



Volume de calcário para recuperação de pastagens degradadas em bacias hidrográficas do MATOPIBA

Lime volume for the Recovery of Degraded Pastures in MATOPIBA watersheds

Volumen de cal para la recuperación de pasturas degradadas en cuencas Hidrográficas del MATOPIBA

DOI: 10.55905/revconv.17n.12-226

Originals received: 10/17/2024

Acceptance for publication: 11/11/2024

Bruno da Rocha Mendes

Doutor em Meio Ambiente

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Endereço: Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: bmendes@outlook.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-6053-9776>

Margareth Simões Penello Meirelles

Doutora em Geografia

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Endereço: Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: margareth.simoes@embrapa.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5533-584X>

Vinícius de Melo Benites

Doutor em Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Endereço: Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: vinicius.benites@embrapa.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2602-0750>

Roberta de Oliveira Costa

Doutora em Geografia

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Endereço: Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: roberta.costa@outlook.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6810-8040>

RESUMO

A degradação de pastagens no MATOPIBA, região de extrema importância para o agronegócio brasileiro, constitui um fator de risco para a integridade de suas bacias hidrográficas. O presente estudo analisa a distribuição espacial das pastagens degradadas nas bacias hidrográficas do



MATOPIBA, visando quantificar a demanda de calcário para correção de acidez, para fins de recuperação das pastagens degradadas. Utilizando-se de geotecnologias, dados espaciais das pastagens degradadas e a divisão de bacias pelo método de ottobacias no nível 6, o estudo determinou a necessidade de aproximadamente 6.5 milhões de toneladas de calcário, para recuperação de aproximadamente 5 milhões de hectares de pastagens degradadas, evidenciando também, uma distribuição espacial heterogênea entre as unidades federativas e bacias hidrográficas. As unidades federativas do Maranhão e Tocantins apresentaram as maiores demandas por calcário, indicando a necessidade de priorização de intervenções nessas áreas. A recuperação de pastagens degradadas, com ênfase nas bacias Tocantins-Araguaia, emerge como estratégia crucial para a conservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: MATOPIBA, pastagens degradadas, calagem, bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The degradation of pastures in MATOPIBA, a region of extreme importance for Brazilian agribusiness, constitutes a risk factor for the integrity of its hydrographic basins. This study analyzes the spatial distribution of degraded pastures in the hydrographic basins of MATOPIBA, aiming to quantify the demand for limestone to correct acidity, for the purpose of recovering degraded pastures. Using geotechnologies, spatial data of degraded pastures and the division of basins by the ottobacias method at level 6, the study determined the need for approximately 6.5 million tons of limestone, to recover approximately 5 million hectares of degraded pastures, also showing a heterogeneous spatial distribution between the federative units and hydrographic basins. The federative units of Maranhão and Tocantins presented the greatest demands for limestone, indicating the need to prioritize interventions in these areas. The recovery of degraded pastures, with emphasis on the Tocantins-Araguaia basins, emerges as a crucial strategy for the conservation of water resources.

Keywords: MATOPIBA, degraded pastures, liming, watershed.

RESUMEN

La degradación de pasturas en MATOPIBA, región de extrema importancia para el agronegocio brasileño, constituye un factor de riesgo para la integridad de sus cuencas hidrográficas. El presente estudio analiza la distribución espacial de las pasturas degradadas en las cuencas hidrográficas de MATOPIBA, con el objetivo de cuantificar la demanda de cal para corregir la acidez, con fines de recuperación de las pasturas degradadas. Utilizando geotecnologías, datos espaciales de las pasturas degradadas y la división de cuencas por el método de ottobacias en el nivel 6, el estudio determinó la necesidad de aproximadamente 6,5 millones de toneladas de cal, para la recuperación de aproximadamente 5 millones de hectáreas de pasturas degradadas, evidenciando también una distribución espacial heterogénea entre las unidades federativas y cuencas hidrográficas. Las unidades federativas de Maranhão y Tocantins presentaron las mayores demandas de cal, lo que indica la necesidad de priorizar las intervenciones en estas áreas. La recuperación de pasturas degradadas, con énfasis en las cuencas Tocantins-Araguaia, emerge como estrategia crucial para la conservación de los recursos hídricos.

Palabras clave: MATOPIBA, pasturas degradadas, encalado, cuenca hidrográfica.



1 INTRODUÇÃO

A região do MATOPIBA, reconhecida por seu papel na produção agropecuária brasileira, apresenta uma complexa rede hidrográfica que desempenha um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. A degradação de pastagens, tem impactos significativos sobre os recursos hídricos e a integridade dos ecossistemas. A recuperação dessas áreas, em especial nas principais bacias hidrográficas, emerge como uma necessidade imperativa para a sustentabilidade da região.

Pastagens degradadas apresentam uma série de problemas, como baixa produtividade forrageira, compactação do solo, erosão acelerada, perda de biodiversidade e redução da capacidade de infiltração. Tais condições comprometem a dinâmica hidrológica, afetando a disponibilidade e a qualidade da água nas bacias, com consequências para o abastecimento humano, a fauna e a flora aquáticas. A recomposição da cobertura vegetal promove a melhoria da estrutura do solo, o aumento da infiltração, a redução da erosão e do assoreamento dos cursos d'água, além de favorecer a recarga dos aquíferos.

A relevância dos rios no MATOPIBA transcende a mera provisão de água para consumo humano e atividades econômicas. Eles constituem habitats vitais para uma miríade de espécies, atuam na regulação do ciclo hidrológico, na ciclagem de nutrientes e na mitigação de eventos climáticos extremos. Abell *et al.* (2014) destacam que a região do MATOPIBA abriga ecossistemas fluviais de grande importância para a conservação da biodiversidade, com espécies endêmicas e ameaçadas de extinção.

A recuperação das pastagens também desempenha um papel crucial na conservação da biodiversidade, com o retorno de espécies nativas, e no sequestro de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. A melhoria da qualidade da água nas bacias hidrográficas beneficia todo o ecossistema, garantindo a saúde e a resiliência dos recursos hídricos.

Do ponto de vista econômico, a recuperação das pastagens impulsiona a produtividade, a diversificação da produção e a geração de renda para os produtores rurais. A adoção de práticas sustentáveis de manejo do solo e da água assegura a conservação dos recursos naturais e a perenidade da produção agropecuária.

Dentre as principais bacias hidrográficas da região, destacam-se as bacias do Tocantins-Araguaia, do Parnaíba e do São Francisco, que abrigam nascentes de grande relevância, como as



do rio Tocantins, do rio Parnaíba e do rio São Francisco, respectivamente. Essas nascentes, assim como inúmeras outras presentes na região, são fundamentais para a manutenção da integridade dos recursos hídricos, garantindo a perenidade dos rios e a disponibilidade hídrica para as populações e atividades econômicas.

Entretanto, a intensificação da agricultura, marcada pela conversão de áreas nativas em monoculturas, tem acarretado impactos severos sobre os recursos hídricos. Aguiar *et al.* (2020) evidenciam que a expansão agrícola no MATOPIBA tem provocado a degradação da qualidade da água, o assoreamento de cursos d'água e a redução da disponibilidade hídrica, com consequências para a biota aquática e para as populações humanas. A degradação de pastagens, frequente na região, contribui significativamente para esses impactos, comprometendo a capacidade de infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial e a erosão, e consequentemente, afetando a qualidade e a quantidade de água nos rios e nascentes.

Recuperação de pastagens degradadas emerge como uma estratégia fundamental para reverter esse cenário, sendo uma abordagem essencial para a conservação hídrica. A recuperação e conversão de pastagens degradadas, somadas a adoção de técnicas de manejo sustentável do solo, como o plantio direto, a rotação de culturas e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), promovem a melhoria da estrutura do solo, aumentam a infiltração de água, reduzem a erosão e o assoreamento dos cursos d'água, contribuindo para a conservação das nascentes e a manutenção da qualidade e da vazão dos rios.

Silva *et al.* (2018) enfatizam que a gestão integrada dos recursos hídricos, com a participação ativa dos diversos atores sociais, é essencial para garantir a conservação dos rios e a sustentabilidade do MATOPIBA. Portanto, a recuperação de pastagens degradadas nas bacias hidrográficas do MATOPIBA constitui uma ação estratégica para a preservação ambiental, a segurança hídrica e o desenvolvimento sustentável da região. A articulação de políticas públicas, investimentos em pesquisa e extensão rural, e a conscientização dos produtores rurais são cruciais para o êxito dessa empreitada. A recuperação das pastagens representa um passo fundamental para um futuro mais próspero e equilibrado para o MATOPIBA e para o Brasil.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Cerrado, na perspectiva de Aziz Ab'Saber (1983 e 2007), emerge como um complexo bioma, de fundamental importância para o Brasil, não apenas por sua rica biodiversidade, mas também por seu papel crucial na dinâmica hídrica e na configuração ambiental do país. Em seus escritos, Ab'Saber desvenda as particularidades desse domínio, destacando sua geomorfologia singular, a intrincada rede hidrográfica e o delicado equilíbrio ecológico que o sustenta. O impacto das atividades humanas sobre esse bioma, especialmente a expansão da fronteira agrícola, que tem levado à substituição da vegetação nativa por monoculturas e pastagens. Ele defende a implementação de medidas que visem à proteção da biodiversidade e à utilização sustentável dos recursos naturais do Cerrado, garantindo a preservação desse importante bioma para as futuras gerações.

A degradação das pastagens no MATOPIBA, no bioma Cerrado, é multifatorial, envolvendo causas como o superpastejo, o manejo inadequado do solo e a deficiência nutricional. Conforme destacam Silva *et al.* (2018), o superpastejo é uma das principais causas da degradação das pastagens no MATOPIBA, levando à compactação do solo, à redução da cobertura vegetal e à perda da capacidade produtiva.

As consequências da degradação das pastagens são diversas, incluindo a redução da produtividade forrageira, a perda da biodiversidade, a erosão do solo e a diminuição da disponibilidade hídrica. De acordo com Santos *et al.* (2019), a degradação das pastagens no MATOPIBA tem levado à perda da biodiversidade, com a diminuição da população de espécies nativas e o aumento da presença de espécies invasoras. Além disso, a degradação impacta diretamente as bacias hidrográficas, comprometendo a qualidade e quantidade de água disponível. Silva *et al.* (2020) elucidam essa relação, afirmando que a degradação das pastagens contribui para o aumento do escoamento superficial, da erosão e do assoreamento dos cursos d'água, impactando negativamente a qualidade da água nas bacias hidrográficas. Essa realidade reforça a necessidade de ações de recuperação alinhadas com a conservação dos recursos hídricos, conforme preconizado no Plano Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997).

A recuperação das pastagens degradadas é fundamental para garantir a sustentabilidade da produção agropecuária no MATOPIBA e se coaduna com os objetivos do Plano ABC, que visa incentivar práticas agrícolas sustentáveis e de baixo carbono. Conforme ressaltam Oliveira



et al. (2020), a recuperação das pastagens degradadas permite aumentar a produtividade, melhorar a qualidade do solo, conservar a biodiversidade e proteger os recursos hídricos.

Além disso, a recuperação das pastagens degradadas contribui para a mitigação das mudanças climáticas, uma vez que as pastagens recuperadas atuam como sumidouros de carbono. Souza *et al.* (2021) corroboram essa afirmação, indicando que a recuperação das pastagens degradadas no MATOPIBA tem o potencial de sequestrar grandes quantidades de carbono, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Essa capacidade de sequestro de carbono está em consonância com os compromissos assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris e reforça a importância da recuperação de pastagens como estratégia de mitigação das mudanças climáticas.

Existem diversas técnicas de recuperação de pastagens degradadas, cada uma com suas particularidades e indicações específicas, dentre elas pode-se destacar: Adubação, que é essencial para repor os nutrientes do solo, a adubação pode ser química, orgânica ou organomineral. A escolha do tipo de adubo e da dosagem adequada depende das características do solo e das necessidades da pastagem. Conforme apontam Ferreira *et al.* (2017), a adubação é uma técnica fundamental para a recuperação das pastagens degradadas, pois permite repor os nutrientes do solo e estimular o crescimento da vegetação. A adubação verde, com o uso de leguminosas, é uma prática incentivada pelo Plano ABC por sua capacidade de fixar nitrogênio no solo e melhorar sua fertilidade. O controle de plantas invasoras, que visa eliminar plantas invasoras que competem com as forrageiras por recursos, reduzindo a produtividade da pastagem. O manejo do pastejo, incluindo a regulação da carga animal e o descanso da pastagem, que é crucial para evitar a degradação e promover a recuperação da área. O sistema de pastejo rotacionado, que divide a pastagem em piquetes e permite o descanso da área após o pastejo, é uma estratégia eficiente para a recuperação e o manejo sustentável das pastagens (Euclides, 2010).

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), é um sistema de produção que integra a agricultura, a pecuária e a floresta em uma mesma área, promovendo a diversificação da produção, a melhoria da qualidade do solo e a conservação ambiental. A ILPF é considerada uma das principais estratégias para a recuperação de áreas degradadas e a promoção da sustentabilidade da produção agropecuária no Brasil, sendo amplamente incentivada pelo Plano ABC.

Em casos de degradação severa, pode ser necessário realizar a semeadura ou o replantio



de forrageiras adaptadas às condições locais. Nesse caso, a escolha das espécies adequadas é fundamental para o sucesso da recuperação. Normalmente recomenda-se o uso de espécies, nativas ou adaptadas, que apresentem boa produção de forragem, resistência a pragas e doenças além de tolerância às condições climáticas da região. A semeadura direta, com o uso de técnicas de plantio direto, pode ser uma alternativa eficiente para a recuperação de áreas degradadas (Torres *et al.*, 2015).

A escolha das técnicas mais adequadas deve considerar as características da área degradada, os objetivos da recuperação e os recursos disponíveis. A utilização de técnicas de bioengenharia, como o plantio de espécies vegetais com raízes profundas e a construção de paliçadas vivas, pode ser uma alternativa interessante para a estabilização de encostas e a recuperação de áreas degradadas em bacias hidrográficas, conforme sugerem Ribeiro *et al.* (2018) em sua pesquisa sobre a recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica.

A calagem, que consiste na aplicação de calcário no solo, é uma prática essencial em todas as técnicas de recuperação de pastagens degradadas, em especial nos solos do Cerrado. A maioria dos solos do MATOPIBA apresenta acidez elevada, o que limita o desenvolvimento das plantas e a disponibilidade de nutrientes. A calagem corrige a acidez do solo, aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas e melhora as condições físicas e biológicas do solo, criando um ambiente favorável para o estabelecimento e crescimento das forrageiras.

De acordo com Rodrigues *et al.* (2016), a calagem é fundamental para a recuperação das pastagens degradadas no MATOPIBA, pois a maioria dos solos da região apresenta acidez elevada, o que limita o desenvolvimento das plantas. Em diversos casos, a calagem não apenas beneficia diretamente as plantas, mas também promove a atividade microbiana do solo, fundamental para a ciclagem de nutrientes e a saúde do ecossistema. Adicionalmente, a calagem contribui para a redução da erosão do solo, um dos principais problemas ambientais associados à degradação das pastagens (Primavesi, 2002).

3 METODOLOGIA

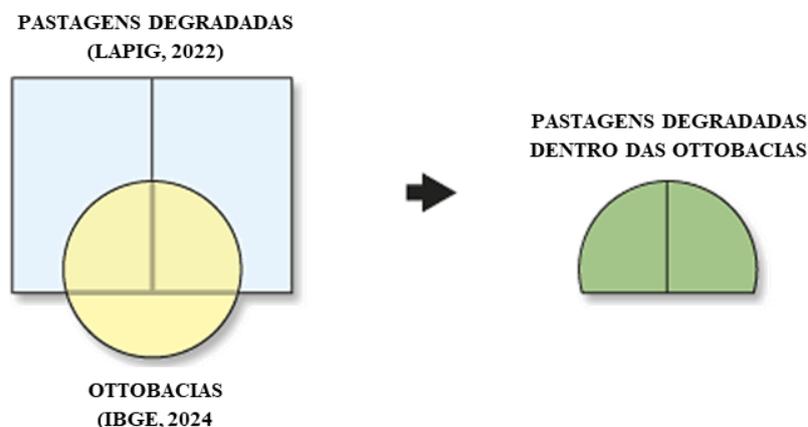
O presente estudo fundamentou-se na espacialização dos dados de pastagens degradadas (LAPIG, 2022) e na delimitação hidrográfica das Ottobacias nível 6 (IBGE, 2024), ambos restritos à área do Cerrado no MATOPIBA. A fim de assegurar a acurácia da análise comparativa



entre a área total de cada bacia e a extensão das pastagens degradadas em seu interior, optou-se por preservar alguns polígonos de bacias que, apesar de extrapolarem o limite da área de estudo, apresentavam a maior parte de sua área contida neste.

Os dados vetoriais foram submetidos a um processo de geoprocessamento no software ArcGIS Pro, por meio da ferramenta Pairwise Intersect, com o objetivo de identificar e delinear as áreas de pastagens classificadas como degradação Severa e Intermediária, dentro dos limites de cada Ottobacia nível 6 (Figura 1).

Figura 1: Diagrama do processo de interseção entre os dados de pastagens degradadas e ottobacias



Fonte: Elaboração do autor, modificado do manual do ArcGIS PRO, 2024.

A interseção espacial dos dados se configura como uma ferramenta poderosa para a compreensão da complexa relação entre a degradação das pastagens e a saúde das bacias hidrográficas no MATOPIBA. Ao cruzar informações sobre a extensão e o nível de degradação das pastagens com os limites das bacias hidrográficas, essa abordagem permite não apenas identificar e quantificar as áreas afetadas, mas também traçar um panorama detalhado dos desafios e potencialidades para a recuperação ambiental na região.

A possibilidade de estratificar a demanda de insumos, como o calcário, por diferentes parâmetros — como classe de degradação, unidade federativa e até mesmo município — oferece um nível de granularidade essencial para o planejamento estratégico e a alocação eficiente de recursos. Por exemplo, ao identificar áreas com alta degradação e grande demanda de calcário em municípios com menor IDH, é possível direcionar investimentos e ações de recuperação de forma mais precisa, maximizando o impacto social e ambiental das intervenções.

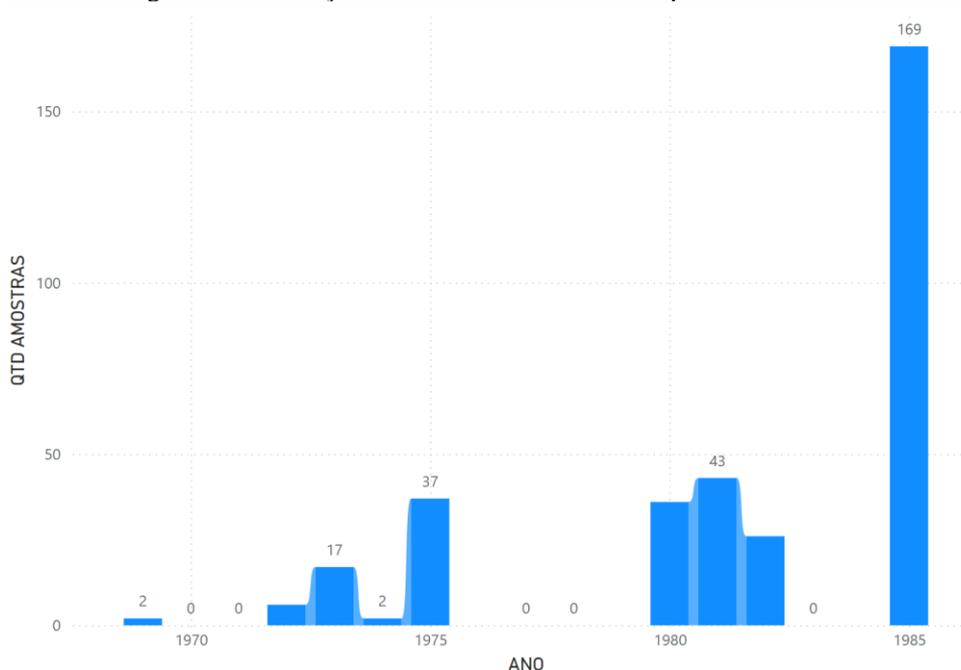
Além disso, a análise espacial minuciosa e a segmentação dos dados possibilitam a



criação de cenários e a simulação dos impactos de diferentes intervenções, como a recuperação de áreas degradadas, a adoção de práticas agrícolas sustentáveis e a implantação de sistemas agroflorestais. Essa capacidade de antecipar os efeitos das ações propostas contribui para a tomada de decisões mais informadas e eficazes, potencializando os benefícios socioambientais e econômicos da recuperação das pastagens no MATOPIBA.

As características físico-químicas dos solos, tais como: valor V e CTC, foram extraídas da base de dados do Pronasolos e tratadas estatisticamente no software Jasp. É importante ressaltar que com uma extensão de aproximadamente 630 mil km², o Cerrado do MATOPIBA possui apenas 338 amostras de solo, em sua extensão, distribuídas entre os anos de 1971 e 1983, conforme a figura 2. Essas amostras representam os horizontes A, B e O, com no máximo 30 cm de profundidade superior.

Figura 2: Distribuição das amostras do Pronasolos por ano de coleta.



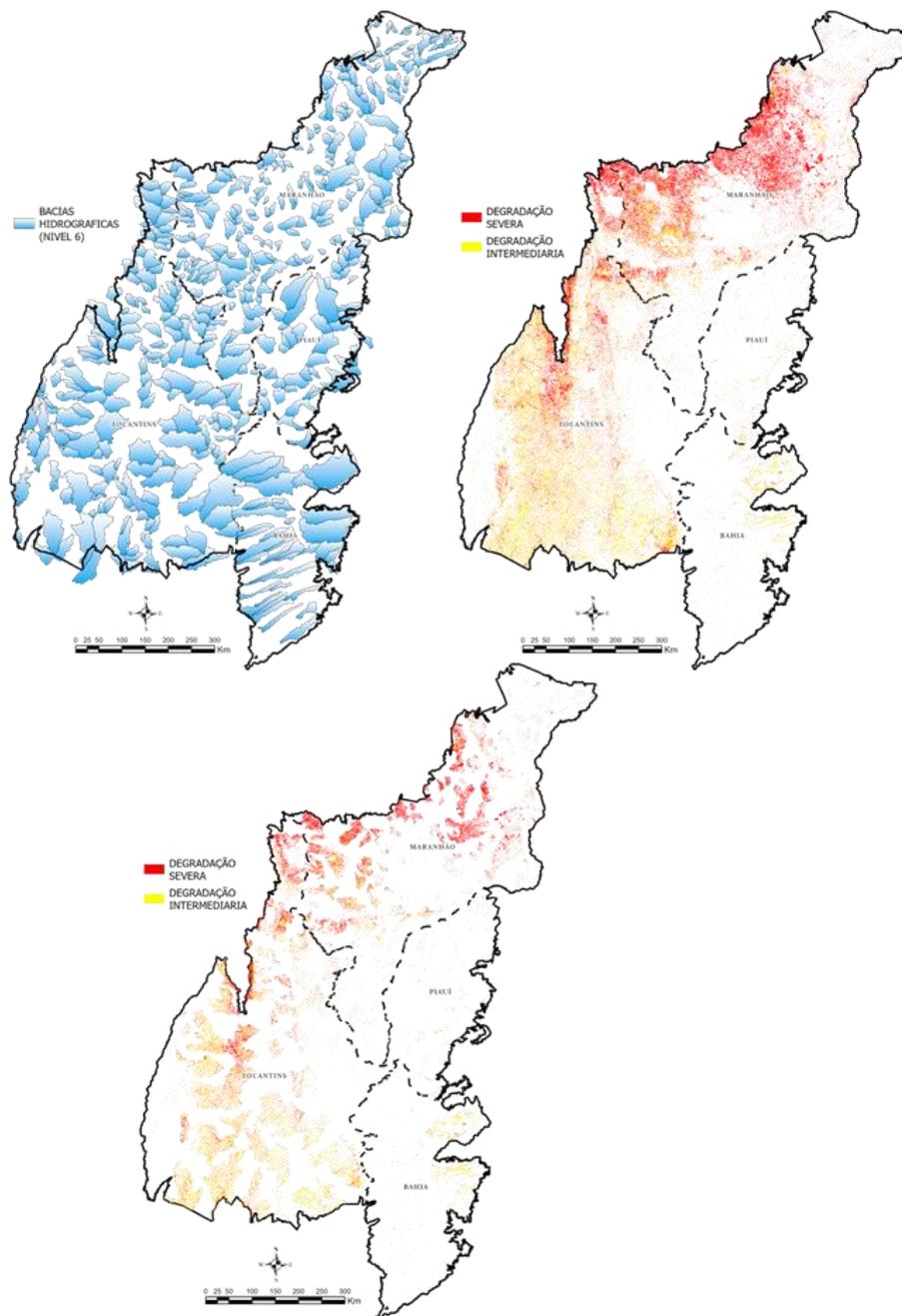
Fonte: Elaboração do autor, 2024.

A representação cartográfica dos mapas utilizados, ilustrada na Figura 3, evidencia a integração dos dados e reforça a robustez da metodologia empregada. A visualização espacial da distribuição das pastagens degradadas em relação às bacias hidrográficas facilita a compreensão da dinâmica dos processos erosivos, do transporte de sedimentos e da contaminação dos recursos hídricos, permitindo a identificação de áreas prioritárias para a implementação de medidas de



conservação do solo e da água.

Figura 3: Operação de interseção entre os mapas do MATOPIBA



Fonte: Elaboração do autor, 2024, a partir dos dados do LAPIG (2022) e IBGE (2024)

Para calcular a quantidade de calagem, os dados disponíveis de solo desempenham um papel crucial, impactando diretamente nos valores finais. Além disso, a acurácia e



representatividade dos resultados podem ser comprometidas por diversos fatores, incluindo o número limitado de amostras, a idade das mesmas e, crucialmente, a distribuição espacial inadequada. Nesse sentido, em virtude do desafio metodológico devido à natureza do dado disponível, com o objetivo de simplificar e ser mais objetivo na escolha dos valores considerados, só foram considerados as principais classes de solos do MATOPIBA. Para isso foi analisada a distribuição espacial de todos os solos que recobrem a área de estudo, resultando em 7 classes que correspondem por 90% de toda a área do Cerrado do MATOPIBA. Para essas 7 classes, foram utilizados os valores das medianas, uma vez que eles não apresentam distribuição gaussiana (normal), esses valores estão descritos na tabela 1.

Tabela 1: Distribuição dos valores V e T das amostras do Pronasolos

SOLO	MEDIANA	
	Valor V	Valor T
Argissolo Vermelho-Amarelo	65,00	6,30
Latossolo Amarelo	23,00	5,50
Latossolo Vermelho-Amarelo	10,00	4,06
Neossolo Litólico	22,00	8,90
Neossolo Quartzarenico	20,00	2,72
Plintossolo Háplico	33,00	6,60
Plintossolo Petrico	50,00	5,20
OUTROS SOLOS	33,00	6,35

Fonte: Elaboração do Autor, 2024

A quantidade de calcário necessária para a recuperação das áreas foi calculada com a equação abaixo:

$$\text{Calcário (T/ha)} = ((V2-V1) \times (T)) / 100 \quad (1)$$

onde:

V2 é a saturação por bases desejada = **60** (para forrageiras exigentes)

V1 é a saturação por bases atual = **valor da mediana na classe do solo**

T é a capacidade de troca catiônica = **valor da mediana na classe do solo**

PRNT é o poder relativo de neutralização total do calcário a ser aplicado = 100



Tabela 2: Valores de Calagem por classe de solo.

SOLOS (2N)	CALAGEM (T/ha)
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	-0,32
CAMBISSOLO HAPLICO	1,71
CHERNOSSOLO ARGILUVICO	1,71
DUNAS	0,00
GLEISSOLO HAPLICO	1,71
GLEISSOLO SALICO	1,71
LATOSSOLO AMARELO	2,04
LATOSSOLO VERMELHO	1,71
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	2,00
LUVISSOLO CROMICO	1,71
NEOSSOLO FLUVICO	1,71
NEOSSOLO LITOLICO	3,38
NEOSSOLO QUARTZARENICO	1,09
NITOSSOLO VERMELHO	1,71
PLANOSSOLO HAPLICO	1,71
PLINTOSSOLO HAPLICO	1,78
PLINTOSSOLO PETRICO	0,52
VERTISSOLO HAPLICO	1,71

Fonte: Elaboração do Autor, 2024

A tabela 2 mostra a necessidade de calagem em diferentes tipos de solo. O valor negativo de calagem no solo ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO indica que este solo já possui acidez adequada, não necessitando de calagem.

A necessidade de calagem varia de 0 a 3.38 t/ha, com média de 1.53 t/ha e desvio padrão de 0.81 t/ha. O solo NEOSSOLO LITOLICO apresenta a maior necessidade de calagem (3.38 t/ha), seguido do LATOSSOLO AMARELO (2.04 t/ha).

É importante ressaltar que os solos que figuram com o valor de calagem 1.71 t/ha representam as classes de solos que utilizam a mediana de todos os 322 registros do PRONASOLOS dentro da área do Cerrado do MATOPIBA. Esses valores corroboram com a vasta referência bibliográfica sobre os solos do Cerrado, indicando uma tendência geral de acidez nos solos analisados. No caso das DUNAS, o valor V e valor T foram zerados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O quadro 1 apresenta dados relevantes sobre a distribuição de mesorregiões hidrográficas dentro das macrorregiões, no limite do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

A mesorregião Alto Tocantins se destaca não somente por sua grande área, mas também pela elevada quantidade de ottobacias de nível 6 (120), indicando uma maior complexidade e



diversidade da rede hidrográfrica nessa região. A bacia Tocantins-Araguaia demonstra a maior expressão em termos de área no MATOPIBA, abrangendo 51,24% da área total. Essa dominância é corroborada pelas mesorregiões Alto Tocantins e Araguaia, que juntas representam 49,49% da área total do MATOPIBA. Embora seja superada pela Tocantins-Araguaia em termos de área, a bacia do Parnaíba detém uma área considerável no MATOPIBA, com 23,28% da área total. A mesorregião Alto Parnaíba emerge como a mais representativa dentro dessa bacia, correspondendo a 10,41% da área total do MATOPIBA.

Quadro 1: Distribuição das bacias hidrográficas no MATOPIBA

MESORREGIAO HIDROGRAFICA	MACRORREGIAO HIDROGRAFICA	QTD DE OTTOBACIAS NIVEL 6	AREA (ha)	AREA RELATIVA (BACIA)	AREA RELATIVA (MATOPIBA)
ITAPECURU	ATLÂNTICO NORDESTE OCIDENTAL	56	1.899.866,82	6,10%	3,02%
MEARIM	ATLÂNTICO NORDESTE OCIDENTAL	62	2.206.394,11	7,08%	3,50%
ALTO PARNAÍBA	PARNAÍBA	109	6.554.049,74	21,03%	10,41%
BAIXO PARNAÍBA	PARNAÍBA	18	701.007,70	2,25%	1,11%
MÉDIO PARNAÍBA	PARNAÍBA	14	885.498,75	2,84%	1,41%
MÉDIO SÃO FRANCISCO	SÃO FRANCISCO	28	2.947.222,23	9,46%	4,68%
ALTO TOCANTINS	TOCANTINS- ARAGUAIA	120	8.996.790,64	28,87%	14,29%
ARAGUAIA	TOCANTINS- ARAGUAIA	75	6.968.870,37	22,37%	11,07%
			31.159.700,36		49,49%

Fonte: Elaboração do autor, 2024

A compreensão da distribuição espacial das mesorregiões hidrográficas, com suas áreas e características específicas, é crucial para um planejamento e uma gestão eficaz dos recursos hídricos no MATOPIBA. Essa compreensão permite identificar áreas vulneráveis, hotspots de biodiversidade e potenciais conflitos de uso da água, orientando políticas e ações de conservação e manejo sustentável. As bacias Tocantins-Araguaia e Parnaíba, devido à sua grande extensão e importância ecológica e socioeconômica, demandam atenção estratégica, com investimentos em monitoramento, recuperação de áreas degradadas e promoção de práticas sustentáveis de uso da água.

O Quadro 2, ao detalhar as quantidades de calcário necessárias para a recuperação de cada segmento, fornece informações valiosas para o planejamento e a tomada de decisões. Ao permitir



uma visão em diferentes escalas, desde o estado até a mesorregião hidrográfica, o quadro possibilita a identificação de áreas prioritárias para a aplicação de calcário, otimizando o uso de recursos e maximizando os benefícios da recuperação. Essa abordagem detalhada e escalonada contribui para um planejamento mais assertivo e a definição de níveis de priorização mais acurados, impulsionando a recuperação de áreas degradadas e a promoção da sustentabilidade ambiental no MATOPIBA.

Quadro 2: Distribuição da quantidade de calcário necessário para recuperação das pastagens degradadas em cada classe e região hidrográfica no MATOPIBA

ESTADO	CLASSE DEGRADAÇÃO PASTAGEM	MACRORREGIÃO HIDROGRÁFICA	MESORREGIÃO HIDROGRÁFICA	AREA (ha)	QTD CALCÁRIO (T)	MEDIA DE CALCÁRIO (T/ha)
TO	INTERMEDIÁRIO	TOCANTINS-ARAGUAIA	ALTO TOCANTINS	902.885,62	1.209.476,50	1,31
TO	SEVERA	TOCANTINS-ARAGUAIA	ALTO TOCANTINS	888.274,28	1.156.050,69	1,35
MA	SEVERA	ATLÂNTICO NORDESTE OCIDENTAL	ITAPECURU	532.138,47	618.580,88	1,31
TO	INTERMEDIÁRIO	TOCANTINS-ARAGUAIA	ARAGUAIA	596.260,37	558.196,64	1,02
MA	SEVERA	TOCANTINS-ARAGUAIA	ALTO TOCANTINS	351.635,13	556.219,84	1,84
MA	SEVERA	ATLÂNTICO NORDESTE OCIDENTAL	MEARIM	479.266,85	555.997,19	1,33
TO	SEVERA	TOCANTINS-ARAGUAIA	ARAGUAIA	563.058,79	555.374,92	0,97
BA	INTERMEDIÁRIO	SÃO FRANCISCO	MÉDIO SÃO FRANCISCO	153.789,41	309.410,50	2,00
MA	SEVERA	PARNAÍBA	ALTO PARNAÍBA	88.842,32	200.700,44	2,42
MA	INTERMEDIÁRIO	TOCANTINS-ARAGUAIA	ALTO TOCANTINS	91.106,53	190.168,34	1,72
MA	INTERMEDIÁRIO	PARNAÍBA	ALTO PARNAÍBA	78.493,76	181.034,51	2,54
MA	INTERMEDIÁRIO	ATLÂNTICO NORDESTE OCIDENTAL	MEARIM	53.898,27	96.345,07	1,89
BA	SEVERA	SÃO FRANCISCO	MÉDIO SÃO FRANCISCO	44.872,15	93.686,26	2,08
PI	INTERMEDIÁRIO	PARNAÍBA	ALTO PARNAÍBA	31.920,02	67.247,30	2,17
MA	INTERMEDIÁRIO	ATLÂNTICO NORDESTE OCIDENTAL	ITAPECURU	41.343,38	61.215,78	1,62
PI	SEVERA	PARNAÍBA	ALTO PARNAÍBA	20.823,30	47.512,72	2,32
MA	SEVERA	PARNAÍBA	MÉDIO PARNAÍBA	14.370,00	29.007,32	1,91
MA	SEVERA	PARNAÍBA	BAIXO PARNAÍBA	18.120,42	28.030,06	1,44
MA	INTERMEDIÁRIO	PARNAÍBA	BAIXO PARNAÍBA	6.555,28	11.359,38	1,68
MA	INTERMEDIÁRIO	PARNAÍBA	MÉDIO PARNAÍBA	3.171,91	6.180,08	1,64
TO	SEVERA	TOCANTINS-ARAGUAIA	ARAGUAIA	38,69	55,67	1,45
TO	SEVERA	TOCANTINS-ARAGUAIA	ALTO TOCANTINS	67,21	49,53	1,07
BA	INTERMEDIÁRIO	TOCANTINS-ARAGUAIA	ALTO TOCANTINS	17,30	48,06	2,23
TO	INTERMEDIÁRIO	TOCANTINS-ARAGUAIA	ALTO TOCANTINS	11,55	22,27	1,59
TO	INTERMEDIÁRIO	TOCANTINS-ARAGUAIA	ARAGUAIA	9,22	18,29	1,84
BA	INTERMEDIÁRIO	PARNAÍBA	ALTO PARNAÍBA	5,24	5,70	1,09
BA	SEVERA	PARNAÍBA	ALTO PARNAÍBA	2,69	2,92	1,09
				4.960.978,16	6.531.996,87	

Fonte: Elaboração do autor, 2024

A partir dos resultados, podemos observar que a quantidade total de calcário necessária para recuperação de aproximadamente 5 milhões de hectares de pastagens degradadas é de 6.531.996,87 toneladas. A distribuição espacial é bastante desigual, tanto em relação aos Estados quanto as macrorregiões hidrográficas e mesorregião hidrográfica, quanto em relação à classe de degradação da pastagem.



Análise por Estado, considerando as classes de degradação das pastagens:

- o estado do Maranhão (MA) é o que mais precisa de calcário, com 1.988.535 toneladas para pastagens com degradação severa e 546.303 toneladas para pastagens com degradação intermediária;
- o estado do Tocantins (TO) vem em seguida, com 1.711.530 toneladas de calcário para pastagens com degradação severa e 1.767.713 toneladas de calcário para pastagens com degradação intermediária;
- os estados da Bahia (BA) e do Piauí (PI) têm necessidades menores, variando de 47.512 a 309.464 toneladas de calcário.

Análise por Macrorregião Hidrográfica, considerando as classes de degradação das pastagens:

- a macrorregião hidrográfica que mais precisa de calcário é a do Tocantins-Araguaia, com 2.267.750 toneladas de calcário para pastagens com degradação severa e 1.957.930 toneladas de calcário para pastagens com degradação intermediária;
- em seguida, vem a região do Atlântico Nordeste Ocidental, que necessita de 1.174.578 toneladas de calcário para pastagens com degradação severa e 157.560 toneladas de calcário para pastagens com degradação intermediária;
- as demais regiões (São Francisco e Parnaíba) têm necessidades menores, variando de 93.686 a 309.410 toneladas de calcário, respectivamente.

Análise por Mesorregião Hidrográfica, considerando as classes de degradação das pastagens:

- a mesorregião do Alto Tocantins, no estado do Tocantins, apresenta a maior necessidade de calcário. Dentro da classe de pastagens com degradação intermediária são necessárias 1.209.500,00 toneladas de calcário e na classe de degradação severa 1.156.100,00 toneladas de calcário;
- a mesorregião do Araguaia, no Tocantins, também apresenta valores altos para ambas as classes de degradação 558.215,00 e 555.431,00 toneladas de calcário, respectivamente;
- as demais regiões apresentam valores consideravelmente menores em comparação com o Alto Tocantins;
- o Alto Parnaíba, na Bahia, possui a menor necessidade de calcário, com valores de 5,70 e 2,92 toneladas, para degradação intermediária e severa, respectivamente;



- a bacia do Itapecuru, no Maranhão, necessita de 61.215,80 toneladas de calcário para áreas com degradação intermediária e 618.581,00 toneladas de calcário para áreas com degradação severa;
- o Alto Parnaíba, no Piauí, a necessidade é de 67.247,30 toneladas para a degradação intermediária e 47.512,70 toneladas para severa, ambas no Alto Parnaíba.

A análise dos dados revela uma grande variação na aplicação de calcário entre as diferentes regiões e classes de degradação da pastagem. O Maranhão e Tocantins se destacam como os estados com maior aplicação total, enquanto o Piauí apresenta os menores valores. A macrorregião Tocantins-Araguaia lidera a aplicação, seguida pela Atlântico Nordeste Ocidental. Em nível de mesorregião, o Alto Tocantins e Araguaia apresentam as maiores quantidades aplicadas.

A maior parte da aplicação de calcário se concentra em áreas com pastagens severamente degradadas, o que indica um maior esforço para recuperar essas áreas. No entanto, a distribuição não é homogênea, e algumas regiões com pastagens degradadas apresentam baixos índices de aplicação de calcário, o que pode ser um indicativo da necessidade de intensificar os esforços de recuperação nessas áreas.

É importante ressaltar que essa análise se baseia apenas nos dados fornecidos e não considera outros fatores que podem influenciar a aplicação de calcário, como o clima, o relevo e o sistema de produção. Para um entendimento mais completo da dinâmica da aplicação de calcário nessas regiões, seria necessário um estudo mais aprofundado, levando em consideração esses e outros fatores relevantes.

5 CONCLUSÃO

Apesar de utilizar uma abordagem metodológica generalista, devido a limitação e disponibilidade de dados acerca das características dos solos, o presente trabalho lança luz sobre um tema fundamental para a conservação e manutenção do Cerrado do MATOPIBA. Os números apresentados, ainda que possam variar em detrimento de cálculos mais focados em determinadas áreas, servem como referência para planejamento e valoração de medidas para mitigar ou recuperar totalmente a degradação das pastagens em áreas prioritárias.



A recuperação de pastagens degradadas no MATOPIBA, com ênfase nas bacias hidrográficas estratégicas como Tocantins-Araguaia e Parnaíba, configura-se como um imperativo para a sustentabilidade regional. A intrincada rede hidrográfica da região, crucial para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, sofre impactos consideráveis decorrentes da degradação das pastagens.

A restauração dessas áreas, por meio da recomposição da cobertura vegetal e da implementação de práticas sustentáveis de manejo do solo e da água, fomenta a conservação dos recursos hídricos, a biodiversidade e a produtividade agropecuária. A melhoria da qualidade da água, a mitigação da erosão e do assoreamento, o incremento da infiltração e a recarga dos aquíferos constituem benefícios diretos da recuperação das pastagens, com repercussões positivas na saúde dos ecossistemas, na disponibilidade hídrica e na resiliência às mudanças climáticas.

A conscientização dos produtores rurais, o investimento em pesquisa e extensão rural e a articulação de políticas públicas são elementos cruciais para o êxito dessa iniciativa. A recuperação das pastagens no MATOPIBA representa um marco decisivo para um futuro mais próspero, sustentável e equilibrado, tanto para a região quanto para o Brasil.



REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. (1983). **O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento**. Revista Servidor Público, 40(1), 41-55.
- AB'SABER, A. N. (2007). **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial.
- EUCLIDES, V. P. B. (2010). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. São Paulo: FEALQ.
- FERREIRA, M. A., *et al.* (2017). **Adubação de pastagens no Cerrado: estratégias para aumentar a produtividade e a sustentabilidade**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 41(1), 1-13.
- MENEZES, R. S. C., *et al.* (2013). **Impacto da calagem na qualidade da água em microbacias do Cerrado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37(2), 511-520.
- OLIVEIRA, I. P., *et al.* (2020). **Recuperação de pastagens degradadas no Cerrado: uma revisão sistemática**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 55(3), e01862.
- PRIMAVESI, A. (2002). **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel.
- RIBEIRO, J. F., *et al.* (2018). **Técnicas de bioengenharia para a recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica: uma revisão**. Revista Árvore, 42(2), e420204.
- RODRIGUES, H. F., *et al.* (2016). **Calagem e adubação de pastagens no Cerrado: recomendações técnicas**. Embrapa Cerrados.
- SANTOS, G. R., *et al.* (2019). **Impactos da degradação das pastagens na biodiversidade do Cerrado: uma revisão sistemática**. Biota Neotropica, 19(3), e20180634.
- SILVA, D. M., *et al.* (2018). **Superpastejo e degradação de pastagens no MATOPIBA: causas, consequências e alternativas de manejo**. Revista Brasileira de Zootecnia, 47(3), 235-244.
- SILVA, F. A. M., *et al.* (2020). **Impactos da degradação das pastagens na qualidade da água em bacias hidrográficas do Cerrado**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 25, e36.
- SOUZA, L. C., *et al.* (2021). **Potencial de sequestro de carbono em pastagens recuperadas no MATOPIBA**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 45(2), e0200155.
- TORRES, F. S., *et al.* (2015). **Recuperação de pastagens degradadas no Cerrado com semeadura direta: avaliação de diferentes espécies forrageiras**. Revista Brasileira de Zootecnia, 44(11), 393-401.