

Degradação e recuperação de pastagens no Cerrado:

Incluindo o **Cerrado** na equação

RELATÓRIO DO PROJETO CEPF/02-2017/D3/7176-004



CRITICAL | **ECOSYSTEM**
PARTNERSHIP FUND



IEB

INSTITUTO INTERNACIONAL
DE EDUCAÇÃO DO BRASIL

Embrapa

Degradação e recuperação
de pastagens no Cerrado:

Incluindo o **Cerrado**
na equação

Coordenação

Daniel Luis Mascia Vieira

Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

daniel.vieira@embrapa.br

Co-autores das seções

Alexandre Bonesso Sampaio

Analista Ambiental do ICMBio

Edson Eyji Sano

Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Elisa Pereira Bruziguessi

Professora do Instituto Federal de Brasília

Felipe Martello

Professor da Universidade Federal do Acre

Gabriel Dayer Lopes de Barros Moreira

Doutorando em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília

Giovana Maranhão Bettiol

Analista da Embrapa Cerrados

João Bernardo de A. Bringel Jr.

Professor da Universidade de Brasília

João Carlos de Castro Pena

Pós-doutorando na UNESP Rio Claro

Laerte Guimarães Ferreira

Professor da Universidade Federal de Goiás

Silvia Barbosa Rodrigues

Mestre em Ecologia, autônoma

Tamilis Rocha Silva

Doutoranda em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília

Vinícius Vieira Mesquita

Doutorando em Ciências Ambientais na Universidade Federal de Goiás

Revisores

Aryanne Amaral, CEPF/IEB, Brasília

Michael Becker, CEPF/IEB, Brasília

Vieira, DLM, AB Sampaio, EE Sano, EP Bruziguessi, F Martello, GDLB Moreira, GM Betiol, JB de A Bringel Jr, JCC Pena, LG Ferreira, SB Rodrigues, TR Silva, VV Mesquita. 2021. **De-
gradação e recuperação de pastagens no Cerrado: Incluindo o Cerrado na equação.** *Re-
latório Do Projeto CEPF/02-2017/D3/7176-004*. Brasília. 37p. [Link para a publicação digital](#)

Como citar

| | | |
|----------------|---|-----------|
| Sumário | Nota sobre este relatório | 6 |
| | Principais mensagens | 8 |
| | 1. Introdução | 10 |
| | 2. Degradação e recuperação de pastagens | 12 |
| | 2.1 Uma tipologia para pastagens do Cerrado | 13 |
| | 2.2 Opções de manejo para pastagens do Cerrado | 14 |
| | 3. Classificação das Pastagens do Cerrado por Sensoriamento Remoto | 16 |
| | 4. Árvores em pastagens do Cerrado | 20 |
| | 5. Sistemas silvipastoris com espécies nativas no Cerrado | 22 |
| | 5.1 Incentivos e oportunidades para os SSP com árvores nativas no Brasil | 26 |
| | 5.2. Árvores nativas para sistemas silvipastoris no Cerrado | 27 |
| | 6. Potencial de Regeneração natural do Cerrado em pastagens cultivadas e seus preditores | 30 |
| | 6.1 Pastagens cultivadas | 31 |
| | 6.2 Pastagens abandonadas | 33 |
| | Referências | 34 |

Nota sobre este relatório

Este relatório traz os principais resultados do projeto intitulado “*Mapeamento de árvores isoladas e do potencial de regeneração natural em pastagens cultivadas do Cerrado*”, Contrato CEPF/02-2017/D3/7176-004, firmado entre Instituto Internacional de Educação do Brasil e a Fundação Arthur Bernardes – FUNARBE, iniciado em outubro de 2018 e finalizado em junho de 2021, coordenado pelo pesquisador Daniel Vieira, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

O CEPF é um programa conjunto da Agência Francesa para o Desenvolvimento, Conservação Internacional, União Europeia, Fundo para o Meio Ambiente Global (GEF), Governo do Japão e Banco Mundial, com vistas a oferecer financiamento para proteção de ecossistemas únicos e ameaçados – conhecidos também como hotspots de biodiversidade. No Brasil, o CEPF conta com o apoio do Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB), instituição brasileira do terceiro setor dedicada a formar e capacitar pessoas, bem como fortalecer organizações nas áreas de manejo dos recursos naturais, gestão ambiental e territorial e outros temas relacionados à sustentabilidade.

O relatório está dividido em seções e subseções, de acordo com objetivos, métodos e colaboradores distintos. As seções consistem de trabalhos prontos publicados e submetidos em periódicos científicos, livro, ou em preparação para publicação. Este relatório foi elaborado antes das validações científicas de todas as suas seções, por isso, alertamos que publicações futuras serão possivelmente diferentes das seções deste relatório. O conteúdo já publicado ou em processo de publicação está mais detalhado do que as seções deste relatório, porém há recortes idênticos nos dois tipos de documento.

1. Introdução

2. Degradação e Recuperação de Pastagens

Situação: Submetido para publicação em revista internacional como um único artigo de opinião.

Autores: Daniel Luis Mascia Vieira e Edson Sano.

3. Classificação das Pastagens do Cerrado por Sensoriamento Remoto

Situação: Análises preliminares e mapa preliminar do potencial de regeneração natural do Cerrado prontos. Análises e redação em andamento.

Autores: Vinícius Vieira Mesquita, Tamilis Rocha Silva, Laerte Guimarães Ferreira e Daniel Luis Mascia Vieira.

4. Árvores nativas em pastagens do Cerrado

Situação: Artigo publicado em periódico: Silva, T. R., Pena, J. C., Martello, F., Bettiol, G. M., Sano, E. E., & Vieira, D. L. M. (2021). Not only exotic grasslands: The scattered trees in cultivated pastures of the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 314, 107422. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107422>

Autores: Tamilis Rocha Silva, João Carlos de Castro Pena, Felipe Martello, Giovana Maranhão Bettiol, Edson Eyji Sano, Daniel Luis Mascia Vieira.

5. Sistemas Silvopastoris com espécies nativas no Cerrado

Situação: Livro publicado: Bruziguessi, E. P., Silva, T. R., Moreira, G. D. L. B., Vieira, D. L. M. (2021). *Sistemas Silvopastoris com Árvores Nativas no Cerrado*. 1. ed. Brasília: Mil Folhas do IEB, 2021. v. 1. 140p. https://www.researchgate.net/publication/352214061_Sistemas_Silvipastoris_com_Arvores_Nativas_no_Cerrado

Autores: Elisa Pereira Bruziguessi, Tamilis Rocha Silva, Gabriel Dayer Lopes de Barros Moreira, Daniel Luis Mascia Vieira.

6. Potencial de Regeneração natural do Cerrado em pastagens cultivadas e seus preditores

Situação: Análises preliminares e mapa preliminar do potencial de regeneração natural do Cerrado prontos. Análises e redação em andamento.

Autores: Tamilis Rocha Silva, João Bernardo de Azevedo Bringel, Silvia Barbosa Rodrigues, Alexandre Bonesso Sampaio, Edson Eyji Sano, Daniel Luis Mascia Vieira.



Elisa Pereira Bruziguessi

Principais mensagens



- A correta classificação das pastagens cultivadas do Cerrado em pastagens produtivas, pastagens com regeneração natural do Cerrado e pastagens com degradação biológica contribui para definir melhor suas vocações para intensificação sustentável, uso sustentável ou restauração do Cerrado (ver seção 2).
- A intensificação sustentável das pastagens do Cerrado não deve ser considerada apenas em termos de conversão em agricultura ou em sistemas integrados lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta (com eucalipto). Sistemas silvipastoris com árvores nativas e sistemas tradicionais de pastagens nativas e seminaturais devem ser avaliados e aprimorados para se constituírem em opções de uso sustentável, ponderando-se produtividade, serviços ambientais e questões socioambientais (ver seção 2).
- As imagens do satélite Sentinel-2, com resolução de 10 m, disponíveis na plataforma Google Earth Engine, foram eficazes para classificar as pastagens cultivadas do Cerrado em Pasto, Pasto com Regeneração, Regeneração com Pasto, Pasto com Degradação Agronômica, Pasto com Degradação Biológica, Pasto com Degradação Biológica e Regeneração e Pasto com Degradação Biológica Severa. Testes com menos classes serão realizados visando melhorar a acurácia (ver seção 3).
- Pastagens cultivadas no Cerrado podem conservar alta densidade e diversidade de árvores nativas. A densidade de árvores é geralmente maior em regiões com precipitação menor e mais concentrada e em pastagens com menor intensificação agrônômica. No entanto, pode haver alta densidade de árvores em pastagens de praticamente todas as ecorregiões do Cerrado e em pastagens muito intensificadas. Isto significa que a densidade de árvores pode ser incrementada em qualquer pastagem do bioma, desde que haja incentivos (ver seção 4).
- Os sistemas silvipastoris com árvores nativas contribuem para o aumento da produtividade e dos serviços ambientais. No Cerrado, encontramos exemplos de sistemas silvipastoris tanto em propriedades familiares como em fazendas altamente tecnificadas que podem inspirar a expansão destes sistemas (ver seção 5).
- A resiliência do Cerrado em muitas áreas de pastagens cultivadas indica fácil implantação de sistemas silvipastoris a partir do manejo da regeneração natural. Quando o plantio é necessário, já há espécies e tecnologias disponíveis para plantio. O livro “Sistemas Silvipastoris com Árvores Nativas no Cerrado”, produzido por este projeto, descreve 23 espécies e suas características com potencial para sistemas silvipastoris (ver seção 5).
- Pastagens com maior potencial de regeneração natural têm maior vocação para restauração ecológica, pois reduzem o custo e a incerteza sobre o sucesso da restauração. No Cerrado, há pastagens com alto potencial de regeneração dos componentes arbóreo, arbustivo e estrato herbáceo-graminoso.
- Preditores de manejo da pastagem, variáveis ambientais regionais, de paisagem, e de competidores (capim exótico) e facilitadores (árvores remanescentes nas pastagens) contribuem para o potencial de regeneração. Apresentamos os preditores da regeneração natural e um modelo do potencial de regeneração do Cerrado (ver seção 6).



Jurandir Melado

1 Introdução



O bioma Cerrado é a savana tropical com a maior biodiversidade do mundo. Cobre 24% do território brasileiro (mais de 2 milhões de km²) e tem a maior taxa de perda de habitat do país (Sano et al. 2019). Atualmente, 28% do bioma é ocupado por pastagens cultivadas, principalmente para a produção de carne bovina (Parente et al. 2017). Hoje, 39% das pastagens estão degradadas, uma estimativa baseada na queda significativa na produtividade de 2011 a 2014 (Pereira et al. 2018). Se a produtividade das pastagens no Brasil aumentar em 50%, ela atenderá o consumo nacional de carne, salvando terras para outros usos ou para conservação da biodiversidade pelas próximas duas décadas (Strassburg et al. 2014). Portanto, as pastagens degradadas no Cerrado são uma oportunidade para mudanças no uso da terra, no sentido de usos mais sustentáveis. A intensificação da pecuária e da agricultura são apontados como a melhor opção para produção de alimentos e conservação da biodiversidade no Cerrado (Gil et al., 2015; Oliveira Silva et al., 2017a; Strassburg et al., 2014).

A degradação de pastagens no Cerrado não pode ser entendida por um único conceito. Deve-se diferenciar entre degradação biológica e agrônômica (Dias-Filho 2007). A degradação biológica está relacionada à baixa produtividade do pasto, baixos serviços ambientais e baixa biodiversidade. A degradação agrônômica resulta em baixa produtividade de gramíneas devido à infestação de espécies não pastejáveis, mas pode ter elevados serviços ambientais e alta biodiversidade. Ecólogos e biólogos da conservação consideram as pastagens com degradação agrônômica no Cerrado como savanas (fisionomias de cerrado de campo sujo a cerrado denso) secundárias, ou savanas em regeneração. Diferenciar o tipo e o nível de degradação da pastagem e estimar os custos e oportunidades de intensificação é bastante importante para fazer a melhor escolha em termos de opções de intensificação sustentável.

Neste documento, argumentamos que a intensificação sustentável de pastagens degradadas no Cerrado deve ser considerada em termos de intensificação agrícola e ecológica e restauração de ecossistemas. A intensificação sustentável considera a integração agricultura-biodiversidade nativa (*land sharing* em inglês) para aumentar a produção de alimentos e energia, e a conservação da natureza (Garnett et al. 2013). No entanto, o conceito de intensificação sustentável tem sido usado estritamente para o aumento da produtividade e eficiência do uso dos recursos naturais de pastagens brasileiras, contribuindo para uma redução no desmatamento. (Dias et al. 2016; de Oliveira Silva et al. 2017b; Garcia et al. 2017; Cortner et al. 2019; Mandarino et al. 2019). O conceito não foi usado para a conservação e integração da biodiversidade nas pastagens. Há oportunidades de estabelecimento de pastagens sustentáveis com intensificação ecológica (senso Bommarco et al., 2013), agregando-se o papel da biodiversidade como serviço ecossistêmico para as pastagens e, ao mesmo tempo, o papel das pastagens para a conservação da biodiversidade. Por exemplo, sistemas silvipastoris com árvores nativas e pastagens semi-naturais de savana devem ser investigados e promovidos como estratégias eficazes para melhorar a produtividade e os serviços ecossistêmicos de pastagens.



Tamilis Rocha

2 Degradação e recuperação de pastagens

UMA VERSÃO MAIS DETALHADA DA SEÇÃO 2 ESTÁ EM REVISÃO COMO ARTIGO DE PERSPECTIVA A UM PERIÓDICO CIENTÍFICO COM AVALIAÇÃO POR PARES.

2.1 Uma tipologia para pastagens do Cerrado

A Figura 1 mostra o modelo proposto de tipos de pastagem e opções para um uso da terra mais sustentável no Cerrado. Quando o gado é criado em pastagens nativas queimadas frequentemente para promover a regeneração de gramíneas para forragem (Mistry 1998; Eloy et al. 2019), propomos a denominação **Criação extensiva de gado em savanas e campos**. As queimadas frequentes aumentam a cobertura de capim e diminuem a cobertura de árvores. A distinção entre este tipo de uso da terra e as savanas e campos não pastejados por meio de técnicas de sensoriamento remoto é bastante complexa. A cobertura de árvores pode variar de 0 a 100% no gradiente campo-floresta, dependendo da intensidade e frequência do fogo, fertilidade do solo e regime de precipitação (Schmidt et al. 2019). O sensoriamento remoto pode diferenciar queimadas planejadas de incêndios, uma vez que as áreas de queima prescrita tendem a ser menores e mais bem distribuídas sazonalmente.

| Possibilidades de uso sustentável | | | | |
|--|---|---|--|---|
| Pastagem natural ou semi-natural | Sistema silvopastoril | Restauração do cerrado | | Restauração do cerrado |
| Tipo de pastagem | | | | |
| Pecuária extensiva em cerrado e campos | Pastagem produtiva | Cerrado em regeneração | Degradação biológica com regeneração | Degradação biológica sem regeneração |
|  |  |  |  |  |

Para pastagens exóticas cultivadas, produtivas e com densa cobertura de gramíneas (Valle Júnior et al., 2019), propomos a denominação **Pastagens produtivas**. Como as características biofísicas de cada local determinam sua capacidade de suporte para produtividade de biomassa, uma pastagem saudável não perde seu estoque de carbono orgânico no solo e sua capacidade de manter água subterrânea, nutrientes e biomassa microbiana (Pereira et al. 2018).

Para as pastagens exóticas cultivadas, mas com infestação de arbustos e árvores, similar ao termo “bushy savana” (Garcia and Ballester 2016), propomos a denominação **Cerrado em regeneração**. As espécies arbustivas e arbóreas encontradas nessas pastagens são chamadas de invasoras ou ervas daninhas por técnicos e pecuaristas. Essencialmente, essas invasoras são plantas que sobreviveram ao processo de desmatamento e têm a capacidade de rebrotar múltiplas vezes após seu corte, o estabelecimento e a reforma de pastagens (Durigan and Ratter 2006; Vieira et al. 2006; Sampaio et al. 2007). Essa capacidade pode ser uma adaptação das plantas ao ecossistema savânico propenso ao fogo (Simon and Pennington 2012). Essas pastagens agronomicamente degradadas fornecem menos forragem, mas podem ter produtividade primária líquida semelhante a pastagens

Figura 1. Um modelo conceitual de tipos de pastagens no bioma Cerrado e opções de intensificação sustentável e restauração para melhorar os serviços ecossistêmicos de pastagens. As opções de intensificação sustentável propostas não incluem a substituição de pastagens por agricultura. Os sistemas silvopastoris podem ser estabelecidos em um esquema de integração lavora-pecuária-floresta. Os arbustos e árvores nativos estão em preto, as gramíneas exóticas em vermelho e as nativas em verdes.

bem manejadas, pois a vegetação do Cerrado mantém atividades fotossintéticas durante a estação chuvosa e após o início da estação seca.

Para as pastagens exóticas, com ou sem regeneração do Cerrado, nas quais a produtividade primária está diminuindo e o solo exposto está aumentando, propomos a denominação **Pastagens com degradação biológica**. Essas pastagens são resultado de sobrepastejo e manejo ineficiente (Oliveira et al. 2004) areas of pasture planted to Brachiaria and other African grasses in the Brazilian savanna (“Cerrado”. Elas podem ser identificadas por séries temporais de dados de sensoriamento remoto, mostrando uma diminuição consistente da produtividade ao longo do tempo (Pereira et al. 2018). É importante separar as **Pastagens com degradação biológica** em (i) **com regeneração** e (ii) **sem regeneração**, uma vez que a restauração do cerrado, como opção de mudança de uso do solo, é mais barata no primeiro caso.

2.2 Opções de manejo para pastagens do Cerrado

Os tipos de pastagens que descrevemos neste estudo são os principais componentes a serem considerados na definição da “vocação” de uma área de pastagem do Cerrado, que também envolve outros aspectos socioeconômicos e ambientais para alcançar a intensifica o sustentável. Além da intensifica o convencional, envolvendo a melhoria da produtividade de gramíneas exóticas, pastagens cultivadas com voca o para intensifica o agrícola podem ser convertidas em **sistemas silvipastoris** por meio do plantio, manejo ou permitindo que árvores e arbustos nativos voltem a crescer, aumentando seus serviços ecossistêmicos (Cubbage et al. 2012; R hrig et al. 2020). Esses sistemas são encontrados principalmente em regiões mais secas do Cerrado, mas muitas vezes são invisíveis ao agronegócio (Silva et al., 2020). Foi apenas em 2020 que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) criou uma marca-conceito intitulada “Carbono Nativo”, cujo objetivo   certificar a carne produzida em pastagens com árvores nativas, onde o carbono   mitigado pela conserva o de árvores existentes ou introduzidas (Mauro et al. 2020).

Pastagens naturais ou seminaturais com desbaste de árvores e semeadura de gramíneas exóticas mais produtivas ainda são uma realidade para pequenos proprietários e comunidades tradicionais que não conseguem aumentar a produtividade e promover usos múltiplos de pastagens naturais para colheita de frutas e madeira (Scariot 2013). Esses pecuaristas certamente precisam ser identificados e auxiliados a fim de melhorar sua produtividade pecuária e serviços ecossistêmicos, principalmente em termos de conserva o da biodiversidade.

Outra voca o para pastagens no Cerrado   a **Restaura o do cerrado**. Esta   uma op o para alcançar o cumprimento da lei federal de prote o da vegeta o nativa (Rajão et al. 2020), metas globais de restaura o e restaura o de serviços ecossistêmicos em locais onde a agricultura e pastagem não têm aptidão, ou em áreas degradadas (Ferreira et al. 2013; Nunes et al. 2017). A restaura o da vegeta o nativa   cara e demorada, mas no caso das pastagens com degrada o agron mica (alto potencial de regenera o natural) têm voca o para a restaura o do cerrado.

Para tornar as op es de intensifica o ecológica disponíveis aos pecuaristas, deve haver investimento em ciência e tecnologia e no pagamento por serviços ambientais. Os programas de transferência de tecnologia precisam incluir a silvicultura de espécies arbóreas nativas, manejo e melhoramento de gramíneas nativas para forragem e promo o da cadeia de valor de produtos amigáveis   biodiversidade. Em conclusão, a ocupa o do Cerrado precisa ser planejada para uma intensifica o verdadeiramente sustentável.



3 Classificação das Pastagens do Cerrado por Sensoriamento Remoto

OS RESULTADOS DA SEÇÃO 3 SÃO PRELIMINARES. NOVAS ANÁLISES ESTÃO SENDO FEITAS NOS PRÓXIMOS MESES PARA SUBMISSÃO A PERIÓDICO CIENTÍFICO COM AVALIAÇÃO POR PARES.

Um grande interesse do projeto foi distinguir as pastagens do Cerrado em tipos que orientam para diferentes opções de manejo e conversão de uso do solo, como dito na seção 2. Para isso, foram coletados dados de cobertura do solo por vegetação nativa (capins, ervas, arbustos e árvores), solo exposto, capim exótico e ervas ruderais, amostrados em 93 parcelas em pastagens cultivadas e 15 parcelas em pastagens abandonadas distribuídas no Cerrado (Figura 2). Esta amostragem, associada a identificação de espécies, variáveis de manejo coletadas em entrevistas e variáveis biofísicas e de paisagens disponíveis para sistemas de informação geográfica compõe o conjunto de dados das seções 3, 4 e 6. As pastagens amostradas de campo foram classificadas nos tipos: Pasto, Pasto com Regeneração, Regeneração com Pasto, Degradação Agronômica, Degradação Biológica, Degradação Biológica com Regeneração e Degradação Biológica Severa, com base nas proporções entre os tipos de cobertura. Foram amostradas pastagens com até 69% de solo exposto, pastagens com até 98% de capim cultivado, com até 73% de regeneração de cerrado, e com até 27% de ervas ruderais, perfazendo grande variação de situações de cobertura.

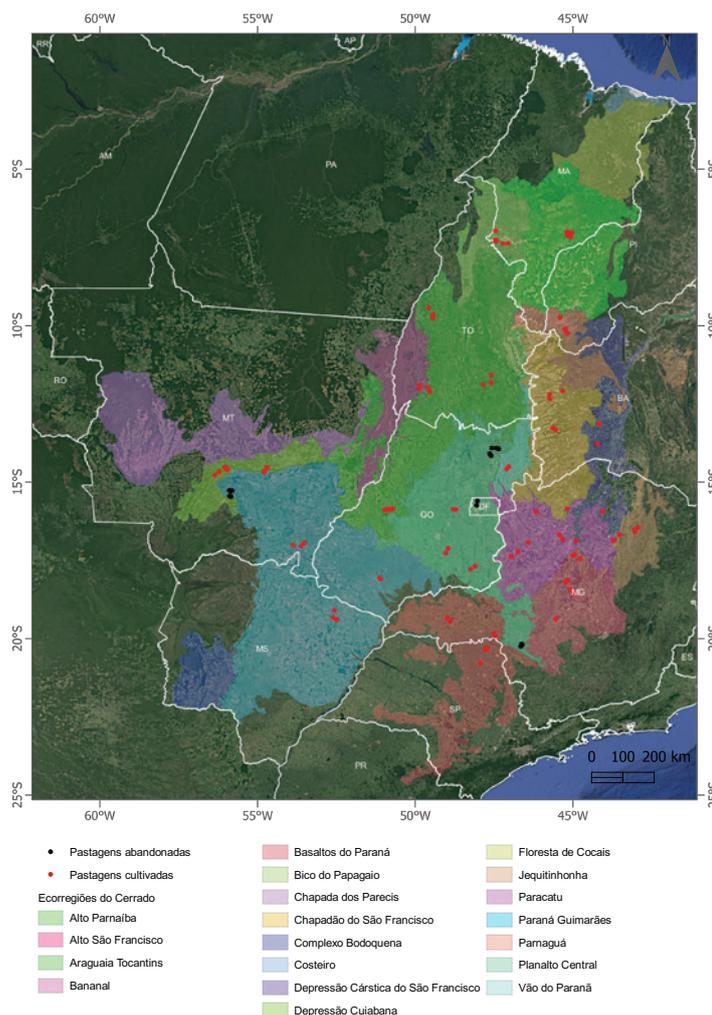


Figura 2. Mapa das 93 áreas de pastagens cultivadas amostradas (93 ha), em nove estados brasileiros e distribuídas em 15 ecorregiões do Cerrado.

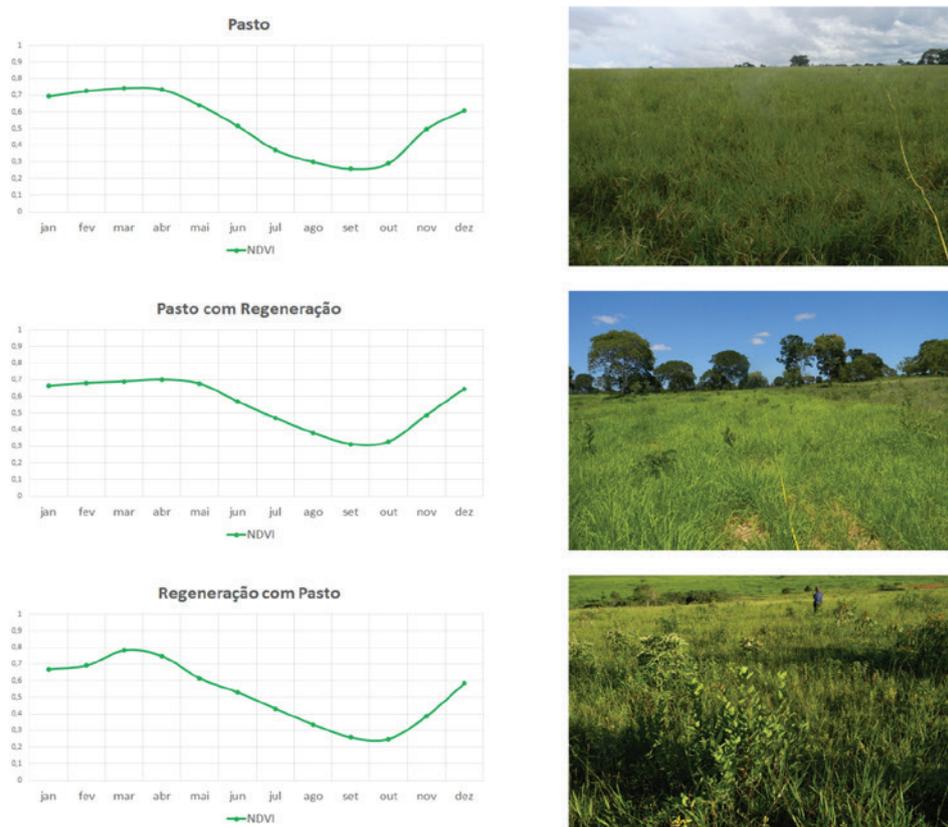
O mapa basilar utilizado foi confeccionado com base na proposta de mapeamento de pastagens empregada por Parente et al. (2019) e fez uso de dados orbitais Sentinel 2 (10 metros) presentes na plataforma Earth Engine da Google. A elaboração do Mapa de Tipos de Pastagens foi dividida em duas partes: (i) uso de *Data Augmentation* em pontos de campo para a obtenção de amostras de treinamento e (ii) mapeamento da Condição das Pastagens utilizando Algoritmos de Aprendizagem de Máquina em Nuvem.

A construção do *dataset* para a classificação da condição das pastagens do Cerrado foi feita a partir do algoritmo *Time-Weighted Dynamic Time Warping* (TW-DTW) desenvolvido por Maus et al. (2016) com o uso das 108 amostras de campo. Para se obter os padrões espectrais de cada tipo de pastagem, o TW-DTW foi alimentado com séries temporais médias mensais de índices espectrais (NDVI, NDII, PSRI e CAI) derivados de dados Sentinel 2 obtidos de cada ponto de campo (Hill 2013) (Figura 3). Com o algoritmo treinado para o reconhecimento de padrões de condição da pastagem, é feita a classificação de 60 mil pontos sorteados aleatoriamente sobre áreas de pastagem no Cerrado, cada um contendo sua série temporal.

Com o uso de processamento em nuvem através plataforma Earth Engine, semelhante a metodologia empregada no mapa base de pastagem e fazendo o uso do mesmo como máscara, foi realizada a classificação das Pastagens no Cerrado usando o algoritmo *Random Forest*, 202 métricas derivadas de dados Sentinel 2 e os 60 mil pontos de treinamento produzidos com *Data Augmentation* a partir do TW-DTW (Figura 4).

As análises serão refeitas utilizando também cinco classes (Pasto, Pasto com Regeneração, Degradação Biológica com Regeneração Degradação Biológica, e Degradação Biológica Severa) e três classes (Pasto, Pasto com Regeneração, e Degradação Biológica), visando diminuir a confusão entre classes próximas.

Figura 3. Dinâmica mensal do NDVI de pastagens do Cerrado e fotos ilustrativas em cada classe de pastagem avaliada. As curvas representam a média das respostas das pastagens amostradas. Pasto (N=21), Pasto com regeneração (N=6), Regeneração com pasto (N=2), Degradação biológica com regeneração (N=11), Degradação biológica (N=45), Degradação biológica severa (N=22), Degradação agrônômica (N=1).



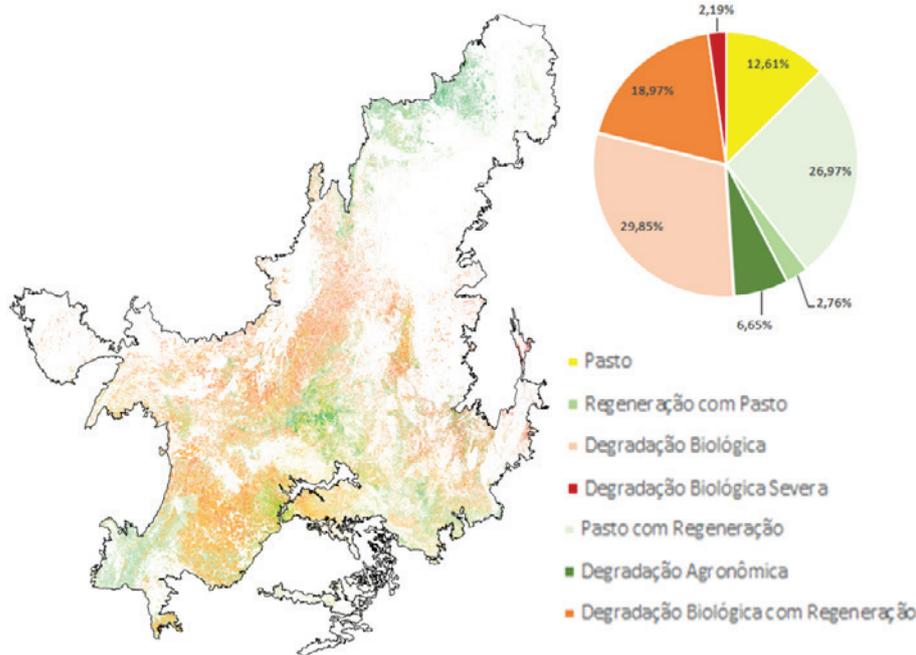
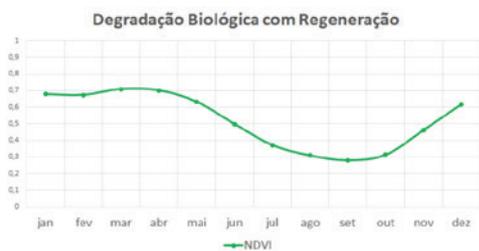


Figura 4. Mapa de classes de pastagem construído com os padrões espectrais de cada classe, utilizando 108 amostras de campo. Com o algoritmo treinado para o reconhecimento de padrões das classes, foi feita a classificação de 60 mil pontos aleatórios sobre áreas de pastagem no Cerrado. Foi realizada a classificação das Pastagens no Cerrado usando o algoritmo *Random Forest*, 202 métricas derivadas de dados Sentinel 2 e os 60 mil pontos de treinamento produzidos com *Data Augmentation* a partir do TW-DTW.



Luiz Carlos Ferreira

4 Árvores em pastagens do Cerrado



ESTA SEÇÃO RESUME O ARTIGO PUBLICADO Silva, T. R., et al. (2021). *Not only exotic grasslands: The scattered trees in cultivated pastures of the Brazilian Cerrado. Agriculture, Ecosystems & Environment*, 314, 107422. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107422>

Pastagens com árvores dispersas podem conservar parte da riqueza de espécies encontradas em ecossistemas naturais (Athayde et al., 2015; Plieninger et al. 2015; Le Roux et al., 2018). Essas árvores são recursos para a fauna nativa (Pizo e Santos, 2011) e aumentam a permeabilidade da paisagem ao movimento dos animais entre fragmentos de vegetação nativa (Manning et al., 2006; Harvey et al., 2011). Embora as árvores dispersas sejam importantes para a produtividade das pastagens e para a conservação da biodiversidade, sua densidade está diminuindo em função das práticas de manejo que eliminam as árvores e seu recrutamento (Gibbons et al., 2008).

No Cerrado, os sistemas silvipastoris seriam facilmente estabelecidos em muitas pastagens, pois pastagens com árvores nativas são comuns na paisagem. Neste estudo, estimamos a densidade de árvores espalhadas usando dados do satélite RapidEye em 200 pastagens cultivadas (48.519 ha). Também identificamos espécies de árvores em 93 parcelas de campo distribuídas ao longo de 15 ecorregiões no bioma Cerrado. A densidade média de árvores foi de 3,52 árvores/ha ($\pm 2,93$ desvio-padrão), e foi maior em ecorregiões com precipitação menor e mais concentrada. As espécies arbóreas mais frequentes foram as com alto valor comercial, como a árvore de madeira valiosa Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e a frutífera Pequi (*Caryocar brasiliense*). O estoque médio de carbono acima do solo de árvores nativas do Cerrado em pastagens foi estimado em 1,2 Mg/ha ($\pm 1,2$ DP). Este estudo mostra que existem pastagens produtivas com alta densidade de árvores e riqueza de espécies que podem ser utilizadas como modelos para implantação de sistemas silvipastoris em diferentes ecorregiões do Cerrado (Figura 5).

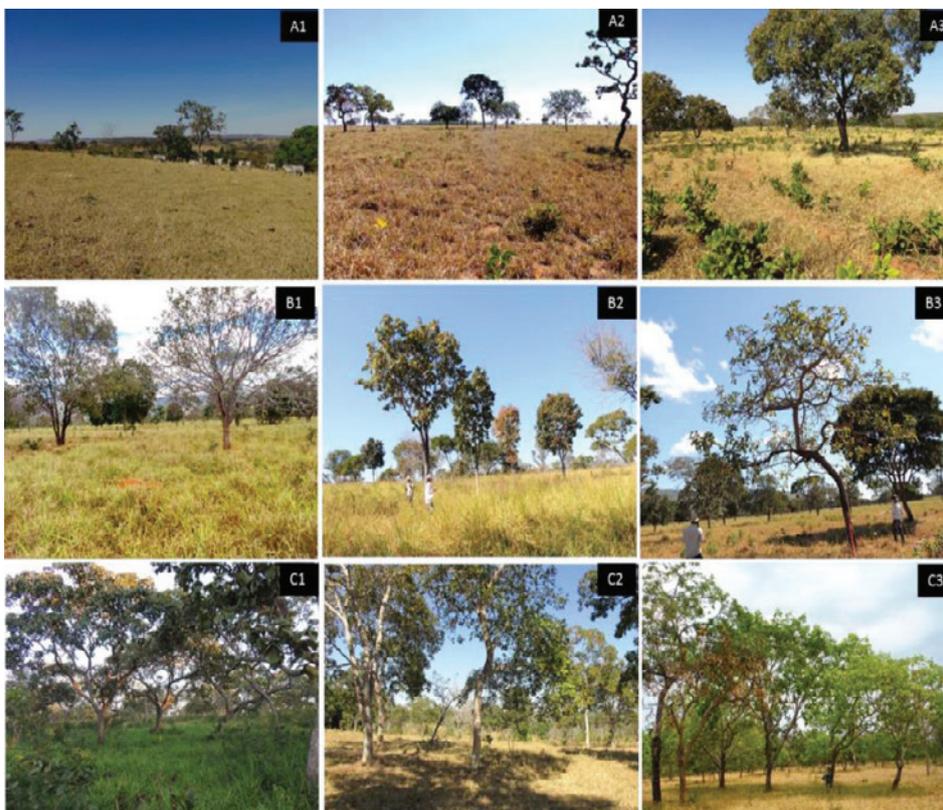


Figura 5. Pastagens arborizadas com espécies nativas do cerrado, com diferentes gradientes de densidade de árvores: A – baixa (até 20 árvores/ha); B – intermediária (entre 20 e 60 árvores/ha); C – alta (acima de 60 árvores/ha). Fonte: Bruziguessi (2016)



Elisa Pereira Bruziguessi

5 Sistemas silvipastoris com espécies nativas no Cerrado

ESTA SEÇÃO RESUME O LIVRO PUBLICADO Bruziguessi, E. P. , Silva, T. R. , Moreira, G. D. L. B. , Vieira, D. L. M. (2021). *Sistemas Silvopastoris com Árvores Nativas no Cerrado*. 1. ed. Brasília: Mil Folhas do IEB, 2021. v. 1. 140p. https://www.researchgate.net/publication/352214061_Sistemas_Silvipastoris_com_Arvores_Nativas_no_Cerrado

Os sistemas silvipastoris (SSP) combinam silvicultura e pecuária para gerar produção complementar e interação positiva entre árvores, capim e gado. No Cerrado podemos encontrar alta regeneração e diversidade de árvores nativas em pastagens. Encontramos também pecuaristas que conhecem e reconhecem o valor das árvores. Os SSP com árvores nativas agregam serviços ecossistêmicos e estimulam o papel da pecuária para a conservação da biodiversidade. Os SSP garantem o aumento da infiltração de água, redução da erosão, aumento na matéria orgânica e fertilidade do solo e diminuição do déficit hídrico (Belsky et al. 1989; Cubbage et al. 2012). Os SSP conservam certa diversidade de espécies de árvores e transformam as pastagens em ambientes mais amigáveis para a fauna nativa (Athayde et al. 2015; Plieninger et al. 2015).

Há pastagens arborizadas em todas as regiões do Cerrado, em pastagens degradadas e produtivas, em propriedades de diferentes tamanhos e perfis tecnológicos. Isso demonstra que as árvores do Cerrado (i) são adaptadas a esse tipo de uso da terra, (ii) são úteis aos pecuaristas e (iii) possuem relevantes valores culturais e estéticos. As árvores nativas são deixadas para gerar sombra ao gado, beneficiar o solo e o capim, produzir frutos e madeira para uso na propriedade. Entretanto, as pastagens estão perdendo as árvores, que morrem com a idade e com o manejo de intensificação que as desconsidera. O potencial dos SSP com árvores nativas vem sendo perdido justamente no momento em que a intensificação sustentável, o pagamento por serviços ambientais e o rigor ambiental da sociedade emergem.

Pastagens com árvores nativas no Cerrado possuem diversas configurações em termos de densidade, riqueza e arranjo espacial de árvores, com predomínio daquelas de uso múltiplo, especialmente frutíferas e madeireiras. O Cerrado apresenta grande riqueza de árvores e capacidade de regeneração natural mesmo diante de longas e intensas perturbações do solo. Essas características únicas trazem vantagens por facilitar a perpetuação das espécies nativas nos SSP e viabilizar diferentes possibilidades de manejo e enriquecimento dos sistemas.

Em 47 pastagens arborizadas da região central do bioma foram encontradas 145 espécies arbóreas e 80 árvores por hectare (Bruziguessi 2016). As espécies mais frequentes são pequizeiro (*Caryocar brasiliense*), aroeira (*Astronium urundeuva*), pau-terra-grande (*Qualea grandiflora*), sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides*) e baru (*Dipteryx alata*) (Bruziguessi 2016; Silva et al. 2021). As espécies encontradas mais frequentemente regenerando foram a cagaita (*Eugenia dysenterica*), a guaçatonga (*Casearia sylvestris*) e o jacarandá-cascudo (*Machaerium opacum*) (Bruziguessi 2016; Silva et al. 2021).

Formar e manejar pastagens no Cerrado significa também manejar as plantas nativas, que insistem em permanecer no lugar. Assim, os pecuaristas acumulam conhecimentos sobre as características das árvores e suas interações no sistema produtivo. Reconhecem também seus diversos benefícios, principalmente aqueles associados ao solo, ao capim, ao gado ou a obtenção de produtos das árvores. Incentivos econômicos e assistência técnica que respeitem e valorizem as preferências dos pecuaristas são essenciais para que SSP com árvores nativas se mantenham, sejam aperfeiçoados e ganhem mais adeptos. Há boas experiências com SSP, que podem trazer aprendizados e inspiração para agricultores, técnicos e planejadores de políticas públicas (Figura 6). O livro produzido no âmbito desse projeto descreve em detalhes as experiências ilustradas na Figura 6 (*Sistemas Silvopastoris com Árvores Nativas no Cerrado*).

Figura 6. Experiências de SSP no Cerrado

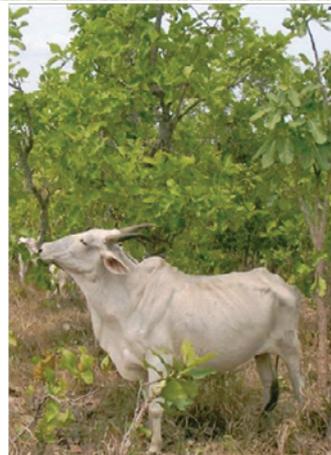
Sistema silvipastoril aliado a produtos não madeireiros; integração dos SSP com a “solta” do gado realizada por gerozeiros em assentamento

Nome João Altino Neto, Cristovino Ferreira Neto e Aparecido Alves de Souza
Localização Assentamento Americana, Grão Mogol, Norte de Minas Gerais



Pastoreio Racional Voisin; formação de SSP sem desmatamento e sem preparo do solo

Nome Jurandir Melado, Judismar Melado, Cláudio Melado
Localização Fazenda Ecológica Santa Fé do Moquéim, Nossa Senhora do Livramento – MT



Manutenção de corredores largos de Cerrado em meio à pastagem

Responsável pela experiência Heloisa Kasper - Fazenda Paracatu de Seis Dedos
Localização Ponto Chique – MG

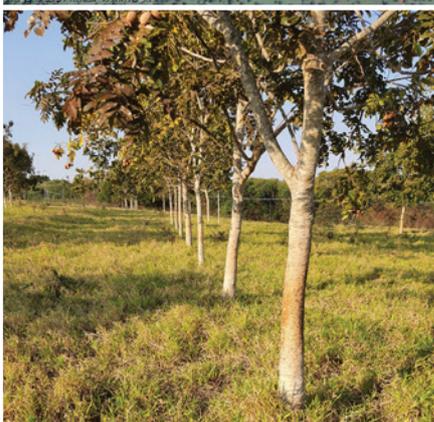




Árvores dispersas na pastagem em alta densidade, em propriedade de grande porte

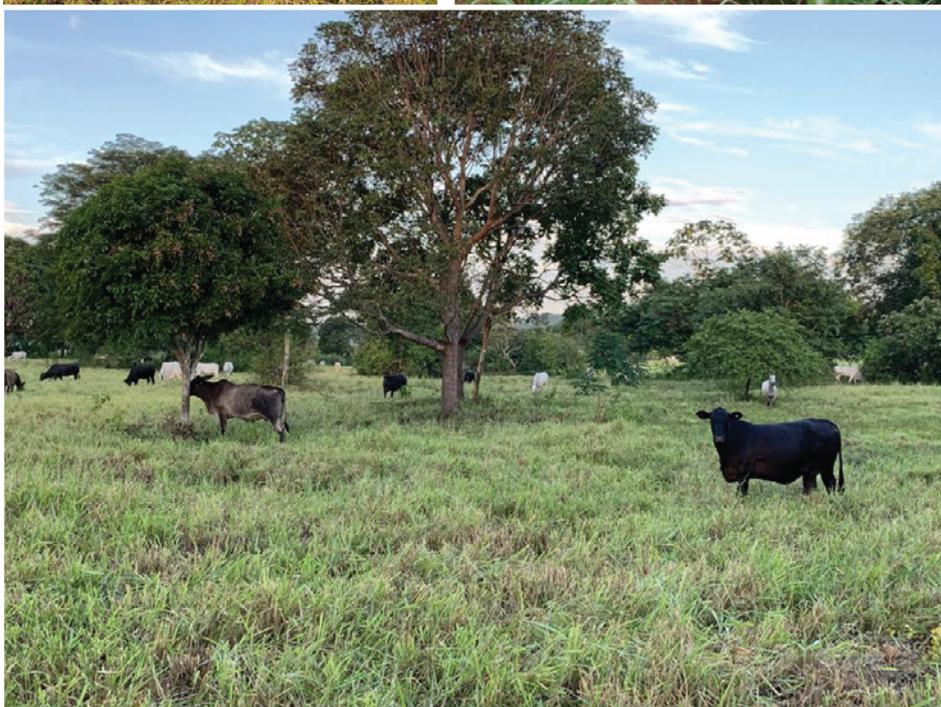
Responsável pela experiência José Carlos Lyra Fleury (idealizador; implementação), Jamilton Nei dos Santos (atual gerente), Dirk Mitteldorf (proprietário e incentivador)

Localização Ipameri – GO, região do Fundão



Plantio de baru em diferentes espaçamentos, com e sem proteção, e condução do baru com podas

Nome Edimilson Volpe e equipe AGRAER
Localização Campo Grande – MS



Regeneração de árvores e arbustos nas pastagens e enriquecimento com cercas vivas e arbustos forrageiros, alta produtividade

Nome Mauroni Alves Cangussu - Fazenda Monalisa, apoiado por pesquisadores parceiros

Localização Imperatriz - MA, transição bioma Cerrado e Amazônia

As árvores nativas podem ser cultivadas nas pastagens utilizando-se diferentes arranjos espaciais e métodos de propagação. Quando a pastagem será estabelecida em áreas com remanescentes de vegetação nativa, as árvores são deixadas com o corte seletivo e posterior condução da regeneração natural, para reposição e adensamento do SSP. Em pastagens já formadas, as árvores regenerantes em meio ao capim podem ser mantidas no momento da roçada. Outra maneira de introduzir árvores nestas áreas é adotar técnicas de plantio.

5.1 Incentivos e oportunidades para os SSP com árvores nativas no Brasil

Há poucos incentivos e capacitações para a pecuária que conserva a biodiversidade e considera espécies nativas para cadeias de produtos florestais madeireiros e não madeireiros (Fiedler et al. 2010; Guéneau et al. 2020). Mas há oportunidades. Nos últimos anos, a agenda global para mitigação das mudanças climáticas tem repercutido e originado formas de apoio para a implantação de SSP no Brasil. A Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Lei 12.805/2013) visa promover a recuperação de áreas de pastagens degradadas (principalmente por meio de ILPF), estimular e difundir sistemas agrossilvipastoris e fomentar a diversificação dos sistemas de produção com inserção de recursos florestais. A implantação de ILPF também é impulsionada pelo Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), cujas ações são fomentadas pelo Programa ABC (Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura), que oferece crédito para investimentos em recuperação de pastagens e para adoção de tecnologias mitigadoras dos gases de efeito estufa (GEE).

O Plano Safra traz outras oportunidades para implantação de SSP. O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) apoia atividades produtivas dos agricultores familiares com juros subsidiados. Em 2020, foi criado o Pronaf Bioeconomia, uma linha de crédito de investimento para extrativismo de produtos da sociobiodiversidade, geração e uso de energia renovável e sustentabilidade ambiental. O Pronaf Agroecologia e o Pronaf Floresta apresentam condições diferenciadas para agricultores que almejam investir na arborização das pastagens. O Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp) é uma oportunidade de crédito que possibilita investimento em SSP por meio de recursos para “florestamento, reflorestamento e destoca” e “formação ou recuperação de pastagens”. O Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária (Inovagro) oferece créditos para financiar inovações tecnológicas nas propriedades rurais. Ele financia itens que estejam em conformidade com os Sistemas de Produção Integrada Agropecuária PI-Brasil e Bem-Estar Animal, e aos Programas Alimento Seguro das diversas cadeias produtivas, e Boas Práticas Agropecuárias da Bovinocultura de Corte e Leite.

O Pagamento por Serviços Ambientais funciona por meio da valoração dos serviços ecossistêmicos, fornecendo incentivo econômico para quem promove sua manutenção ou recuperação. Um recente avanço foi a implementação da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (Lei nº 14.119/2020). Essa política tem grande aplicabilidade aos SSP, especialmente os com árvores nativas, na medida em que cita explicitamente situações como: 1) promover o manejo sustentável de sistemas agrossilvipastoris que contribuam para a conservação da biodiversidade, do solo e da água, além de capturar e reter carbono; 2) promover e valorizar ações de manutenção, recuperação ou de melhoria da cobertura vegetal que contribuam para combate à fragmentação de habitats e forma-

ção de corredores de biodiversidade; 3) manutenção das áreas cobertas por vegetação nativa passíveis de autorização de supressão.

A viabilidade e a sustentabilidade de SSP estão associadas à estruturação de uma cadeia produtiva diversificada, geradora de produtos de origem animal e florestal. Por isso, ampliar acesso a diferentes mercados e criar ambientes de cooperação entre atores da cadeia de valor são fundamentais. Iniciativas como o “Diálogos da Sociobiodiversidade” do projeto Mercados Verdes e Consumo Sustentável (parceria entre o MAPA e a Agência de Cooperação Alemã) têm apontado um caminho interessante para o estabelecimento de parcerias entre fornecedores e consumidores de PFNM.

A Embrapa têm liderado iniciativas da criação de “marcas-conceito” direcionadas para produtos pecuários que reduzem ou compensam integralmente as emissões de gases do efeito estufa no seu processo produtivo (Alves et al. 2019). Em especial, duas marcas-conceitos criados pela Embrapa poderão ser adotados em sistemas de integração silvipastoris: o “Carne Carbono Neutro” e o “Carbono Nativo” (Mauro et al. 2020). A primeira certificação, voltada para sistemas ILPF com árvores plantadas, já pode ser encontrada em produtos no mercado brasileiro. Já a segunda, em fase de elaboração, desponta como uma proposta inovadora e com forte potencial para valorizar e promover a arborização de pastagens com árvores nativas. Além disso, a certificação de sistemas orgânicos de produção de carne e leite exigem sombreamento das pastagens com árvores (Portaria n 52, 15 de março de 2021).

Cursos e dias de campo gratuitos em ILPF são oferecidos, principalmente pelo SENAR e Embrapa, nas modalidades presencial em Unidades de Referência Tecnológica e à distância. Porém, estas formas de divulgação e capacitação necessitam ainda incorporar a diversidade de sistemas e de espécies nativas. O foco tem sido no eucalipto e, com menos ênfase, em outras espécies madeireiras exóticas (teca, mogno africano, cedro australiano, acácia mangium). Incluir as espécies nativas nesse sistema de capacitações já consolidado e criar Unidades de Referências Tecnológicas com este enfoque será um caminho para integrar pecuária e conservação da biodiversidade.

5.2. Árvores nativas para sistemas silvipastoris no Cerrado

Árvores nativas são adaptadas às condições de solo e clima locais e contribuem para a conservação ecológica e da cultura regional. Muitas árvores do Cerrado apresentam características desejáveis para compor SSP. Tais características estão relacionadas com as suas interações com o solo, o capim, o gado e o pecuarista.

Lista de espécies (encontre as características e fotos das espécies no livro [Sistemas Silvipastoris com Árvores Nativas no Cerrado](#)).

| Espécie | Nome popular | Família |
|--|-------------------|---------------|
| <i>Annona crassiflora</i> Mart. | Araticum | Annonaceae |
| <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. | Peroba-do-cerrado | Apocynaceae |
| <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott | Gonçalo-alves | Anacardiaceae |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth | Sucupira-preta | Fabaceae |
| <i>Caryocar brasiliense</i> A.St.-Hil. | Pequi | Caryocaraceae |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | Copaíba | Fabaceae |
| <i>Curatella americana</i> L. | Lixeira | Dilleniaceae |
| <i>Dipteryx alata</i> Vogel | Baru | Fabaceae |
| <i>Eugenia dysenterica</i> DC. | Cagaita | Myrtaceae |

| | | |
|---|----------------------------|---------------|
| <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Hayne | Jatobá | Fabaceae |
| <i>Luehea divaricata</i> Mart. | Açoita-cavalo | Malvaceae |
| <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel | Jacarandá bico-de-papagaio | Fabaceae |
| <i>Machaerium opacum</i> Vogel | Jacarandá-cascudo | Fabaceae |
| <i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil. | Tingui | Sapindaceae |
| <i>Astronium urundeuva</i> Allemão | Aroeira | Anacardiaceae |
| <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. | Vinhático | Fabaceae |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | Curiola | Sapotaceae |
| <i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth. | Sucupira-branca | Fabaceae |
| <i>Qualea grandiflora</i> Mart. | Pau-terra grande | Vochysiaceae |
| <i>Qualea parviflora</i> Mart. | Pau-terra roxo | Vochysiaceae |
| <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore | Ipê-caraíba | Bignoniaceae |
| <i>Tachigali subvelutina</i> (Benth.) Oliveira-Filho | Carvoeiro | Fabaceae |
| <i>Terminalia argentea</i> Mart. | Capitão | Combretaceae |



Elisa Pereira Bruziguessi

6 Potencial de Regeneração natural do Cerrado em pastagens cultivadas e seus preditores

**OS RESULTADOS DA SEÇÃO 6 SÃO PRELIMINARES.
NOVAS ANÁLISES ESTÃO SENDO FEITAS NOS
PRÓXIMOS MESES PARA SUBMISSÃO A PERIÓDICO
CIENTÍFICO COM AVALIAÇÃO POR PARES.**

Pastagens com maior potencial de regeneração natural têm maior vocação para restauração ecológica, pois reduzem significativamente o custo e a incerteza sobre o sucesso da restauração. Além do mapeamento das classes de pastagem por sensoriamento remoto, encontrar preditores ambientais e socioeconômicos da regeneração natural com mapas disponíveis auxilia no mapeamento mais acurado da regeneração natural. Para o Cerrado o conhecimento dos preditores ambientais é ainda desconhecido, particularmente em áreas de pastagem. Entender quais são os grupos de plantas capazes de regenerar nas pastagens permite evitar esforços de plantio de espécies e grupos que não regeneram.

Nesse trabalho, foram levantadas variáveis de manejo da pastagem, variáveis ambientais regionais, de paisagem, e de competidores (capim exótico) e facilitadores (árvores remanescentes nas pastagens) que contribuem para o potencial de regeneração.

As parcelas de amostragem são as mesmas das seções 3 e 4 (93 parcelas em pastagens cultivadas e 15 parcelas em pastagens abandonadas distribuídas no Cerrado). A amostragem florística foi realizada em uma parcela de 50 × 200 m (1 ha) por pastagem. No centro da parcela, foi esticada uma trena de 200 m. A cobertura de espécies arbóreas, arbustivas, gramíneas e herbáceas foi estimada pelo método de interceptação de pontos a cada 1 m ao longo dos 200 metros da trena no centro da parcela. A cada ponto, todas as espécies que tocam uma vareta disposta perpendicularmente ao solo são registradas, totalizando 200 pontos de cobertura.

Os indivíduos de árvores adultas presentes nos limites das parcelas foram identificados e tiveram seu diâmetro medido à altura de 30 cm do solo. O material botânico não identificado em campo foi coletado para deposição e identificação no herbário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia – Herbário Cen.

6.1 Pastagens cultivadas

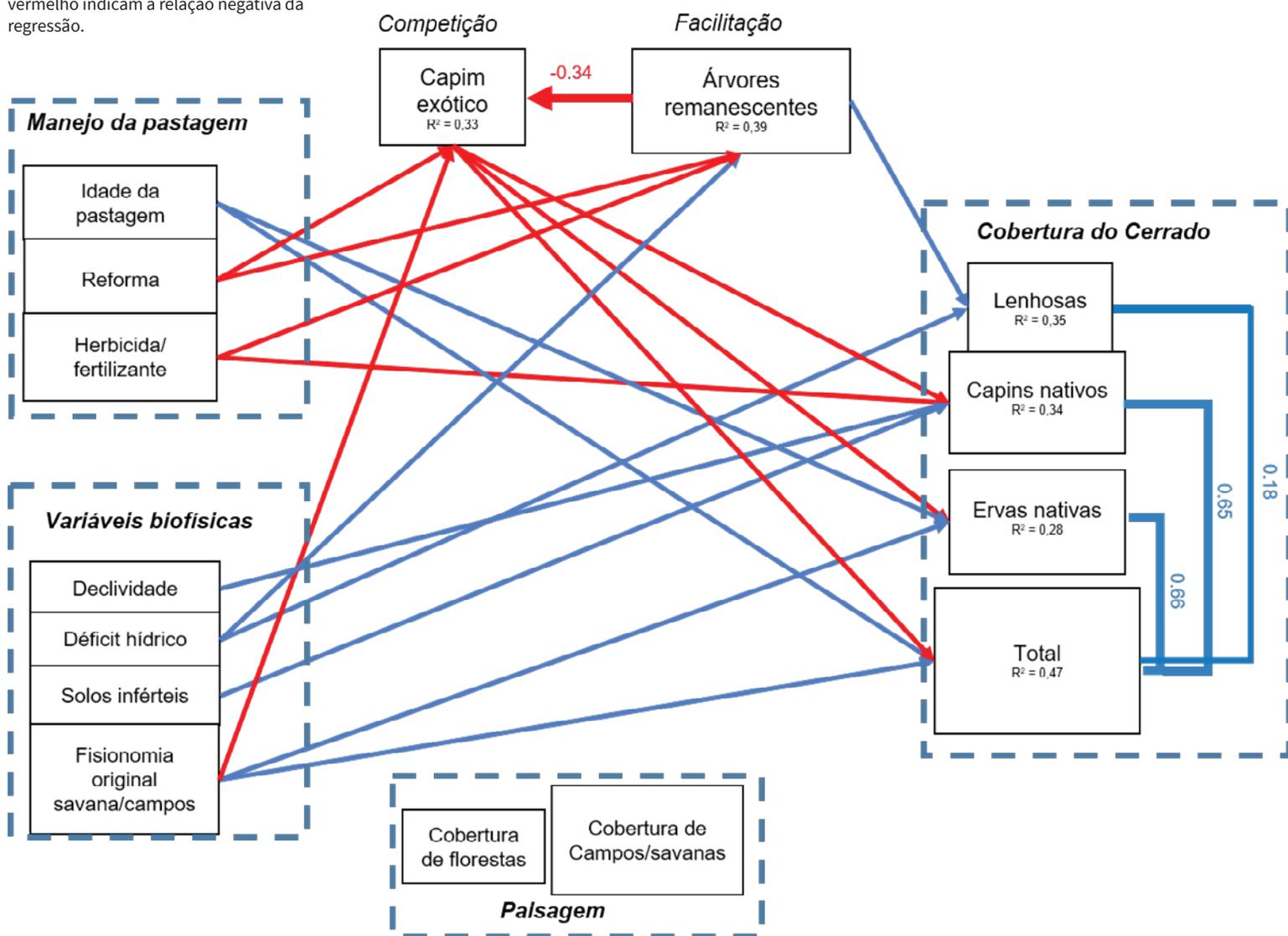
Foram amostradas 330 espécies de capins, ervas e lenhosas, das quais 285 foram identificadas como espécies nativas e 45 exóticas. A cobertura do solo teve em média 5,2% ($\pm 13,6\%$) de capins nativos, 5,5% ($\pm 15,4\%$) de ervas nativas, 1,2% ($\pm 4,2\%$) de lenhosas nativas, 57% ($\pm 32,6\%$) de capim exótico, 2,9% ($\pm 9,2\%$) de ervas ruderais e 28,1% (24,9% desvio padrão) de solo exposto.

Para analisar os fatores que influenciam a regeneração do Cerrado em pastagens cultivadas, foram levantadas (i) variáveis biofísicas (clima, relevo, solo e vegetação original), a partir de bases disponíveis online, (ii) variáveis de manejo (reformas, aplicação de herbicida, adubação), a partir de entrevistas com os proprietários das fazendas onde os levantamentos foram realizados, (iii) variáveis de paisagem, com análise de cobertura de vegetação, a partir da classificação do MapBiomass, e (iv) variáveis de competição (cobertura de capim exótico) e facilitação (densidade de árvores adultas na pastagem), levantadas em campo. As análises foram feitas com modelagem estrutural, que teve desempenho estatístico satisfatório (Figura 1). A cobertura do solo por espécies lenhosas foi explicada ($r^2 = 0.35$) pela maior densidade de árvores remanescentes nas pastagens e pelo maior déficit hídrico. A cobertura de capim nativo foi relacionada ($r^2 = 0.34$) positivamente com a de-

clividade, déficit hídrico e com solos distróficos, e negativamente com o uso de herbicidas e fertilizantes nas pastagens, e cobertura de capim exótico. A cobertura de ervas nativas foi relacionada ($r^2 = 0.28$) positivamente com a fitofisionomia savana/campo e idade das pastagens e negativamente pela cobertura de capim exótico. A somatória dos extratos lenhoso, herbáceo e de gramíneas nativas que compõem a cobertura de Cerrado nas pastagens cultivadas foi relacionada ($r^2 = 0.47$) à fitofisionomia original savana/campo, idade das pastagens, e negativamente pela cobertura de capim exótico (Figura 7).

As variáveis mediadoras (o competidor capim exótico e o facilitador árvores nativas) foram explicadas parcialmente pelas variáveis do ambiente, manejo e da paisagem. A densidade de árvores remanescentes foi relacionada ($r^2 = 0.39$) positivamente com o déficit hídrico, pelo tempo da última reforma das pastagens, pelo uso de herbicida e fertilizante nas pastagens, e negativamente pela cobertura de capim exótico. A cobertura de capim exótico teve relação ($r^2 = 0.33$) negativa com a densidade de árvores remanescentes nas pastagens, com a fitofisionomia original savana/campo e com o tempo da última reforma das pastagens (Figura 7).

Figura 7. Diagrama de relações entre variáveis predictoras e mediadoras da regeneração natural em pastagens cultivadas. As setas em azul indicam a relação positiva da regressão. As setas em vermelho indicam a relação negativa da regressão.



6.2 Pastagens abandonadas

Nas 15 pastagens abandonadas, localizadas dentro de Unidades de Conservação, foram amostrados 613 indivíduos de árvores adultas de 167 espécies (12,8 espécies/ha \pm 8,3 desvio padrão). Na cobertura do solo, foram amostradas 208 espécies de capins, ervas e lenhosas, das quais 182 foram identificadas como espécies nativas e oito exóticas. A média de cobertura do solo foi de 13% (\pm 20%) de capins nativos, 8% (\pm 14%) de ervas nativas, 5% (\pm 10,3%) de lenhosas nativas, 43% (\pm 33% desvio padrão) de capim exótico e 31% (\pm 22%) de solo exposto.

A cobertura de Cerrado nas pastagens abandonadas teve relação positiva com a fitofisionomia de origem savânica, com a cobertura de Campo, Floresta e Savana em um raio de 1 km da área das pastagens, com o tempo de abandono e negativamente com a presença de fogo recente.

Referências

- Alves FV, Almeida RG de, Laura VA, et al (2019) Marcas-conceito e a proposta de uma Plataforma de Pecuária de Baixo Carbono. In: Bungenstab DJ, Almeida RG de, Laura VA, et al. (eds) ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF, pp 169–179
- Athayde EA, Cancian LF, Verdade LM, Morellato LPC (2015) Functional and phylogenetic diversity of scattered trees in an agricultural landscape: Implications for conservation. *Agric Ecosyst Environ* 199:272–281. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.003>
- Belsky AJ, Amundson RG, Duxbury JM, et al (1989) The Effects of Trees on Their Physical, Chemical and Biological Environments in a Semi-Arid Savanna in Kenya. *J Appl Ecol* 26:1005. <https://doi.org/10.2307/2403708>
- Bruziguessi EP (2016) Árvores nativas do Cerrado na pastagem: Por quê? Como? Quais? Universidade de Brasília
- Cortner O, Garrett RD, Valentim JF, et al (2019) Perceptions of integrated crop-livestock systems for sustainable intensification in the Brazilian Amazon. *Land use policy* 82:841–853. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.01.006>
- Cubbage F, Balmelli G, Bussoni A, et al (2012) Comparing silvopastoral systems and prospects in eight regions of the world. *Agrofor Syst* 86:303–314. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9482-z>
- de Oliveira OC, de Oliveira IP, Alves BJR, et al (2004) Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. *Agric Ecosyst Environ* 103:289–300. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.004>
- de Oliveira Silva R, Barioni LG, Hall JAJ, et al (2017a) Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. *Agric Syst* 153:201–211. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.02.001>
- de Oliveira Silva R, Barioni LG, Hall JAJ, et al (2017b) Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. *Agric Syst* 153:201–211. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.02.001>
- Dias-Filho MB (2007) Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. Embrapa Amazônia Oriental, Belém
- Dias LCP, Pimenta FM, Santos AB, et al (2016) Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. *Glob Chang Biol* 22:2887–2903. <https://doi.org/10.1111/gcb.13314>
- do Valle Júnior RF, Siqueira HE, Valera CA, et al (2019) Diagnosis of degraded pastures using an improved NDVI-based remote sensing approach: An application to the Environmental Protection Area of Uberaba River Basin (Minas Gerais, Brazil). *Remote Sens Appl Soc Environ* 14:20–33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.02.001>

- Durigan G, Ratter JA (2006) Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. *Edinburgh J Bot* 63:119
- Eloy L, Schmidt IB, Borges SL, et al (2019) Seasonal fire management by traditional cattle ranchers prevents the spread of wildfire in the Brazilian Cerrado. *Ambio* 48:890–899. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1118-8>
- Ferreira ME, Jr. LGF, Miziara F, Soares-Filho BS (2013) Modeling landscape dynamics in the central Brazilian savanna biome: future scenarios and perspectives for conservation. *J Land Use Sci* 8:403–421. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2012.675363>
- Fiedler N, Fiedler NC, Soares TS, Silva GF da (2010) Produtos Florestais Não Madeireiros: Importância e Manejo Sustentável da Floresta. *RECEN - Rev Ciências Exatas e Nat* 10:263–278
- Garcia AS, Ballester MVR (2016) Land cover and land use changes in a Brazilian Cerrado landscape: drivers, processes, and patterns. *J Land Use Sci* 11:538–559
- Garcia E, Ramos Filho FSV, Mallmann GM, Fonseca F (2017) Costs, benefits and challenges of sustainable livestock intensification in a major deforestation frontier in the Brazilian Amazon. *Sustainability* 9:158
- Garnett T, Appleby MC, Balmford A, et al (2013) Sustainable Intensification in Agriculture: Premises and Policies. *Science (80-)* 341:33–34. <https://doi.org/10.1126/science.1234485>
- Gil J, Siebold M, Berger T (2015) Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. *Agric Ecosyst Environ* 199:394–406. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2014.10.008>
- Guéneau S, Diniz JD de AS, Bispo T, Dessartre, SM (2020) Cadeias de produtos da sociobiodiversidade como opção de desenvolvimento sustentável no Cerrado: o desafio da comercialização. In: Guéneau S, Diniz JD de AS, Passos CJS (eds) *Alternativas para o bioma Cerrado: agroextrativismo e uso sustentável da sociobiodiversidade*, 1st edn. IEB Mil Folhas, Brasília
- Hill MJ (2013) Vegetation index suites as indicators of vegetation state in grassland and savanna: An analysis with simulated SENTINEL 2 data for a North American transect. *Remote Sens Environ* 137:94–111
- Mandarino RA, Barbosa FA, Lopes LB, et al (2019) Evaluation of good agricultural practices and sustainability indicators in livestock systems under tropical conditions. *Agric Syst* 174:32–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.006>
- Mauro R de A, Silva MP da, Alves FV, et al (2020) Carbono Nativo: nova marca-conceito que valoriza sistemas silvipastoris com árvores nativas. *Campo Grande*
- Maus V, Câmara G, Cartaxo R, et al (2016) A time-weighted dynamic time warping method for land-use and land-cover mapping. *IEEE J Sel Top Appl Earth Obs Remote Sens* 9:3729–3739

- Mistry J (1998) Decision-making for fire use among farmers in savannas: an exploratory study in the Distrito Federal, central Brazil. *J Environ Manage* 54:321–334
- Nunes FSM, Soares-Filho BS, Rajão R, Merry F (2017) Enabling large-scale forest restoration in Minas Gerais state, Brazil. *Environ Res Lett* 12:44022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6658>
- Parente L, Ferreira L, Faria A, et al (2017) Int J Appl Earth Obs Geoinformation Monitoring the Brazilian pasturelands : A new mapping approach based on the landsat 8 spectral and temporal domains. *Int J Appl Earth Obs Geoinf* 62:135–143. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.06.003>
- Parente L, Mesquita V, Miziara F, et al (2019) Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. *Remote Sens Environ* 232:111301
- Pereira OJR, Ferreira LG, Pinto F, Baumgarten L (2018) Assessing pasture degradation in the Brazilian cerrado based on the analysis of modis ndvi time-series. *Remote Sens* 10:1761
- Plieninger T, Hartel T, Martín-López B, et al (2015) Wood-pastures of Europe: Geographic coverage, social–ecological values, conservation management, and policy implications. *Biol Conserv* 190:70–79. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.05.014>
- Rajão R, Soares-Filho B, Nunes F, et al (2020) The rotten apples of Brazil's agribusiness. *Science* (80-) 369:246 LP – 248. <https://doi.org/10.1126/science.aba6646>
- Röhrig N, Hassler M, Roesler T (2020) Capturing the value of ecosystem services from silvopastoral systems: Perceptions from selected Italian farms. *Ecosyst Serv* 44:101152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101152>
- Sampaio AB, Holl KD, Scariot A (2007) Regeneration of seasonal deciduous forest tree species in long-used pastures in Central Brazil. *Biotropica* 39:655–659
- Sano EE, Rodrigues AA, Martins ES, et al (2019) Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. *J Environ Manage* 232:818–828. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.108>
- Scariot A (2013) Land sparing or land sharing: the missing link. *Front Ecol Environ* 334:593–594
- Schmidt IB, Ferreira MC, Sampaio AB, et al (2019) Tailoring restoration interventions to the grassland-savanna-forest complex in central Brazil. 1–7. <https://doi.org/10.1111/rec.12981>
- Silva TR, Pena JC de C, Martello F, et al (2021) Not only exotic grasslands: the scattered trees in cultivated pastures of the Brazilian Cerrado. *Agric Ecosyst Environ* 314:1–10
- Simon MF, Pennington T (2012) Evidence for adaptation to fire regimes in the tropical savannas of the Brazilian Cerrado. *Int J Plant Sci* 173:711–723

Strassburg BBN, Latawiec AE, Barioni LG, et al (2014) When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Glob Environ Chang* 28:84–97. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001>

Vieira DLM, Scariot A, Sampaio AB, Holl KD (2006) Tropical dry-forest regeneration from root suckers in Central Brazil. *J Trop Ecol* 22:353–357. <https://doi.org/10.1017/S0266467405003135>

Degradação e recuperação
de pastagens no Cerrado:

Incluindo o **Cerrado**
na equação

Degradação e recuperação
de pastagens no Cerrado:

Incluindo o **Cerrado**
na equação