessita informações sobre a capacidade de armazenamento de água no solo (CAD), além dos dados de precipitação e temperatura. Neste trabalho, convencionou-se utilizar uma CAD constante, de 100 mm. Um maior detalhamento do modelo utilizado pode ser encontrado em Victoria et al., 2007. Por fim, foram obtidas informações de precipitação, deficit e excedente hídrico anual.

O procedimento consistiu em totalizar a área de agricultura anual em diferentes intervalos de valores dos mapas de declividade, precipitação, déficit e excedente hídrico anual. Em seguida, foi obtida a área acumulada, identificando o limiar em que 90% da agricultura anual do cerrado ocorria. Esses limiares foram então utilizados para identificar áreas de pastagens aptas para a agricultura. Áreas aptas com menos de 90 ha ou localizadas em áreas protegidas foram descartadas. Foi avaliada a distância das pastagens aptas com as áreas agrícolas já estabelecidas, com o intuito de avaliar a existência da infraestrutura logística necessária para a produção agrícola. Todas análises foram realizadas utilizando a projeção Cônica Equivalente de Albers, longitude de origem  $-54^{\circ}$ , latitude de origem  $-12^{\circ}$  e paralelos padrão  $2^{\circ}$  e  $-22^{\circ}$ , a mesma empregada pelo IBGE para o cálculo da área territorial brasileira (IBGE, 2016b).

### 3. Resultados e discussão

Em 2013 o bioma Cerrado apresentava aproximadamente 174 mil  $\text{km}^2$  de agricultura anual, grande parte distribuídos nos estados de MT (56,6 mil  $\text{km}^2$ ), GO (34,9 mil  $\text{km}^2$ ) e BA (21,9 mil  $\text{km}^2$ ) (BRASIL, 2015). A grande maioria das áreas agrícolas (99%) se encontravam em áreas com declividade igual ou inferior a 13%, com 64,3% das áreas localizadas na faixa de declividade entre 0 e 3%, 31,1% na faixa com declividade entre 4 e 8% e apenas 3,8% na faixa com declividade entre 9 e 13%.

Em relação às variáveis do balanço hídrico, foi constatado que 99% das áreas agrícolas apresentavam precipitação igual ou superior a  $900 \text{ mm ano}^{-1}$ , déficit hídrico inferior a  $650 \text{ mm ano}^{-1}$  e excedente hídrico superior a  $100 \text{ mm ano}^{-1}$ . Com isso, foi possível gerar mapas delimitando as áreas com características compatíveis com a agricultura anual (Figura 2).

O cruzamento das características de declividade e variáveis climáticas com o mapa de áreas de pastagens no bioma, considerando apenas locais com área superior à 90 ha, resultou em um potencial para expansão de 445,0 mil  $\text{km}^2$  (Figura 3). Esse valor representa um potencial de expansão de 255% da área agrícola presente hoje no Cerrado. Essa área potencial de expansão se divide em 196,9 mil  $\text{km}^2$  com declividade até 3%, 198,0 mil  $\text{km}^2$  com declividade entre 4 e 8% e 50,1 mil  $\text{km}^2$  com declividade entre 9 e 13%. Considerando apenas pastagens com declividade abaixo de 3%, o potencial de expansão para todo o cerrado seria de 113% da área agrícola hoje existente, e isso utilizaria 33% das pastagens plantadas. (Tabela 2). Esses locais estão localizados num raio de até 15 km de áreas de agricultura anual já estabelecidos no Cerrado, o que pode indicar a existência de alguma infraestrutura logística necessária para práticas agrícolas.

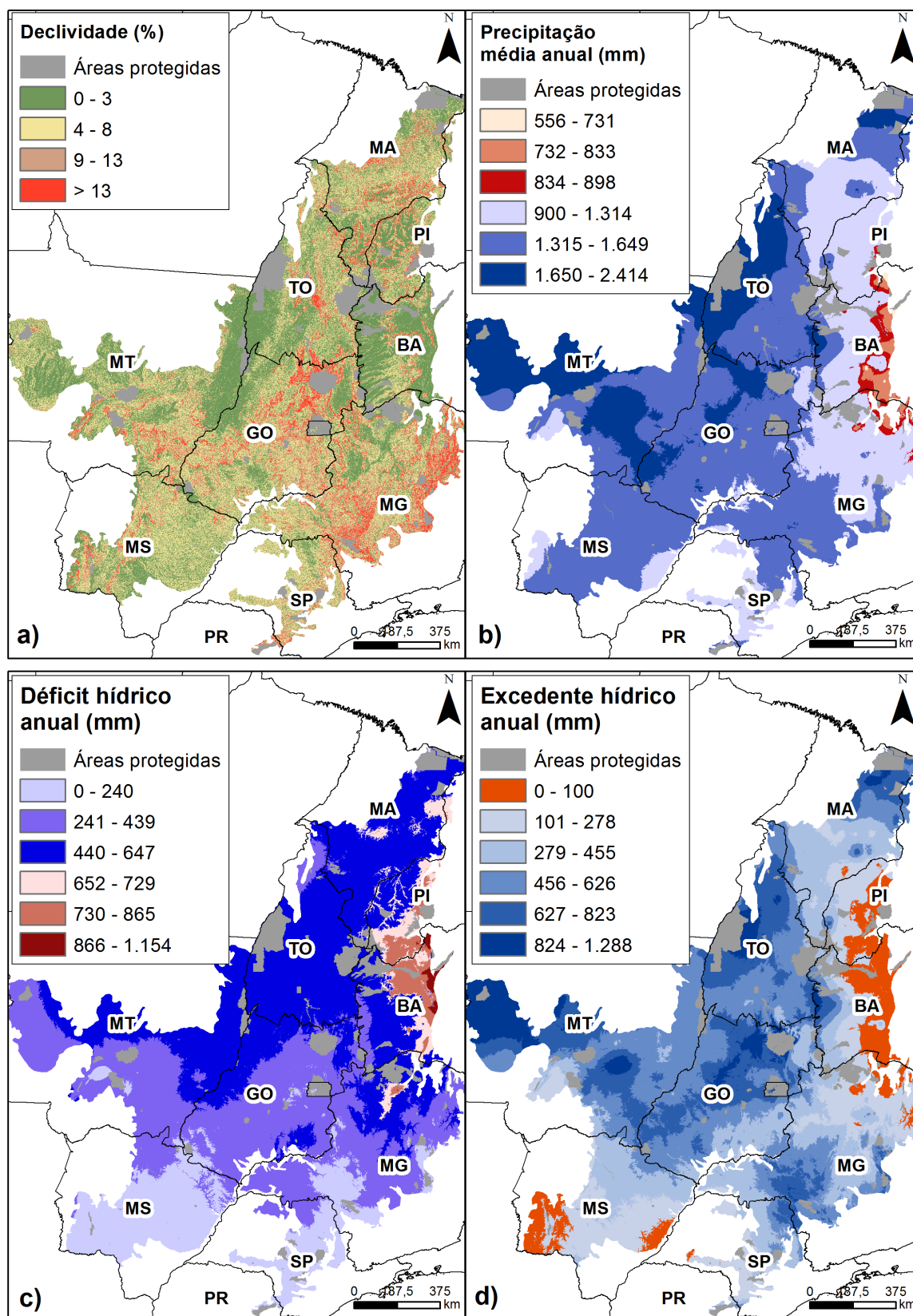


Figura 2. a) Declividade nas faixas de aptidão para a mecanização; b) precipitação anual, com destaque para precipitação inferior a 900 mm; c) déficit hídrico anual, com destaque para déficit superior a 652 mm e d) excedente hídrico anual, com destaque para excedente inferior a 100 mm.

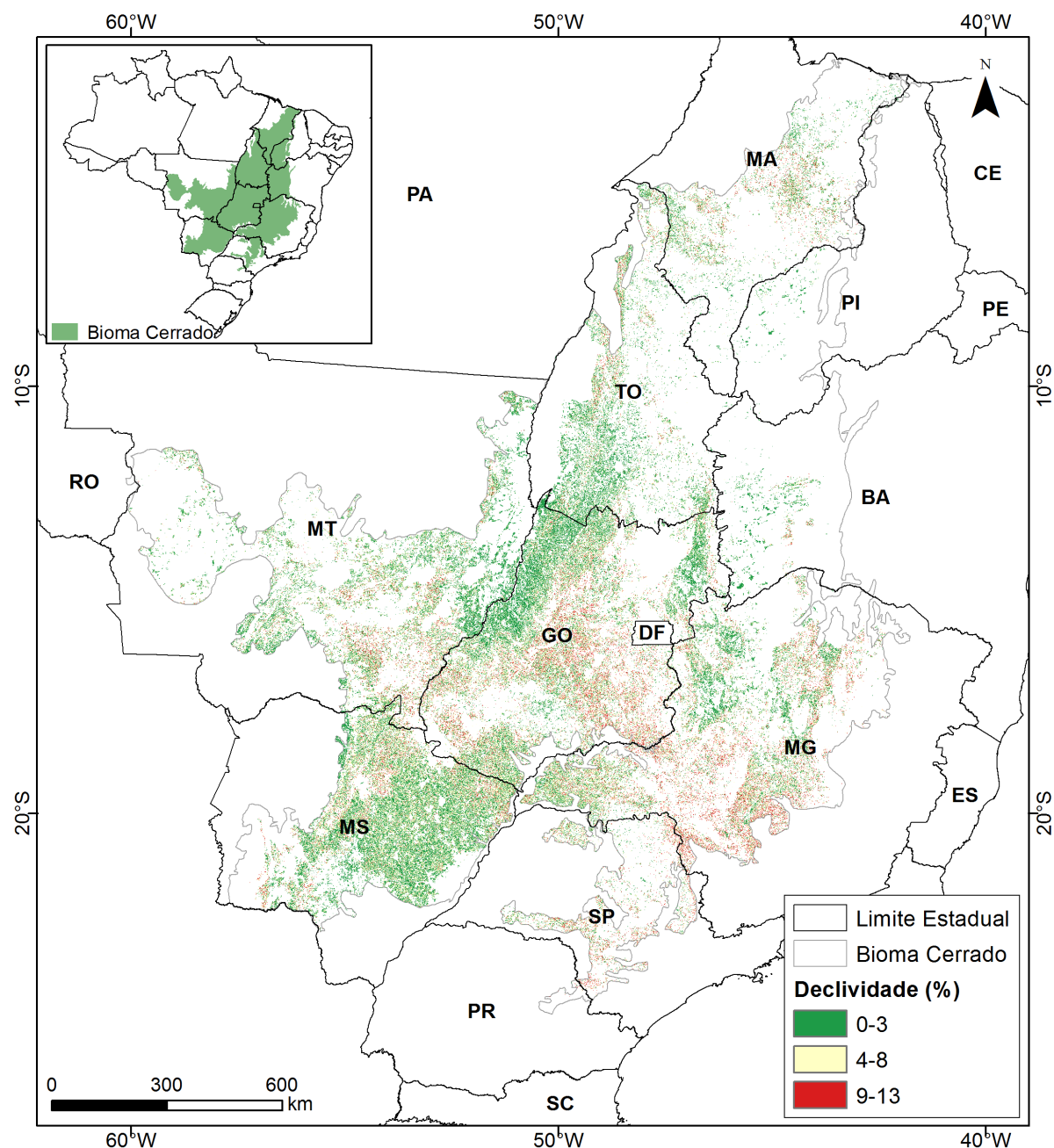


Figura 3. Pastagens plantadas no bioma Cerrado, adequadas para a implantação de agricultura anual, de acordo com características do balanço hídrico e em diferentes faixas de declividade.

A maior quantidade de pastagens com potencial para expansão de novas áreas de agricultura anual ocorre no estado de GO (116,6 mil km<sup>2</sup>), seguido por MS (100,3 mil km<sup>2</sup>), MG (79,1 mil km<sup>2</sup>) e MT (68,8 mil km<sup>2</sup>) (Tabela 2). Os estados com o maior potencial de expansão da agricultura anual, em relação à área existente em 2013 são MS (752%), TO (568%) e MG (421%). Considerando apenas áreas com declividade abaixo de 3%, os maiores potenciais de expansão, em relação à área agrícola existente, são MS (358%) e TO (314%), sendo que o impacto nas áreas de pastagens plantadas é de aproximadamente 40% (Tabela 2). No MS, 48% dessas áreas se encontram numa faixa de até 15 km de áreas com culturas anuais enquanto que no TO, esse percentual é de 65%.

Tabela 2. Área de pastagens (km<sup>2</sup>) com características compatíveis à agricultura anual, em diferentes declividades; área de agricultura anual e potencial de expansão da agricultura, considerando declividades até 13% (total) e abaixo de 3% e; área de pastagens plantadas e percentual com características compatíveis à agricultura anual e declividade entre 0 e 3%.

UF	Declividade				Área agrícola (2013)	Potencial de expansão		Pastagens plantadas (2013)	Impacto na pastagem (0 a 3%)
	0 a 3%	4 a 8%	9 a 13%	<= 13%		Total	0 a 3%		
BA	3.170	1.356	238	4.765	21.970	22%	14%	24.500	13%
DF	14	12	2	28	960	3%	1%	1.420	1%
GO	48.481	52.490	15.628	116.599	34.920	334%	139%	139.770	35%
MA	9.210	9.536	2.683	21.429	7.480	286%	123%	33.740	27%
MG	27.565	37.345	14.180	79.090	18.780	421%	147%	118.760	23%
MS	47.687	46.400	6.232	100.319	13.340	752%	357%	121.810	39%
MT	33.891	29.014	5.879	68.784	56.680	121%	60%	79.110	43%
PI	1.200	319	27	1.547	8.130	19%	15%	6.030	20%
PR	9	32	39	80	890	9%	1%	720	1%
RO	1	2	0	4	0	-	-	10	14%
SP	3.142	5.845	2.706	11.693	3.840	304%	82%	20.220	15%
TO	22.518	15.654	2.520	40.692	7.180	567%	314%	54.770	41%
<i>Matopiba</i>	<i>36.098</i>	<i>26.866</i>	<i>5.468</i>	<i>68.433</i>	<i>44.760</i>	<i>153%</i>	<i>81%</i>	<i>119.040</i>	<i>30%</i>
<b>TOTAL</b>	<b>196.888</b>	<b>198.007</b>	<b>50.135</b>	<b>445.030</b>	<b>174.170</b>	<b>255%</b>	<b>113%</b>	<b>600.860</b>	<b>33%</b>

Análises da Agrosatélite (2015) indicam haver 253,6 mil km<sup>2</sup> de terras antropizadas no bioma Cerrado com alta aptidão edafoclimática e 50,1 mil km<sup>2</sup> de terras com média aptidão edafoclimática para a agricultura anual, ambas sem restrições de declividade e altitude. Somadas, o potencial de expansão com alta ou média aptidão é de 303,7 mil km<sup>2</sup>, inferior ao encontrado nesse trabalho (445,0 mil km<sup>2</sup>). No entanto, cabe ressaltar que a metodologia do referido estudo considerou o tipo de solo como fator que influencia a aptidão agrícola, procedimento não adotado neste trabalho. Apesar das diferenças entre metodologias e valores encontrados, ambos apontam a existência de extensões consideráveis de terras aptas à agricultura no Cerrado e que encontram-se atualmente antropizadas.

Na região do MATOPIBA, Lumbreras et al. (2015) identificaram 92,1 mil km<sup>2</sup> de terras com aptidão boa e 169,1 mil km<sup>2</sup> com aptidão regular para lavouras com elevado nível tecnológico. Ao cruzarmos aptidão agrícola com as áreas de pastagem plantada no Cerrado, tem-se aproximadamente 49,6 mil km<sup>2</sup> de terras com aptidão boa ou regular para lavouras, enquanto que esse trabalho identificou 68,4 mil km<sup>2</sup> (Tabela 2). As diferenças encontradas dizem respeito à metodologia utilizada por Lumbreras et al. (2015), que considera condições edáficas como capacidade de fornecimento de nutrientes, água e oxigênio às plantas; adequação à mecanização e suscetibilidade à erosão. No entanto, ambos trabalhos apontam elevado potencial de expansão agrícola na região do MATOPIBA: 153% considerando os valores obtidos neste trabalho e 111% considerando o cruzamento do mapa de aptidão de Lumbreras et al. (2015) com a área de pastagens plantadas.

#### 4. Conclusões

O bioma Cerrado abriga grande parte da agropecuária brasileira, com elevada produção agrícola e extensas pastagens plantadas. Foram avaliadas características de declividade e do balanço hídrico climatológico das áreas com agricultura anual, identificando faixas adequadas

para o estabelecimento de culturas agrícolas. Constatou-se que no bioma existe grande estoque de pastagens plantadas com características adequadas ao estabelecimento de culturas anuais. Considerando apenas as áreas mais adequadas, verificou-se que mais da metade dessas se encontram próximas de locais com agricultura anual. A utilização dessas possibilitaria dobrar a área de agricultura anual no Cerrado, impactando aproximadamente um terço das pastagens plantadas, ou seja, utilizando apenas áreas previamente antropizadas. A substituição de pastagens por culturas anuais deve ocorrer em consonância com o aumento da produtividade das pastagens, o que reduziria a pressão pela supressão da vegetação natural. Em avaliações futuras deverão ser consideradas as características edáficas, de altitude e as limitações relativas ao código florestal.

## Referências Bibliográficas

- AGROSATÉLITE GEOTECNOLOGIA APLICADA LTDA. **Análise geoespacial da dinâmica das culturas anuais no bioma Cerrado: 2000 a 2014.** Florianópolis, SC, Brasil: Disponível em: <<http://biomas.agrosatelite.com.br>>. Acesso em: 18 dez. 2015.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Cerrado. Projeto TerraClass Cerrado 2013.** Brasília: MMA, 2015.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cadastro Nacional de UCs - Dados georreferenciados.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados>>. Acesso em: 9 nov. 2016.
- Eiten, G. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical review*. v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972. IBGE.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **How to feed the world in 2050: High-level expert forum.** FAO, 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/en/>>
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT.** Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2004. **Mapa de Biomas e de Vegetação.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2015/default.shtm>>. Acesso em: 01 nov. 2016a.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área territorial brasileira.** Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_territ\\_area.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm)>. Acesso em: 9 nov. 2016b.
- Lumbreras, J. F. et al. **Aptidão agrícola das terras do Matopiba:** Documentos, 179. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015.
- Pereira, L. C.; Lombardi Neto, F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica.:** Documentos, 43. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5805/1/documentos\\_43.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5805/1/documentos_43.pdf)>.
- Victoria, D. C. et al. Water Balance for the Ji-Paraná River Basin, Western Amazon, Using a Simple Method through Geographical Information Systems and Remote Sensing. **Earth Interactions**, v.11, n.5, p.1-22, 1 abr. 2007.