

11º Encontro Nacional sobre Frutos Nativos

Densidade de palmeiras e avanço lenhoso em butiazais do Sul do Brasil: Implicações para manejo

Sosinski, Jr., E. E. ¹; Raguse-Quadros, M. ²; Barbieri, R. L. ¹; Urruth, L. M. ³

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Brasil 

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil 

³Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura, Porto Alegre, Brasil 

Editor

Maximiliano Dini 
Instituto Nacional de
Investigación
Agropecuaria (INIA),
Canelones, Uruguay

Gabriela Speroni 
Universidad de la
República, Montevideo,
Uruguay

Received 7 May 2025
Accepted 8 Aug 2025
Published 15 Oct 2025

Correspondence

Ênio Egon Sosinski Júnior
enio.sosinski@embrapa.br

Resumo

Os butiazais no Sul do Brasil são ecossistemas caracterizados pela predominância de palmeiras, destacando-se sobre campos nativos. Possuem relevância ecológica e socio-cultural, fornecendo serviços ecossistêmicos essenciais e contribuindo para a identidade cultural das comunidades locais. As atividades humanas têm sido determinantes na configuração e conservação desses ecossistemas, especialmente quando estão em mosaicos com florestas. Os municípios de Tapes e Barra do Ribeiro (Rio Grande do Sul) abrigam o maior remanescente de *Butia odorata* do Brasil. Este estudo investigou o papel da densidade de palmeiras no avanço da vegetação lenhosa em áreas abertas com campo nativo, especialmente próximas às bordas florestais. Foram utilizadas parcelas fixas georreferenciadas ao longo de um gradiente floresta-campo para quantificar a densidade de *Butia odorata*, árvores e arbustos. Modelos de regressão linear foram aplicados para avaliar a influência da densidade de palmeiras e da proximidade da borda florestal. A expansão da vegetação lenhosa entre 2003 e 2023 foi analisada com imagens de satélite e SIG. Os resultados indicaram uma associação positiva significativa entre a densidade de palmeiras e arbustos ($p = 0,006$), especialmente em áreas a menos de 100 m da borda florestal. A maior parte do avanço lenhoso ocorreu em áreas com alta densidade de palmeiras, sugerindo que estas atuam como plantas-berçário. Propõe-se a delimitação de uma Zona de Manejo Prioritário (ZMP) com base na densidade de palmeiras e na proximidade da floresta. Recomenda-se o manejo pecuário sustentável e práticas adaptativas para manter a estrutura campestre e garantir a regeneração das palmeiras.

Palavras-chave: butiazais, adensamento lenhoso, borda florestal, plantas-berçário, conservação de campos



Palm Density and Woody Encroachment in Southern Brazil: Management Implications for *Butia* Palm Groves

Abstract

Butia palm groves (*butiazais*) in southernmost Brazil are ecosystems characterized by the predominance of *Butia* palms standing out over native grasslands. They hold significant ecological and sociocultural relevance, providing essential ecosystem services and contributing to the cultural identity of local communities. Human activities have played a determining role in the configuration and conservation of these ecosystems, especially when they occur in mosaics with forests. The Brazilian municipalities of Tapes and Barra do Ribeiro (Rio Grande do Sul) host the largest remnant of *Butia odorata* in the country, representing one of the most expressive examples of this ecosystem. This study investigated the role of palm density in the encroachment of woody vegetation in open grassland areas, particularly near forest edges. Fixed georeferenced plots were used along a forest–grassland gradient to quantify the density of *Butia odorata*, trees, and shrubs. Linear regression models were applied to assess the influence of palm density and proximity to forest edges. The expansion of woody vegetation from 2003 to 2023 was analyzed using satellite imagery and GIS. Results indicated a significant positive association between palm and shrub density ($p = 0,006$), especially within 100 m of the forest edge. Most of the woody encroachment occurred in areas with high palm density, suggesting that palms act as nurse plants. A Priority Management Zone (PMZ) is proposed based on palm density and forest proximity. Sustainable grazing and adaptive management practices are recommended to maintain open grassland structure and ensure palm regeneration.

Keywords: palm groves, woody encroachment, forest edge, nurse plants, grassland conservation

Densidad de palmas y avance leñoso en palmares del sur de Brasil: Implicancias para manejo

Resumen

Los palmares (*butiazais*) en el sur de Brasil son ecosistemas donde predominan palmas sobre campos nativos, con gran relevancia ecológica y sociocultural. Proporcionan servicios ecosistémicos esenciales y fortalecen la identidad cultural de las comunidades locales. Las actividades humanas han sido determinantes en su configuración y conservación, especialmente en mosaicos con bosques. Los municipios de Tapes y Barra do Ribeiro (Río Grande del Sur) albergan el mayor remanente de *Butia odorata* en Brasil. Este estudio evaluó el papel de la densidad de palmas en el avance de la vegetación leñosa en campos abiertos cercanos a bordes forestales. Se instalaron parcelas fijas georreferenciadas a lo largo de un gradiente bosque-campo para cuantificar la densidad de *Butia odorata*, árboles y arbustos. Modelos de regresión lineal analizaron la influencia de la densidad de palmas y la proximidad al borde del bosque. La expansión de la vegetación leñosa entre 2003 y 2023 fue analizada mediante imágenes satelitales y SIG. Los resultados mostraron una asociación positiva significativa entre densidad de palmas y arbustos ($p = 0,006$), especialmente a menos de 100 m del borde del bosque. La mayor parte del avance leñoso ocurrió en zonas con alta densidad de palmas, sugiriendo su papel como plantas nodrizas. Se propone delimitar una Zona de Manejo Prioritario (ZMP) basada en la densidad de palmas y la cercanía al bosque. Se recomienda el pastoreo sostenible y prácticas adaptativas para mantener la estructura abierta del campo y favorecer la regeneración de las palmas.

Palabras clave: palmares, avance leñoso, borde forestal, plantas nodrizas, conservación de pastizales

1. Introdução

Os *butiazais* no extremo sul do Brasil são ecossistemas caracterizados pela predominância de palmeiras do gênero *Butia*, destacando-se sobre campos nativos. *Butia* possui distribuição Neotropical⁽¹⁾, com destacada representação no Cone Sul da América do Sul, com espécies formando *butiazais* em paisagens singulares, especialmente no Sul do Brasil, em diversas regiões do Uruguai e no nordeste da Argentina, onde são conhecidos como palmares⁽²⁾. No Brasil, os *butiazais* ocorrem em diferentes biomas (Pampa, Mata Atlântica e Cerrado), desde planícies costeiras até áreas serranas, refletindo a alta adaptabilidade das espécies do gênero *Butia* a distintos solos e condições climáticas⁽³⁾.

Os butiazais possuem relevância ecológica e sociocultural significativa, fornecendo serviços ecossistêmicos essenciais (frutos, paisagens, fixação de carbono) e contribuindo para a identidade das comunidades locais. A fauna nativa se beneficia da heterogeneidade estrutural desses ecossistemas, e as interações ecológicas entre a vegetação campestre e as palmeiras desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade regional⁽²⁾. Estes ecossistemas abrigam uma rica diversidade de espécies de flora e fauna associadas, incluindo gramíneas, asteráceas e leguminosas⁽⁴⁾. Os frutos, chamados “butiás”, são consumidos frescos ou utilizados como ingredientes culinários. As folhas são usadas para produzir objetos utilitários e decorativos⁽⁵⁾. Essas palmeiras possuem importância cultural e histórica para diversas populações locais, que é amplamente reconhecida na literatura e na música, como parte do imaginário cultural e identitário das pessoas que vivem nos territórios de ocorrência dos butiazais⁽⁶⁾.

A dinâmica histórica da vegetação do bioma Pampa, na qual os butiazais estão inseridos, é influenciada por uma complexa interação de fatores, incluindo variações paleoambientais, regime de fogo, atividades humanas e manejo do gado. Cerca de 20.000 anos atrás, durante o Último Máximo Glacial, quando as camadas de gelo e as geleiras em todo o mundo estavam em sua extensão máxima, período caracterizado por temperaturas mais baixas e condições mais secas, houve expansão das formações campestres. Com a transição para o Holoceno (período que iniciou há 12.000 anos e se estende até os dias atuais), o aquecimento gradual do globo favoreceu a expansão de táxons florestais sobre os campos. As condições climáticas ao longo do Holoceno desempenharam um papel crucial na distribuição geográfica dessas formações vegetais⁽⁷⁾. Porém, a vegetação campestre não foi completamente coberta por formações florestais porque as flutuações climáticas normais têm mantido um mosaico dinâmico entre florestas e campos até os dias atuais⁽⁸⁾.

Nesse contexto, as atividades humanas têm sido determinantes na configuração e conservação dos butiazais. Evidências arqueológicas indicam que essas palmeiras foram utilizadas por grupos humanos desde aproximadamente 9.000 anos atrás⁽⁹⁾. Com a introdução do gado bovino no Pampa pelos Jesuítas no século XVII e posterior desenvolvimento da pecuária no século XVIII⁽¹⁰⁾, o manejo do gado passou a influenciar diretamente a densidade das palmeiras em butiazais, uma vez que a intensificação do manejo tradicional da pecuária passou a inibir sua regeneração natural. Mais recentemente, pesquisas têm evidenciado que práticas conservacionistas adaptativas de manejo pecuário favorecem sua recuperação⁽¹¹⁾⁽¹²⁾. A preservação da configuração espacial dos butiazais (proximidade entre plantas) é crucial para garantir a polinização e a consequente persistência das populações de palmeiras⁽¹³⁾. Os regimes de distúrbios, como a frequência do fogo e a intensidade de pastejo, têm sido determinantes para a conservação dos ecossistemas de butiazais.

Os municípios brasileiros de Tapes e Barra do Ribeiro (Rio Grande do Sul) abrigam o maior remanescente de *Butia odorata* do país, constituindo um dos mais expressivos exemplos desse ecossistema⁽¹³⁾. *Butia odorata* se encontra ameaçado de extinção no Brasil⁽¹⁴⁾. Observações em campo por mais de uma década indicam que a colonização desses campos por plantas lenhosas florestais desde áreas adjacentes (Floresta de Restinga), pode ser facilitada pela maior densidade de palmeiras, que atuam como plantas-berçários devido às condições mais amenas sob suas copas⁽¹²⁾. Por outro lado, o recrutamento de plantas lenhosas é reduzido e a consequente colonização é retardada pelo efeito do gado ao pastear, uma vez que atualmente há uma ausência do uso do fogo na região. Historicamente, estes dois fatores de distúrbio (o pastejo e o fogo) atuaram como controladores do adensamento da biomassa aérea dos campos nativos do Sul do Brasil⁽⁷⁾. Atualmente, o uso adequado destas ferramentas de manejo tem permitido manter a conformação da estrutura da vegetação aberta (sem a qual o crescimento das novas palmeiras não é possível), assim como a biodiversidade típica do campo nativo⁽¹²⁾.

Diante desse contexto, a conservação dos butiazais atualmente requer uma abordagem integrada que considere aspectos ecológicos, sociais e econômicos⁽¹³⁾, além de estratégias adaptativas frente ao aquecimento global em aumento, cujos impactos sobre a biodiversidade do Pampa ainda são pouco conhecidos⁽¹⁵⁾.

Neste estudo, integram-se análises estatísticas e espaciais para investigar se a densidade de palmeiras acelera o adensamento da vegetação lenhosa em áreas abertas com campo nativo, especialmente próximas às bordas florestais. Também foi avaliada a possibilidade de que essa relação subsidie a indicação de manejo em zonas prioritárias com o objetivo de conservação dos butiazais.

2. Materiais e metodologias

2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na região conhecida como Butiazal de Tapes (30°31'45.54"S, 51°21'46.03"O), situada na planície costeira do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, na margem ocidental da Lagoa dos Patos. O local é um remanescente de savana arborizada dominada por *Butia odorata*, representando um ecossistema nativo do bioma Pampa com significativa diversidade florística. O relevo é suavemente ondulado, com altitudes em torno de 28 metros acima do nível do mar, assentando-se sobre depósitos pleistocênicos associados à Barreira I da CPRS (*Coastal Plain of Rio Grande do Sul*), compostos majoritariamente por areia quartzosa e argilas da família das caulinitas⁽³⁾. O clima da região é subtropical úmido do tipo Cfa (Köppen), com temperatura média anual de aproximadamente 18,5 °C e precipitação regular ao longo do ano, ultrapassando 1.400 mm anuais, o que favorece a formação de mosaicos campo-floresta e áreas paludosas. Tais condições tornam o local especialmente relevante para estudos ecológicos e paleoambientais⁽³⁾⁽¹²⁾.

2.2 Delineamento amostral

A coleta de dados foi realizada entre setembro de 2018 e setembro de 2019, em áreas campestres com ocorrência de *Butia odorata*, distribuídas em diferentes contextos de uso e manejo. Foram estabelecidas 18 parcelas fixas de 50 × 50 metros (2.500 m²), sendo 9 parcelas em áreas com manejo tradicional e 9 com manejo conservacionista. A vegetação foi amostrada mensalmente ao longo de 12 meses, permitindo a caracterização da estrutura da comunidade vegetal sob diferentes regimes de uso. Em cada parcela, foram registrados os indivíduos de palmeiras adultas, arbustos e árvores com altura superior a 1 metro.

A amostragem foi realizada por meio da instalação de parcelas fixas, georreferenciadas, com áreas variando entre 2.500 m² e 2827,43 m². As parcelas foram nomeadas individualmente (e.g., G4, M1, M2), e posicionadas ao longo de um gradiente de distância em relação à borda da vegetação florestal adjacente.

Foi adotada a amostragem aplicada por Souza e outros⁽¹²⁾, com parcelas de 50 × 50 metros distribuídas em gradientes de densidade de palmeiras e intensidade de pastejo, e distanciamento mínimo de 150 metros entre unidades amostrais para evitar autocorrelação espacial.

2.3 Coleta e padronização de dados

Em cada parcela, foram registradas variáveis estruturais e funcionais da vegetação, destacando-se: Densidade de *Butia odorata*: os indivíduos foram quantificados por parcela, sendo os valores convertidos para densidade por hectare (palmeiras/ha), conforme Souza e outros⁽¹²⁾; Densidade de Árvores e Arbustos: contabilização direta de indivíduos lenhosos, incluindo o estrato superior (altura ≥ 300 cm e DAP ≥ 5 cm) e estrato intermediário (altura entre 150 e 300 cm), com posterior extrapolação para valores por hectare; Presença e Densidade de Vegetação Arbustiva Baixa: considerando a vegetação lenhosa com altura inferior a 150 cm, amostrada em parcelas de 0,5 × 0,5 metros; Cobertura e Estrutura da Vegetação: qualificada por categorias ('Alta' ou 'Baixa'), enquanto a densidade foi também descrita quantitativamente (e.g., número de indivíduos, palmeiras/ha).

2.4 Análise dos dados

Para avaliar os fatores associados à variação na densidade de plantas lenhosas em áreas abertas de mosaico de campo nativo e floresta, foram ajustados modelos lineares simples e múltiplos do tipo mínimos quadrados ordinários (OLS), considerando como variáveis preditoras a densidade de palmeiras e a distância da borda da floresta, e como resposta a densidade de arbustos e árvores. Os modelos OLS são apropriados para investigar relações entre variáveis contínuas sob a suposição de linearidade e distribuição normal dos resíduos⁽¹⁶⁾.

Inicialmente, foram ajustados modelos lineares simples para verificar a relação entre a densidade de palmeiras e a densidade de árvores e arbustos, bem como entre a densidade dessas espécies lenhosas e a distância da borda da floresta. A significância estatística dos coeficientes foi avaliada por meio de testes t, considerando um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). A hipótese testada foi de que a proximidade com áreas florestais influenciaria o avanço das plantas lenhosas florestais sob as áreas de campestres. Para isso, foi incluída a variável distância da borda da floresta no modelo.

No entanto, a comparação entre o modelo linear simples, que utiliza apenas a densidade de palmeiras como preditor, e o modelo linear múltiplo, que inclui também a distância da borda, indicou uma melhora mínima no ajuste. A variável distância da borda não foi estatisticamente significativa no modelo múltiplo ($p = 0,529$), indicando que sua inclusão não contribui de forma relevante para explicar a variação da densidade de arbustos. Assim, a densidade de palmeiras permanece como o principal fator associado à presença de arbustos, e o modelo simples segue sendo a alternativa mais parcimoniosa. Todas as análises foram conduzidas no ambiente R⁽¹⁷⁾, utilizando as funções `lm()` para ajuste dos modelos e `anova()` para comparação entre eles.

A qualidade dos ajustes foi avaliada com base no coeficiente de determinação (R^2) e nos valores de p para os termos do modelo. Adicionalmente, foram inspecionados os gráficos de diagnóstico dos resíduos para verificar os pressupostos de normalidade, homocedasticidade e independência. Para verificar se esse padrão se traduzia também no avanço espacial da vegetação lenhosa ao longo do tempo, foi realizada uma análise geoespacial baseada na comparação dos limites florestais entre 2003 e 2023.

O objetivo foi identificar se o avanço ocorreu preferencialmente sobre áreas com alta densidade de palmeiras e dentro da faixa de transição entre floresta e campo. Foram realizadas análises espaciais com base em imagens de satélite e arquivos vetoriais no QGIS (versão 3.40). Camadas vetoriais representando os limites da floresta em 2003 e 2023 foram comparadas para identificar áreas de avanço da vegetação lenhosa sobre campos com butiás. A diferença espacial foi obtida por meio da operação de “Diferença” entre os polígonos de 2003 (representando áreas abertas com palmeiras) e os de 2023 (após o avanço da vegetação). A camada resultante foi convertida para geometrias de partes únicas, editada manualmente para remoção de feições residuais e polígonos muito finos — procedimento importante para evitar artefatos na delimitação espacial — e dissolvida para cálculo da área total de avanço.

Também foram criadas faixas de 100 metros a partir da borda florestal de 2003 e camadas representando áreas com alta densidade de palmeiras, ambas reconstruídas com base na situação anterior ao avanço. As interseções entre a área de avanço e essas faixas foram realizadas para quantificar a proporção do avanço em relação à borda florestal e à densidade de palmeiras. As áreas foram calculadas em hectares a partir das geometrias reprojatadas em sistema métrico (SIRGAS 2000 / UTM Zona 22S – EPSG:31982), adotado por garantir maior precisão nas medidas de área e compatibilidade com bases cartográficas oficiais da região.

3. Resultados

A **Tabela 1** mostra que apenas o modelo que relaciona a densidade de palmeiras com a densidade de arbustos apresentou significância estatística ($p = 0,006$), com uma associação positiva. As demais combinações testadas não apresentaram relações significativas, sugerindo uma associação específica entre palmeiras e arbustos. Esse padrão pode indicar que as palmeiras contribuem para a criação de microambientes mais favoráveis ao estabelecimento de arbustos, como sombreamento parcial, manutenção de umidade ou aporte de matéria orgânica. Por outro lado, não foi observada (**Figura 1**) relação significativa entre a densidade de palmeiras e a de árvores ($R^2 = 0,032$; $p = 0,478$), nem evidência de que a distância da borda da floresta esteja diretamente associada à distribuição de arbustos ($p = 0,925$) ou árvores ($p = 0,074$).

Tabela 1. Coeficientes dos modelos lineares simples entre densidade de palmeiras *Butia odorata*, presença de árvores e arbustos e fatores ambientais (distância de borda).

Modelo	Intercepto	Inclinação	R ²	Valor p
Arbustos ~ Palmeiras	104,593	3,784	0,385	0,006
Árvores ~ Distância da borda	14,431	-0,065	0,185	0,074
Arbustos ~ Distância da borda	11,074	-0,004	0,001	0,925
Palmeiras ~ Árvores	140,376	1,082	0,032	0,478

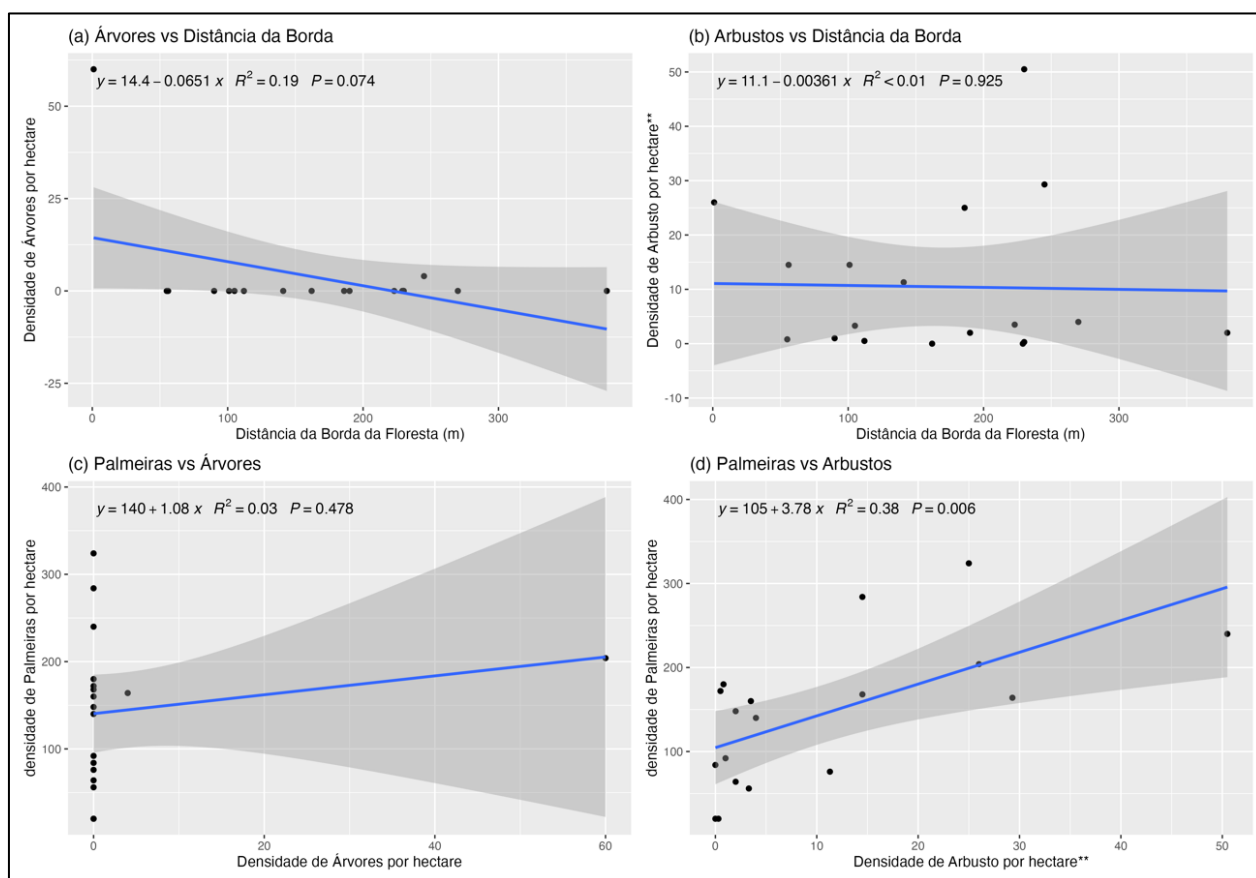


Figura 1. Relações lineares entre variáveis estruturais da vegetação e fatores ambientais ou bióticos. (a) Densidade de árvores em função da distância da borda da floresta; (b) Densidade de arbustos em função da distância da borda da floresta; (c) Densidade de palmeiras *Butia odorata* em função da densidade de árvores; (d) Densidade de palmeiras *Butia odorata* em função da densidade de arbustos. As linhas representam os ajustes dos modelos lineares, com respectivas equações, coeficiente de determinação (R^2) e valor-p para o teste de significância do modelo.

Apenas a relação entre palmeiras e arbustos foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$), indicando uma associação positiva entre essas duas variáveis. Diante dessa relação significativa, foi testada a hipótese de que a inclusão da distância da borda da floresta no modelo explicaria melhor a variação observada. A

Tabela 2 apresenta os resultados da comparação entre os modelos simples e múltiplo. A análise de variância entre modelos aninhados indicou que a inclusão da distância da borda da floresta não resultou em uma melhora significativa no ajuste do modelo ($p = 0,529$). O modelo simples com apenas a densidade de palmeiras é, portanto, o mais parcimonioso. Esse padrão reforça a hipótese de que os butiazeiros atuam como facilitadores ecológicos para outras espécies lenhosas no ambiente campestre.

Tabela 2. Comparação entre modelo linear simples e modelo linear múltiplo para explicar a densidade de arbustos, utilizando densidade de palmeiras e distância da borda da floresta como preditores.

Modelo	GL Residual	SQR Resíduos	Δ GL	SQR Explicada	F	Valor-p
Simple	16	2049,91				
Múltiplo	15	1994,64	1	55,27	0,42	0,529

Os resultados do modelo com termo de interação entre densidade de palmeiras e distância da borda são apresentados na **Figura 2**, que mostra a superfície tridimensional do efeito conjunto dessas variáveis sobre a densidade estimada de arbustos. O modelo sugere que a influência das palmeiras sobre a presença de arbustos varia ao longo do gradiente de distância da borda, embora o termo de interação não tenha sido estatisticamente significativo de forma isolada ($p = 0,316$), mas contribuiu para a melhora global do ajuste ($R^2 = 0,444$; $p = 0,037$).

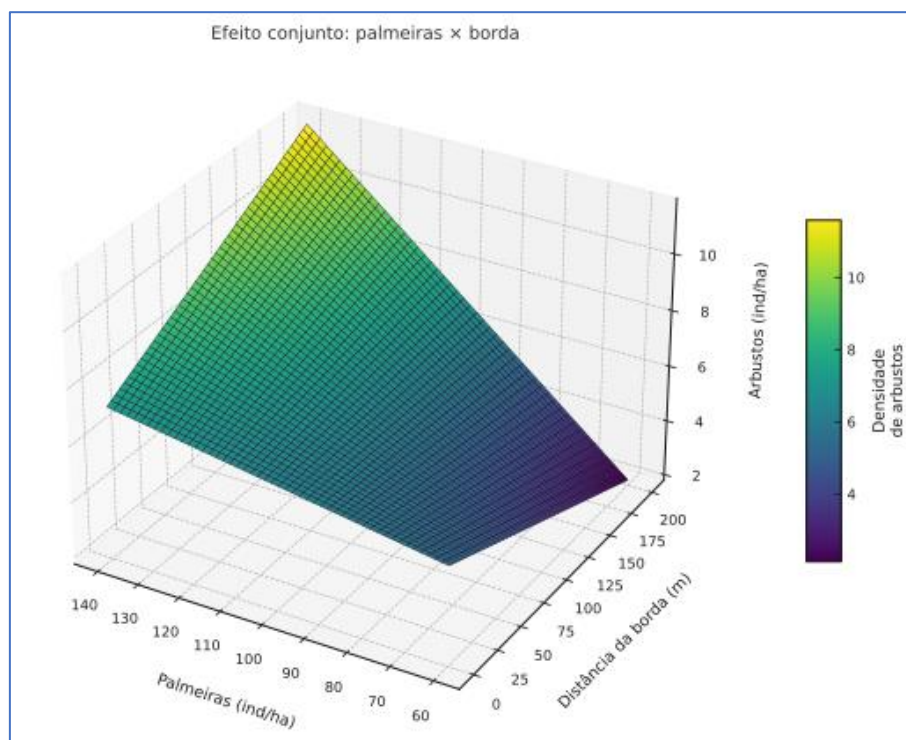
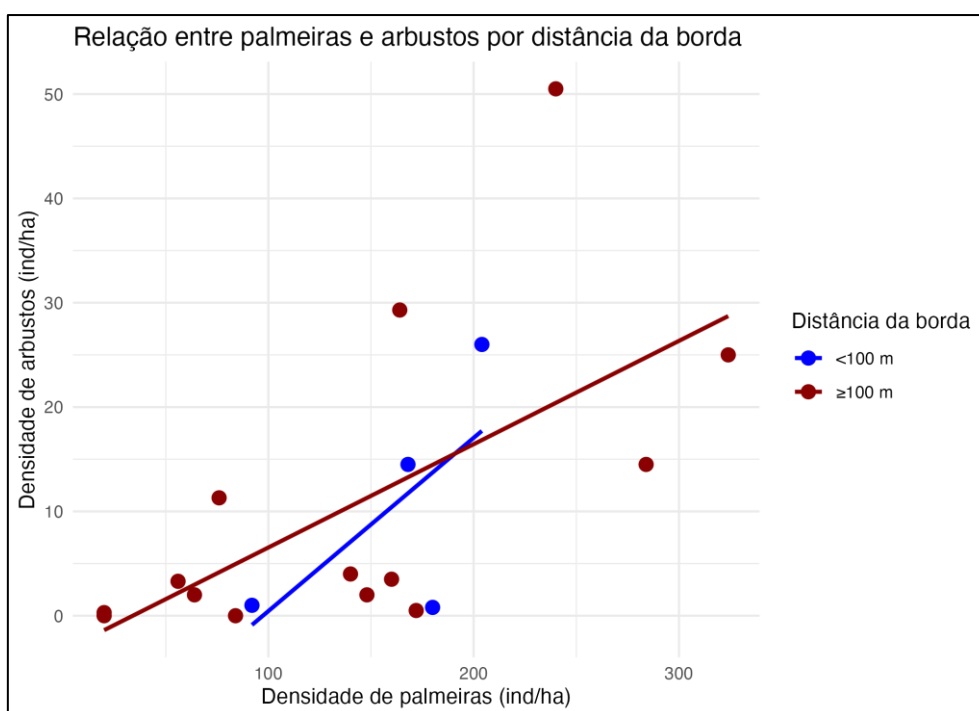


Figura 2. Superfície tridimensional representando o efeito conjunto da densidade de palmeiras *Butia odorata* (indivíduos por hectare) e da distância da borda da floresta (em metros) sobre a densidade estimada de arbustos em áreas

campestres. A superfície foi obtida com base em um modelo linear com termo de interação entre os dois preditores. As cores indicam o valor estimado da densidade de arbustos, com aumento progressivo em direção às tonalidades mais claras.

Para investigar se a relação entre palmeiras e arbustos varia conforme a distância da borda da floresta, foram ajustados modelos lineares separados para parcelas localizadas a menos de 100 metros e a 100 metros ou mais da borda (**Figura 3**). O modelo ajustado para as parcelas a menos de 100 metros indicou uma associação positiva e estatisticamente significativa entre a densidade de palmeiras e a de arbustos ($R^2 = 0,472$; $p = 0,011$), enquanto o modelo ajustado para parcelas a partir de 100 metros não apresentou significância estatística ($R^2 = 0,058$; $p = 0,534$). Esses resultados sugerem que o favorecimento da ocorrência de arbustos por palmeiras é intensificado na região mais próxima da borda da floresta, indicando um possível efeito de facilitação condicionado à posição espacial das parcelas.



indicando que a borda florestal, associada à presença de palmeiras, favorece processos de estabelecimento de arbustos em áreas de campo nativo.

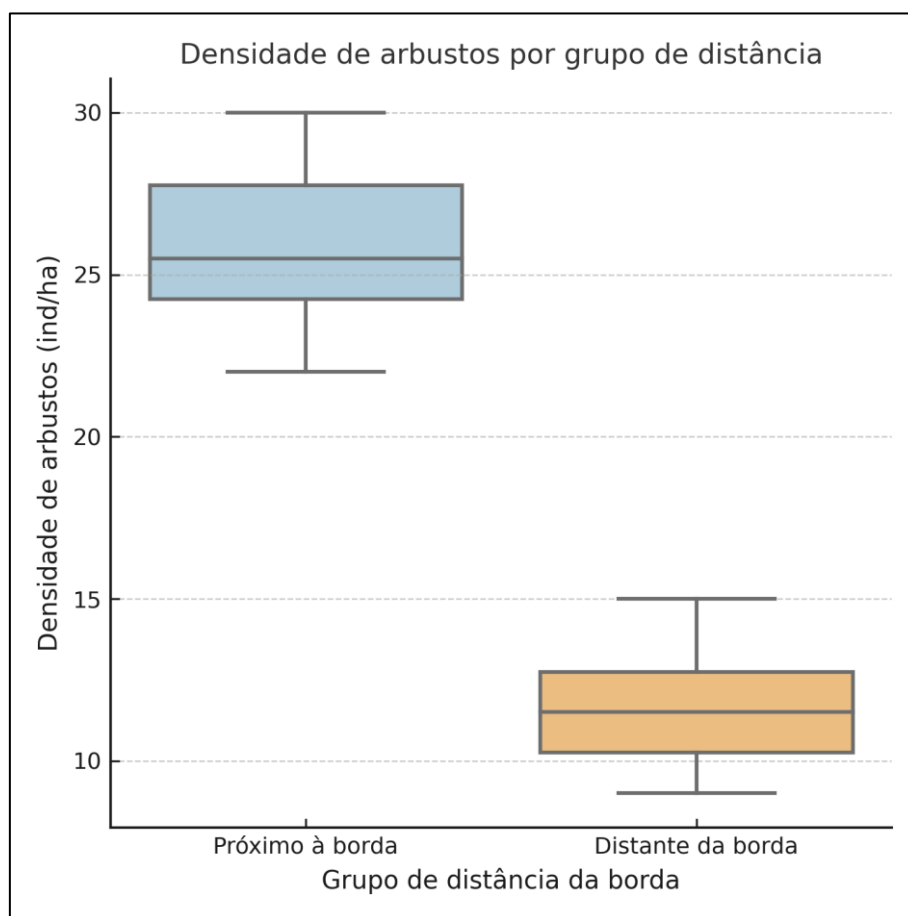


Figura 4. Boxplot mostrando a variação na densidade de arbustos (indivíduos por hectare) entre dois grupos de parcelas definidos com base na distância da borda da floresta: “Próximo à borda” (<100 metros) e “Distante da borda” (≥ 100 metros). As parcelas próximas à borda apresentaram, em média, maior densidade de arbustos, com maior amplitude de variação.

Por fim, na **Figura 5** é apresentado o painel de mapas com os limites florestais de 2003 e 2023, a área de avanço da vegetação lenhosa nesse período de 20 anos, a faixa de 100 metros a partir da borda florestal em 2003 e as zonas com alta densidade de palmeiras observada nas imagens. A sobreposição dessas camadas permitiu a delimitação da Zona de Manejo Prioritário (ZMP), indicada pela interseção entre a faixa de borda e as áreas densas em palmeiras. A **Tabela 3** resume as métricas associadas a essas áreas e sua contribuição relativa para o avanço de plantas lenhosas florestais sobre o campo registrado entre os dois períodos.

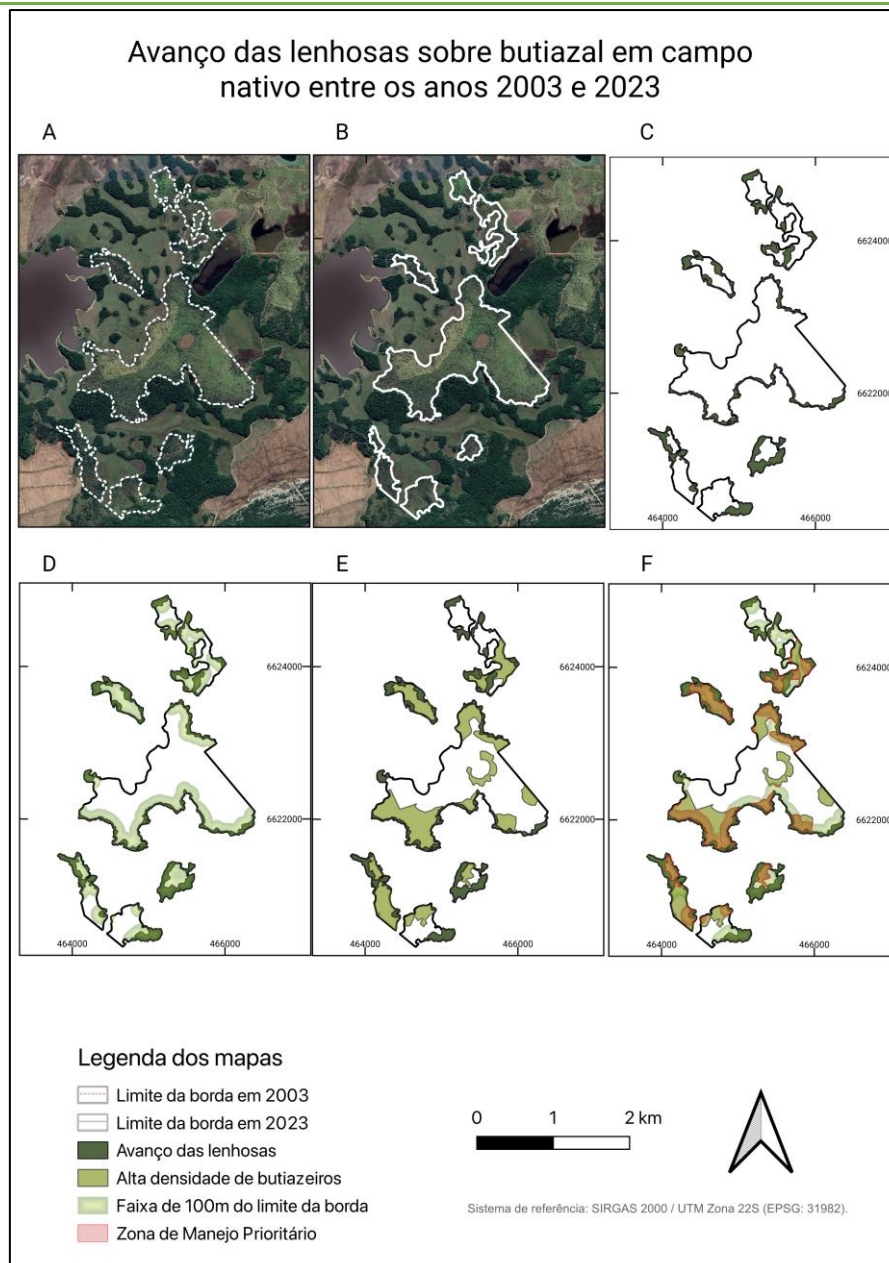


Figura 5. Painele de mapas representando o avanço da vegetação lenhosa entre 2003 e 2023 e sua relação com a borda da floresta e a distribuição de palmeiras *Butia odorata* no butiazal. A. Imagem do Google Earth de 2003 com limite da floresta nesse ano. B. Imagem de 2023 com o novo limite da floresta. C. Polígono da área total de avanço florestal (2003–2023), sobreposto aos limites anteriores. D. Faixa de 100 metros a partir da borda da floresta de 2003. E. Polígonos representando áreas com alta densidade de palmeiras. F. Zona de Manejo Prioritário, indicando região crítica para controle do adensamento lenhoso no campo.

Tabela 3. Áreas associadas ao avanço da vegetação lenhosa e à proposta de manejo.

Mapa	Área representada	Área (ha)	%
A	Butiazal em campo nativo no ano 2003	284,44	100
B	Butiazal em campo nativo no ano 2023	235,77	83
C	Avanço total da floresta (2003–2023)	47,05	17
D	Avanço da floresta sobre a faixa de 100 metros a partir da borda florestal de 2003	47,05	17
E	Avanço da floresta sobre as áreas com alta densidade de palmeiras	36,54	13
F	Interseção entre faixa de 100 metros e alta densidade de palmeiras (área prioritária)	55,30	19

4. Discussão

Os resultados deste estudo evidenciaram uma forte associação positiva entre a densidade de palmeiras e a densidade de arbustos em áreas abertas de campo nativo com butiazal em mosaico com floresta de restinga. Esse padrão sugere um papel facilitador das palmeiras do gênero *Butia* na dinâmica de expansão da vegetação lenhosa, possivelmente por meio da criação de microambientes favoráveis, com maior sombreamento, retenção de umidade e acúmulo de matéria orgânica⁽¹²⁾. Tais condições favorecem o estabelecimento e o crescimento de espécies arbustivas, conforme destacado em estudos anteriores sobre o papel ecológico dos butiazaís⁽²⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾, e para outras formações vegetacionais⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾.

As análises espaciais revelaram que a totalidade observada no avanço da vegetação lenhosa ocorrido entre 2003 e 2023 concentrou-se na faixa de 100 metros próxima às bordas das áreas florestais registradas em 2003. Mosaicos de vegetação aberta (Campos ou Savanas) e florestas ocorrem em muitas regiões tropicais e subtropicais, e o aumento na densidade de plantas lenhosas florestais nesses ambientes abertos tem sido observado mundialmente nos últimos 50 a 300 anos⁽²⁰⁾. Estudos paleoecológicos realizados confirmam a relevância histórica dessa faixa como uma área de transformação frequente entre formações campestres e florestais no Pampa, em resposta às variações climáticas e às intervenções humanas⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

Considerando que o clima atual favorece a vegetação florestal, sua expansão sobre os campos pode ocorrer tanto pela formação de núcleos florestais em meio a matriz campestre ou de forma gradual desde a borda florestal, sendo dependente da dispersão, estabelecimento, recrutamento, e nicho de regeneração adequado das espécies florestais⁽²⁰⁾, além do regime local de distúrbios. A síndrome de dispersão predominante para plantas lenhosas das florestas de restinga da Planície Costeira do Rio Grande do Sul é a Zoocoria⁽²¹⁾⁽²²⁾, padrão que se repete, de modo geral, para as Florestas Neotropicais⁽²³⁾. Considerando que a dispersão de sementes florestais no campo por vertebrados é potencialmente mais limitada em distância do que outras síndromes como a anemocoria⁽²⁴⁾, é esperado que a colonização das plantas lenhosas e o avanço florestal ocorra de forma gradual desde as bordas. No entanto, há que se considerar também a presença variável das palmeiras como facilitadoras da nucleação florestal no butiazal.

Especificamente, a maior parte do avanço lenhoso observado neste estudo (cerca de 78%) ocorreu em áreas que já apresentavam alta densidade de palmeiras em 2003. Isso indica que o pastejo do gado não tem sido elemento de distúrbio suficiente para conter a colonização de plantas lenhosas no campo. Os resultados indicam que as altas densidades de palmeiras podem acelerar o processo de avanço da vegetação lenhosa, especialmente na ausência de práticas adequadas de manejo⁽¹¹⁾⁽¹²⁾. Embora a elevada densidade de palmeiras observada possa ser interessante, em um primeiro momento, do ponto de vista da conservação de *Butia odorata*, ela pode ser uma ameaça para a biodiversidade local devido à catálise (aceleração) na nucleação florestal dos campos, e para a própria conservação das palmeiras, que não toleram o sombreamento causado pelas espécies florestais de maior porte⁽¹¹⁾.

Pesquisas recentes têm comprovado que a atividade pecuária é fundamental para a continuidade dos butiazaís, principalmente quando o manejo da intensidade do pastejo pelo gado leva em conta a densidade de palmeiras por hectare. Maior intensidade de pastejo deve ser aplicada em áreas com maior densidade de palmeiras, deixando as áreas menos densas para viabilizar a regeneração do butiazal através de manejo específico⁽¹²⁾⁽²⁵⁾.

No entanto, é possível que em alguns casos, seja necessária a introdução de elemento de distúrbio complementar ao pastejo, como o emprego de roçadas ou o uso do fogo. Deve-se observar que, em áreas com alta densidade de palmeiras, há uma limitação de espaço para a utilização de máquinas e roçadeiras, além do custo para a manutenção destes espaços sob controle de vegetação lenhosa. Frente a estes impeditivos, o manejador fica limitado ao uso de altas cargas animais em pastejo, mesmo que à custa da redução local do número de

recrutas de *Butia odorata*. Isso se justifica porque o objetivo principal é controlar a colonização de plantas lenhosas florestais nesses locais, pois as áreas destinadas para a renovação das populações de *B. odorata* são aquelas com baixa densidade de palmeiras por hectare⁽¹¹⁾⁽²⁵⁾.

Nesse contexto, o manejo conservativo, com exclusões temporárias de pastejo em períodos críticos, surge como uma estratégia possível para o controle do avanço lenhoso e para permitir a regeneração natural das palmeiras jovens. Souza e outros⁽¹²⁾ enfatizam que práticas de pastoreio conservacionista, incluindo períodos específicos de exclusão, podem conservar a estrutura campestre aberta, reduzir a competição das plantas herbáceas, especialmente gramíneas, com as palmeiras jovens, e evitar o adensamento lenhoso excessivo. Estudos anteriores mostram que essas exclusões temporárias durante períodos críticos como o inverno, ou fases iniciais de crescimento das palmeiras jovens, são fundamentais para o sucesso na recuperação dessas populações⁽¹¹⁾. Entretanto, estas práticas conservacionistas devem ser observadas por um curto período, não excedendo os 8 anos recomendados pelas pesquisas⁽¹¹⁾⁽²⁵⁾. Souza e outros⁽¹²⁾ observaram invasão de espécies lenhosas mesmo em áreas de baixa densidade de palmeiras. Portanto, é esperado que sob altas densidades tal avanço será mais acelerado, impondo um desafio para a conservação do butiazal.

Portanto, a delimitação de uma ZMP, identificada pela sobreposição da faixa de 100 metros e áreas com alta densidade de palmeiras, oferece uma base espacial objetiva para a implementação de práticas de manejo e controle da vegetação lenhosa mais intensivos. Essa proposta está em sintonia com recomendações anteriores de Rivas e outros⁽²⁶⁾, e Sosinski e outros⁽¹³⁾, que destacam a necessidade de estratégias integradas e adaptativas para a conservação eficaz dos butiazaís, envolvendo gestores, produtores rurais e comunidades locais em ações conjuntas.

Este estudo reforça a importância de uma abordagem integrada e multiescalar para o manejo dos butiazaís em campos nativos. Em vez de tratar o avanço de plantas lenhosas apenas como um problema, é essencial reconhecer sua dinâmica natural dentro dos mosaicos de campo e floresta do sul do Brasil. Eliminar toda a vegetação que avança rápido seria oneroso para os proprietários, e negativamente impactante à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos associados. A conservação efetiva dos butiazaís depende, portanto, do equilíbrio entre manutenção dos campos abertos e o manejo adaptativo das áreas críticas identificadas, garantindo tanto a conservação ecológica quanto a sustentabilidade socioeconômica das atividades produtivas locais associadas com a pecuária nesses sistemas naturais e culturais.

5. Conclusões

Os resultados deste estudo indicam que a densidade de palmeiras está positivamente associada ao adensamento de arbustos em áreas campestres, sugerindo um papel facilitador desse gênero na dinâmica da vegetação lenhosa. A hipótese de que a distância da borda da floresta influenciaria esse adensamento não foi confirmada pelos modelos estatísticos, embora a análise espacial tenha evidenciado que todo o avanço florestal ocorreu dentro da faixa de 100 metros a partir da borda de 2003. A interseção entre essa faixa e áreas com alta densidade de palmeiras abrangeu 87,3% do avanço lenhoso observado entre 2003 e 2023, reforçando a importância dessa zona como área crítica de transição. Com base nessas evidências, propõe-se a delimitação de uma zona de manejo prioritário para o controle do adensamento lenhoso em campos com butiazaís, como estratégia para a conservação da paisagem campestre e manutenção de seus serviços ecossistêmicos.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP – Ref. 2961/22), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Proc. 441493/2017-3, 315202/2018-1 e 140811/2020-6), pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), no âmbito do projeto Estratégias para Conservação, Restauração e Manejo da Biodiversidade da Caa-tinga, Pampa e Pantanal (GEF Terrestre), coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) e tendo o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) como agência implementadora e o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio) como agência executora. Também recebeu apoio por meio da política pública de Reposição Florestal Obrigatória da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul (SEMA/RS), com recursos da CPFL.

Transparência dos dados

Dados disponíveis: A totalidade dos dados que fundamenta os resultados do presente estudo foi publicado no próprio artigo.

Declaração de contribuição dos autores

	EE Sosinski Jr	M Raguse-Quadros	RL Barbieri	LM Urruth
Conceptualization				
Investigation				
Writing – original draft				
Writing – review and editing				

Referências

- (1) Soares KS. Le genre Butia. Vol. 1. Rio de Janeiro: Princeps; 2015. 57p.
- (2) Rivas M, Dabiezies JM, del Puerto L. Historical evolution and multidimensional characterisation of the butia palm landscape: a comprehensive conservation approach. Land (Basel). 2023;12(3):648. Doi: 10.3390/land12030648.
- (3) Salgado ET, Mizusaki AMP, Chueng KF, Coe HHG, Pacheco Evaldt AC, Bauermann SG. Holocene palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of a native ecosystem on the coastal plain of southern Brazil through multi-proxy analysis. J South Am Earth Sci. 2021;106:103067. Doi: 10.1016/j.jsames.2020.103067.
- (4) Marchi MM, Barbieri RL, Sallés JM, Costa FA da. Flora herbácea e subarbustiva associada a um ecossistema de butiazal no Bioma Pampa. Rodriguésia. 2018;69(2):553-60. Doi: 10.1590/2175-7860201869221.
- (5) Barbieri RL, Büttow MV, Schwartz E, Márcia V, Farias Singer R. Butiá. In: Lopes R, de Oliveira MSP, Cavallari MM, Barbieri RL, da Conceição LDHCS, editors. Palmeiras nativas do Brasil. Brasília: Embrapa; 2015. p. 179-209.
- (6) Dabiezies J. Negotiating the taskscape: relocating human-environmental relationships in conservation proposals around palm forests in Uruguay. Conserv Soc. 2019;17(3):236-49.
- (7) Behling H, Pillar VD, Overbeck GE. Dynamics of South Brazilian grasslands during the late quaternary. In: Overbeck GE, Pillar VP, Müller SC, Bencke GA, editors. South Brazilian grasslands: ecology and conservation of the campos sulinos. Cham: Springer; 2023. p. 83-99.

- (8) Salgado ET, Costa CS, Kubo RR, Mizusaki AMP, Coe HHG. The paths of the Butia palm grove: environmental and climatic evolution since the last Glacial maximum, and the first ethnoecological interactions with the plant in the Pampa. *J South Am Earth Sci.* 2024;143:105014. Doi: 10.1016/j.jsames.2024.105014.
- (9) López Mazz JM. Early human occupation of Uruguay: radiocarbon database and archaeological implications. *Quat Int.* 2013;301:94-103. Doi: 10.1016/j.quaint.2012.07.004.
- (10) Porto A. História das missões orientais do Uruguai. 2a ed. Vol. 1. Porto Alegre: Selbach; 1954. 452p.
- (11) Sosinski EE Jr, Barbieri RL, Rivas M. Pecuária em campo nativo: uma aliada na restauração dos Butiazais. In: Hilgert NI, Pochettino MI, Bermejo JEH, editors. *Palmeras nus al sur de la América Austral*. [place unknown]: CYTED; 2020. p. 181-94.
- (12) Souza GC, Jarenkow JA, Raguse-Quadros M, Maldonado G, Urruth LM, Sosinski EE Jr, Oliveira JM. Palm density and grazing effects on plant communities: implications for livestock management in a Butia palm grove. *An Acad Bras Cienc.* 2023;95(3):e20220853. Doi: 10.1590/0001-3765202320220853.
- (13) Sosinski EE, Urruth LM, Barbieri RL, Marchi MM, Martens SG. On the ecological recognition of Butia palm groves as integral ecosystems: Why do we need to widen the legal protection and the in situ/on-farm conservation approaches? *Land Use Policy.* 2019;81:124-30. Doi: 10.1016/j.landusepol.2018.10.041.
- (14) Rio Grande do Sul (BR). Espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul. Decreto no 52.109. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul; 2014. 34p.
- (15) Malecha A, Manes S, Vale MM. Climate change and biodiversity in Brazil: what we know, what we don't, and Paris Agreement's risk reduction potential. *Perspect Ecol Conserv.* 2025;23:77-84. Doi: 10.1016/j.pecon.2025.03.004.
- (16) Kutner M, Nachtsheim C, Neter J. Applied linear regression models. 4th ed. Boston: MacGraw-Hill; 2004. 701p.
- (17) R Core Team. R: a language and environment for statistical computing [Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2022 [cited 2025 Aug 18]. Available from: <https://www.R-project.org/>
- (18) Duarte LS, Carlucci MB, Hartz SM, Pillar VD. Plant dispersal strategies and the colonization of Araucaria forest patches in a grassland-forest mosaic. *J Veg Sci.* 2007;18(6):847-58. Doi: 10.1111/j.1654-1103.2007.tb02601.x.
- (19) Duarte LDS, Dos-Santos MMG, Hartz SM, Pillar VD. Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. *Austral Ecol.* 2006;31(4):520-8. Doi: 10.1111/j.1442-9993.2006.01602.x.
- (20) Müller SC, Overbeck GE, Pfadenhauer J, Pillar VD. Woody species patterns at forest-grassland boundaries in southern Brazil. *Flora Morphol Distrib Funct Ecol Plants.* 2012;207(8):586-98. Doi: 10.1016/j.flora.2012.06.012.
- (21) Scherer A, Maraschin-Silva F, de Moura Baptista LR. Florística e estrutura do componente arbóreo de matas de Restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. *Acta Bot Bras.* 2005;19(4):717-26. Doi: 10.1590/S0102-33062005000400006.
- (22) Santos R, Silva RC, Pacheco D, Martins R, Citadini-Zanette V. Florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de mata de restinga arenosa no Parque Estadual de Itapeva, Rio Grande do Sul. *Rev Árvore.* 2012;36(6):1047-60. Doi: 10.1590/S0100-67622012000600006.
- (23) Peres CA, van Roosmalen M. Primate frugivory in two species-rich neotropical forests: implications for the demography of large-seeded plants in overhunted areas. In: Levey DJ, Silva RW, Galett M, editors. *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. Wallingford: CABI Publishing; 2002. p. 407-21.
- (24) Dias CR, Umetsu F, Breier TB. Contribuição dos poleiros artificiais na dispersão de sementes e sua aplicação na restauração florestal. *Ciênc Florest.* 2014;24(2):501-7. Doi: 10.5902/1980509814590.
- (25) Rivas M, Barbieri RL. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do Butiá. Brasília: Embrapa; 2014. 59p.
- (26) Rivas M, Filippini JM, Cunha H, Hernández J, Resnichenko Y, Barbieri RL. Palm forest landscape in Castillos (Rocha, Uruguay): contributions to the design of a conservation area. *Open J For.* 2017;7(2):97-120. Doi: 10.4236/ojfor.2017.72007.