












Edição Especial

Trocas de CO₂ em pastagens naturais do bioma Pampa com criação de gado de corte sob manejo rotacionado

CO₂ exchange in natural pastures of the Pampa biome raising beef cattle under rotational management

Aleksander Mergen¹, Gustavo Pujol Veeck¹, Valério de Patta Pillar^{1,2},
Rodrigo Baggio², Fernando Luiz Ferreira de Quadros¹, Luciana Marin¹,
Vanessa de Arruda Souza¹, Michel Baptistella Stefanello¹,
Maria Eduarda Oliveira Pinheiro¹, Daniele Morgenstern Aimi¹,
Débora Regina Roberti¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

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

RESUMO

A relação entre produção de alimentos e a preservação do meio ambiente tem se tornado um tema de debate internacional, principalmente relacionado a emissões de gases do efeito estufa. Desta forma, torna-se cada vez mais importante conhecer potenciais fontes e sumidouros destes gases, avaliando principalmente o balanço de Carbono em área de agricultura e pecuária. No Rio Grande do Sul a atividade agropecuária é extremamente importante, cultural e economicamente, ocupando grande parte do estado, principalmente dentro do bioma Pampa, este que conta com grandes áreas de pastagens naturais aptas a servirem de forragem para os animais. Neste trabalho, quantificamos as trocas de CO₂ através da metodologia Eddy Covariance em dois sítios experimentais de pastagem nativa do bioma Pampa utilizados para criação de gado, no sistema rotativo, que visa manter a diversidade da pastagem nativa. Com dados de um ano, mostramos que ambos os sítios foram sumidouros de CO₂, variando de -82,4 g C m⁻² a⁻¹ a -282,3 g C m⁻² a⁻¹, devido às diferenças nas condições ambientais e composição da vegetação. Assim, a criação de gado em pastagem natural do bioma pampa pode contribuir para compensar as emissões de gases do efeito estufa em outros setores da agropecuária.

Palavras-chave: Bioma Pampa; Torre de fluxo; Balanço de carbono

ABSTRACT

The relationship between food production and the preservation of the environment has become a topic of international debate, mainly related to greenhouse gas emissions. In this way, it became increasingly

important to know potential sources and sinks of these gases, mainly evaluating the carbon balance in the area of agriculture and livestock. In Rio Grande do Sul, agricultural activity is extremely important culturally and economically, occupying a large part of the state, mainly within the Pampa biome, which has large areas of natural pastures capable of serving as fodder for animals. In this work, we quantified the exchange of CO₂ through the Eddy Covariance methodology in two experimental sites of native pasture of the Pampa biome used for cattle raising, in the rotating system, which aims to maintain the diversity of the native pasture. With one-year data we showed that both sites were CO₂ sinks, ranging from -82,4 g C m⁻² a⁻¹ to -282,3 g C m⁻² a⁻¹, due to differences in environmental conditions and vegetation composition. Thus, raising cattle on the natural pasture of the pampa biome can contribute to offsetting greenhouse gas emissions in other agricultural sectors.

Keywords: Pampa biome; Flux tower; Carbon balance

1 INTRODUÇÃO

O potencial de sequestro de carbono de pastagens pode desempenhar um papel importante na mitigação das emissões totais de gases de efeito estufa nos sistemas de produção pecuária (Soussana; Tallec; Blanfort, 2010). Estudos têm mostrado resultados variáveis, relatando locais que atuam como sumidouros (Gomez-Casanovas *et al.*, 2018; Rutledge *et al.*, 2017), fontes (Veenendaal *et al.*, 2007), e carbono neutro (Prescher; Grünwald; Bernhofer, 2010). No entanto, a troca de gases do efeito estufa nos campos da América do Sul, utilizados para pecuária, não tem sido amplamente avaliada.

Os Campos Sulinos representam uma das áreas de campos temperados e subtropicais mais importantes do mundo (Royo Pallares *et al.*, 2005), localizados na América do Sul, compreendendo o Uruguai, o norte da Argentina e o Sul do Brasil, onde a região está incluída no chamado bioma Pampa. O bioma Pampa está situado no sul do Brasil e ocupa uma área de 63% do estado do Rio Grande do Sul (Boldrini, 2010). A vegetação de suas pastagens possui como característica distinta a dominância de espécies de gramíneas com metabolismo C₄, coexistindo com espécies C₃ (Royo Pallares *et al.*, 2005; Jaurena *et al.*, 2021), e atualmente são fonte de forragem para cerca de 14 milhões de animais, principalmente bovinos e ovinos no sul do Brasil (IBGE, 2020).

O pastoreio destas pastagens contribui para a manutenção da estrutura, fisionomia e diversidade das comunidades vegetais (Lezama *et al.*, 2014), e potencializa a absorção

de CO₂ pelo ecossistema (Gomez-Casanovas *et al.*, 2018). No entanto, a utilização de uma taxa animal e sistema de pastejo adequados são de extrema importância para evitar a degradação e a perda de qualidade da pastagem (Holecheck; Galt, 2000). Uma alternativa é o sistema de pastoreio rotativo, no qual as pastagens são divididas em piquetes, onde os animais pastejam de forma rotacionada, possibilitando intervalos de recuperação antes de um novo pastejo (Broadbent *et al.*, 2019). Estudos conduzidos em sistema rotativo nos campos do Bioma Pampa mostram um aumento da produção animal, conservando a diversidade da vegetação nativa (Barbieri *et al.*, 2015).

O objetivo deste trabalho é avaliar as trocas de CO₂ entre a superfície e a atmosfera do ano de 2020 em dois sítios experimentais de pastagem nativa do bioma Pampa (Santa Maria-RS e Aceguá-RS), utilizados para a criação de gado de corte sob sistema rotativo, utilizando a metodologia Eddy Covariance, para mensurar a capacidade de sequestro/emissão de CO₂, a fim de contribuir aos esforços regionais de preservação e conservação da vegetação nativa no bioma Pampa, aliadas à produção de gado.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição dos sítios experimentais

O sítio experimental de Santa Maria-RS (SM) possui uma área total de 12 hectares (ha) de pastagem nativa do bioma Pampa, subdividida em piquetes de 0.5 ha utilizados para criação de bovinos de corte, localizada dentro da Universidade Federal de Santa Maria, município de Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil. Na área experimental foi conduzido um sistema de manejo rotacionado de pastejo, com descanso de 750 graus dia entre os piquetes. Uma completa descrição da condução do manejo rotativo nesta área é encontrada em Barbieri *et al.* (2015). Detalhes sobre o tipo de vegetação e solo do sítio estão descritos em Barbieri *et al.* (2015) e em Kuinchtner *et al.* (2018).

O sítio de Aceguá-RS (AC) faz parte da rede PELD (Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração) e está localizado em uma propriedade particular no município de Aceguá -RS. A área total do sistema é de 18 ha, subdividido em piquetes de 2 ha, utilizado para pastejo do gado com descanso de 550 graus dia entre os piquetes. Uma descrição completa do experimento pode ser encontrada em Maboni (2021). Detalhes sobre a vegetação da pastagem natural do sítio foram descritos por Baggio (2017).

Em ambos os sítios, foi instalada uma torre de fluxo composta de anemômetros sônicos e analisador de gases (CO₂/H₂O), para coleta de dados em alta frequência (10Hz), e sensores atmosféricos e de solo padrão. A descrição completa das configurações das torres de fluxos e dos sensores instalados nos sítios SM e AC pode ser encontrada nos trabalhos Mergen (2022) e Maboni (2021), respectivamente. Os sítios experimentais encontram-se cerca de 300 km distantes um do outro e o clima predominante em ambos é subtropical úmido do tipo "Cfa", de acordo com a classificação de Köppen (Kottek *et al.*, 2006), caracterizado por ter as estações bem definidas, atingindo altas temperaturas no verão (acima de 35°C) e invernos amenos sujeitos a ocorrência de fenômenos de geadas, com pluviosidade regular entre os meses.

2.2 Processamentos dos dados e particionamento do NEE

O processamento dos dados de alta frequência foi realizado usando a técnica Eddy Covariance (EC) através do software EddyPro[®], v7.0.6 (LI-COR Biosciences, Lincoln, Nebraska, EUA) para estimativa dos fluxos superficiais de CO₂ (troca líquida de CO₂ do ecossistema, NEE). Para o cálculo dos fluxos foi adotada a média em bloco de 30 minutos e aplicadas as seguintes correções: rotação dupla (Wilczak; Oncley; Stage, 2001); correções para efeitos de densidade (Webb; Pearman; Leuning, 1980); atenuação de fluxo devido à configuração instrumental (Gash; Culf, 1996); correções devido a filtros de passa alta (Moncrieff *et al.*, 1997) e passa baixa (Moncrieff *et al.*, 2004); filtragem de dados de alta frequência (Vickers; Mahrt, 1997).

Neste estudo, utilizamos a metodologia de (Foken *et al.*, 2004) removemos os fluxos de baixa qualidade. Os fluxos foram descartados em eventos de precipitação e na meia hora posterior, para secagem do instrumento. Foi utilizado um controle estatístico seguindo Béziat; Ceschia; Dedieu (2009), ou seja, dados fora de uma faixa de desvio padrão de $\pm 2,5$ da janela móvel de 200 pontos de dados (separadamente para dados diurnos e noturnos) foram identificados como espúrios e removidos. O NEE foi filtrado para remover observações feitas sob condições de baixa turbulência com base no critério u^* -threshold (Papale *et al.*, 2006). As lacunas nos dados de fluxo de NEE foram preenchidas através do pacote Reddyproc (Max Planck Institute for Biogeochemistry, Germany) usando o método descrito por Wutzler *et al.* (2018).

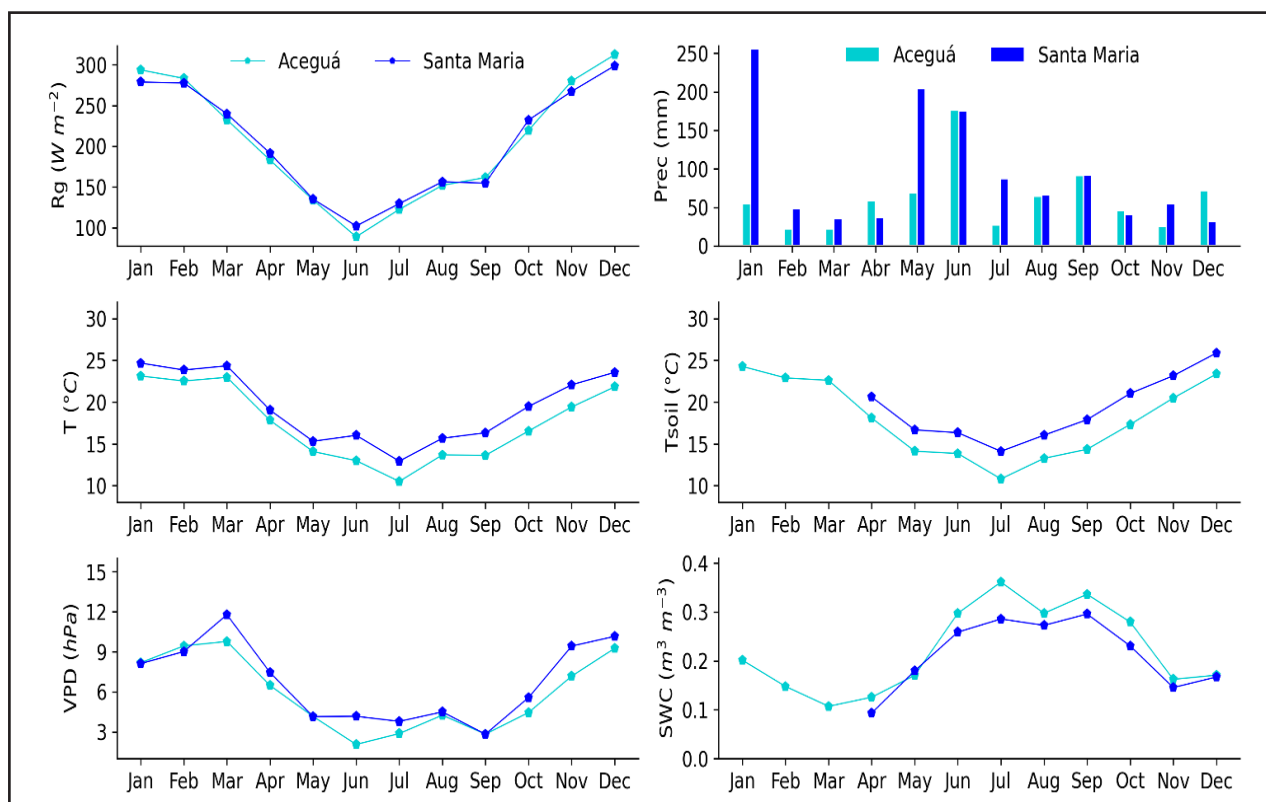
O NEE foi particionado entre Produção Primária Bruta (GPP) e Respiração Total do Ecossistema (RECO) pelo método descrito por Reichstein *et al.* (2005) através do pacote Reddyproc (Max Planck Institute for Biogeochemistry, Germany). O método de particionamento de fluxo é baseado em um modelo de regressão que usa a relação entre a NEE noturno e a temperatura do ar para determinar a sensibilidade da Reco à temperatura.

3 RESULTADOS

3.1 Condições climatológicas

As médias mensais das variáveis meteorológicas para cada sítio experimental são exibidas na Figura 1. A radiação incidente sobre os dois sítios é muito semelhante na média mensal, no entanto as temperaturas do ar e do solo no sítio SM são ligeiramente superiores, cerca de 2°C na média para período analisado. Devido a uma atualização nos sensores de solo, tivemos uma falha de três meses nos dados de temperatura e umidade do solo do sítio SM.

Figura 1 – Apresentação das variáveis meteorológicas para os sítios experimentais



Fonte: Autores/as (2022)

Legenda: A linha com ponto na cor azul escuro representa o sítio experimental de Santa Maria; a linha com ponto azul claro representa o sítio experimental de Aceguá

No ano analisado, os sítios passaram por um período de escassez hídrica no início e final do ano. Embora o sítio SM apresentou um alto volume de chuva no mês de janeiro, os meses seguintes tiveram precipitação abaixo da média, levando a umidade do solo a índices abaixo de $0.19 m^3 m^{-3}$ nos meses de abril, maio, novembro e dezembro, que, segundo Zimmer *et al.* (2020), caracteriza o solo da área como seco. Esta escassez hídrica é observada também pelo aumento do VPD nos meses de março, novembro e dezembro. O sítio AC possui um comportamento semelhante visto que os meses de fevereiro a maio e novembro e dezembro também apresentam umidade do solo relativamente baixa e volumes pluviométricos pouco expressivos no início do ano.

3.2 Dinâmica do NEE

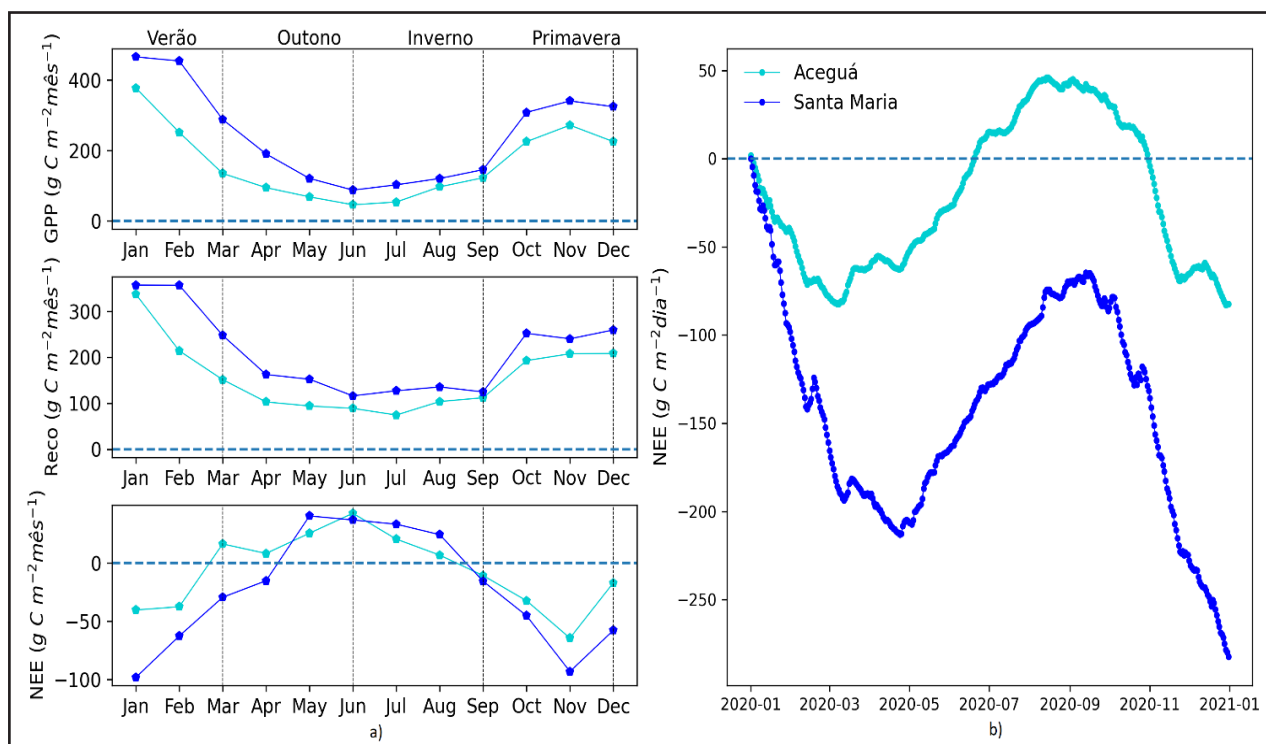
A dinâmica das componentes do NEE apresentada na Figura 2a mostra que o sítio SM apresenta valores mais elevados de GPP e Reco que o sítio AC. Isso pode estar relacionado ao maior período de descanso da pastagem de SM entre os pastoreios, que pode proporcionar um maior crescimento das gramíneas, aumentando, assim, sua capacidade fotossintética e, conseqüentemente, sua respiração. Ambos os sítios possuem padrões semelhantes quanto ao NEE, sendo de emissão (valores positivos) durante o período de estação fria, que compreende aos meses de maio a agosto, e de absorção (valores negativos) na estação quente, de setembro a abril. No início da estação fria, as gramíneas diminuem sua atividade tanto fotossintética quanto respiratória devido às baixas temperaturas (Royo pallares *et al*, 2005) e eventuais fenômenos de geadas. A inversão no NEE entre estação quente e a fria ocorre de forma antecipada tanto no sítio AC quanto no SM, possivelmente causada pela escassez de água para as gramíneas nos meses de fevereiro e março. Com o início da estação quente, que vai de setembro ao final de março, inicia uma fase de rebrota e desenvolvimento das gramíneas, que elevam a capacidade de assimilação de carbono pelo ecossistema. Na Figura 2a observamos que neste período ocorre novamente a inversão do NEE, tornando o ecossistema um absorvedor de carbono.

3.3 NEE acumulado

O acumulado de NEE durante o período analisado, exibido na figura 2b, mostra que os dois sítios atuaram como absorvedores de CO₂ atmosférico, sendo que SM absorveu um total de -282,3 g C m⁻² a⁻¹ e Aceguá -82,4 g C m⁻² a⁻¹. Existe diferença entre as capacidades de absorção de carbono entre os sítios, sendo que SM mostra um maior potencial absorvedor, que pode estar relacionado a diversos fatores ambientais, como pluviosidade, temperatura e radiação incidente. O sítio SM apresentou acumulado de quase 400mm de chuva a mais que AC em 2020 (SM = 1130.4 mm; AC = 731.5 mm), além de uma média de temperatura do ar e do solo, cerca de 2°C maiores que AC.

Estes fatores influenciam diretamente no desenvolvimento das gramíneas (Hoeppe; Dukes, 2012) e no sistema de manejo do gado, influenciando o pastoreio e o contínuo crescimento das gramíneas.

Figura 2 – (a) Valores mensais de GPP, Reco e NEE; (b) Acumulado diário de NEE para os sítios experimentais de AC e SM



Fonte: Autores/as (2022)

Legenda: A linha com ponto na cor azul escuro representa o sítio experimental de Santa Maria; a linha com ponto azul claro representa o sítio experimental de Aceguá

4 DISCUSSÃO

Como os sítios SM e AC pertencem ao mesmo bioma e possuem características de pastagem e de manejo semelhantes, é natural que se observe alguns padrões semelhantes na dinâmica do NEE, como por exemplo uma maior absorção no período primavera-verão e uma inversão na estação outono-inverno, tornando os ecossistemas emissores. No entanto, pequenas alterações no manejo da

pastagem ou fatores climatológicos, como a maior temperatura e pluviosidade podem alterar a dinâmica das trocas de carbono (Rutledge *et al.*, 2017).

Contudo, os dois sítios mostraram grande potencial absorvedor de CO₂, como observado pelo acumulado anual de NEE. No entanto, neste estudo não avaliamos as emissões de CH₄, que é um importante gás do efeito estufa, pois tem um potencial de aquecimento global 28 vezes maior que o CO₂ e é principalmente emitido pela fermentação entérica dos ruminantes. Cezimbra *et al.* (2021) estimou a emissão de CH₄ por bovinos de corte em um ecossistema de pastagens nativas do Bioma Pampa no Sul do Brasil e encontrou uma emissão por área de aproximadamente 55.7 kg CH₄ ha⁻¹ a⁻¹ (1559.6 kg CO₂-eq ha⁻¹a⁻¹) para uma oferta de forragem similar aos sítios avaliados neste trabalho e animais com semelhante idade, peso e raça. Podemos converter o CH₄ em CO₂-eq e utilizar essa taxa de emissão de metano para calcularmos um potencial de aquecimento global dos gases (GWP), dos gases CO₄ e CH₄ para os resultados obtidos neste trabalho (GWP = NEECO₂ + CH₄CO₂-eq), convertendo o NEE em CO₂ ha⁻¹a⁻¹, temos que o GWP para o sítio SM foi de -8792,3 kg CO₂-eq ha⁻¹a⁻¹ e para o sítio AC de -1462 kg CO₂-eq ha⁻¹a⁻¹. Assim, o pastoreio nas pastagens naturais do Bioma Pampa compensa as emissões de metano pelos animais, resultando ainda num saldo de absorção de Carbono.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de pecuária em pastagem natural do bioma Pampa sob manejo rotativo atuou como sumidouro de CO₂ da atmosfera nos dois sítios no período avaliado, utilizando a metodologia Eddy Covariance, variando de -282,3 g C m⁻² a⁻¹ no sítio SM e -82,4 g C m⁻² a⁻¹ no sítio AC. Mesmo levando em consideração as emissões de CH₄ pelos ruminantes os ecossistemas ainda se mostraram potenciais sumidouros de carbono.

Portanto, atividade pecuária em pastagens naturais do bioma Pampa pode atuar como importante sumidouro de CO₂ atmosférico, desde que seja realizada através de um manejo capaz de buscar o equilíbrio entre a produção animal e a preservação ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às Agências Brasileiras de Pesquisa: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

REFERÊNCIAS

- BAGGIO, R. Estratégias de manejo adaptativo para os Campos Sulinos. 2017. 129 p. **Tese** (Doutorado em Ecologia) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- BARBIERI, C. W. *et al.* Beef heifers grazing behavior and herbage intake in natural grassland under rotational grazing. **Ciência Rural**, v. 45, n. 11, p. 2056–2062, nov. 2015.
- BÉZIAT, P.; CESCHIA, E.; DEDIEU, G. Carbon balance of a three crop succession over two cropland sites in South West France. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 10, p. 1628–1645, mar. 2009.
- BOLDRINI, I. IOB. Bioma pampa: diversidade florística e fisionômica. Porto Alegre: **Pallotti**, 2010.
- BROADBENT, E. *et al.* A systematic review of patients' drawing of illness: implications for research using the Common Sense Model. **Health Psychology Review**, v. 13, n. 4, p. 406–426, 2 out. 2019.
- CEZIMBRA, I. M. *et al.* Potential of grazing management to improve beef cattle production and mitigate methane emissions in native grasslands of the Pampa biome. **Science of The Total Environment**, v. 780, p. 146582, ago. 2021.
- FOKEN, T *et al.*, 2004. Handbook of Micrometeorology: A Guide for surface flux measurement and analysis: Chapter 9: POST-FIELD DATA QUALITY CONTROL, **Handbook of Micrometeorology**.
- GOMEZ-CASANOVAS, N. *et al.* Grazing alters net ecosystem C fluxes and the global warming potential of a subtropical pasture. **Ecological Applications**, v. 28, n. 2, p. 557–572, mar. 2018.
- HOEPPNER, S. S.; DUKES, J. S. Interactive responses of old-field plant growth and composition to warming and precipitation. **Global Change Biology**, v. 18, n. 5, p. 1754–1768, maio 2012.
- HOLECHECK, J. L.; GALT, D. Grazing Intensity Guidelines. **Rangelands**, v. 22, n. 3, 2000.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Banco de dados. Available from: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rs&tema=pecuaria2012>. Accessed: Out. 07, 2022.
- JAURENA, M. *et al.* Native Grasslands at the Core: A New Paradigm of Intensification for the Campos of Southern South America to Increase Economic and Environmental Sustainability. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, 5 mar. 2021.

KOTTEK, M. *et al.* World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 10 jul. 2006.

KUINCHTNER, B. C. *et al.* Performance and feed intake of beef heifers on rotational grazing of natural grassland receiving protein and energy supplement in cool season. **Ciência Rural**, v. 48, n. 4, 26 abr. 2018.

LEZAMA, F. *et al.* Variation of grazing-induced vegetation changes across a large-scale productivity gradient. **Journal of Vegetation Science**, v. 25, n. 1, p. 8–21, jan. 2014.

MABONI, C. Fluxo de metano no bioma Pampa: análises em área de arroz e de pecuária. 2021. 89 p. **Tese** (Doutorado em Física) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

MERGEN, A. Variabilidade interanual dos fluxos de CO₂ em uma pastagem natural no bioma Pampa brasileiro. 2022. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Física) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2022.

MONCRIEFF, J. *et al.* Averaging, detrending, and filtering of eddy covariance time series, in Handbook of micrometeorology. **Handbook of Micrometeorology: A Guide for surface flux measurement and analysis**, 2004.

MONCRIEFF, J. B. *et al.* A system to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide. **Journal of Hydrology**, 1997.

PAPALE, D. *et al.* Towards a standardized processing of Net Ecosystem Exchange measured with eddy covariance technique: Algorithms and uncertainty estimation. **Biogeosciences**, 2006.

PRESCHER, A.-K.; GRÜNWARD, T.; BERNHOFER, C. Land use regulates carbon budgets in eastern Germany: From NEE to NBP. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, n. 7–8, p. 1016–1025, 2010.

REICHSTEIN, M. *et al.* On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. **Global Change Biology**, v. 11, n. 9, p. 1424–1439, set. 2005.

ROYO PALLARES, O.; BERRETTA, E.J.; MARASCHIN, G.E. 2005. The South American campos ecosystem. In Suttie, J, Reynolds, SG, Batello, C. **Grasslands of the world**. Roma: FAO, pp.171-219”.

RUTLEDGE, S. *et al.* The carbon balance of temperate grasslands part I: The impact of increased species diversity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 239, p. 310–323, fev. 2017.

SOUSSANA, J. F.; TALLEC, T.; BLANFORT, V. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. **Animal**, v. 4, n. 3, p. 334–350, 2010.

VEECK, G. P. *et al.* CO₂ flux in a wheat-soybean succession in subtropical Brazil: A carbon sink. **Journal of Environmental Quality**, 2022.

VEENENDAAL, E. M. *et al.* CO₂ exchange and carbon balance in two grassland sites on eutrophic drained peat soils. **Biogeosciences**, v. 4, n. 6, p. 1027–1040, 21 nov. 2007.

VICKERS, D.; MAHRT, L. Quality control and flux sampling problems for tower and aircraft data. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, 1997.

WEBB, E. K.; PEARMAN, G. I.; LEUNING, R. Correction of flux measurements for density effects due to heat and water vapour transfer. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, 1980.

WILCZAK, J. M.; ONCLEY, S. P.; STAGE, S. A. Sonic anemometer tilt correction algorithms. **Boundary-Layer Meteorology**, 2001.

WUTZLER, T. *et al.* Basic and extensible post-processing of eddy covariance flux data with REddyProc. **Biogeosciences**, 2018.

ZIMMER, T. *et al.* Influence of clearness index and soil moisture in the soil thermal dynamic in natural pasture in the Brazilian Pampa biome. **Geoderma**, v. 378, p. 114582, nov. 2020.

Contribuição de autoria

1 – Aleksander Mergen

Físico, Mestre em Física

<https://orcid.org/0000-0001-7126-8694> • alecsandermergen@gmail.com

Contribuição: Curadoria de Dados; Validação; Escrita – Primeira Redação

2 – Gustavo Pujol Veeck

Físico, Doutor em Física

<https://orcid.org/0000-0002-1444-0360> • veeckgp@gmail.com

Contribuição: Escrita – Primeira Redação; Curadoria de Dados

3 – Valério de Patta Pillar

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências em Plantas

<https://orcid.org/0000-0001-6408-2891> • vpillar@ufrgs.br

Contribuição: Administração do projetos

4 – Rodrigo Baggio

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ecologia

<https://orcid.org/0000-0001-6279-1125> • meinkebaggio@gmail.com

Contribuição: Escrita – Revisão e Edição

5 – Fernando Luiz Ferreira de Quadros (*in memoriam*)

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Zootecnia

<https://orcid.org/0000-0001-8687-8583> • flfquadros@yahoo.com.br

Contribuição: Administração do projeto

6 – Luciana Marin

Zootecnista, Mestre em Zootecnia

<https://orcid.org/0000-0003-1500-9254> • lumarin.zoot@gmail.com

Contribuição: Escrita – Revisão e Edição

7 – Vanessa de Arruda Souza

Meteorologista, Doutora em Sensoriamento Remoto

<https://orcid.org/0000-0002-8518-1271> • v.arruda.s@gmail.com

Contribuição: Escrita – Revisão e Edição

8 – Michel Baptistella Stefanello

Físico, Doutor em Física

<https://orcid.org/0000-0002-6380-3252> • michelstefanello@gmail.com

Contribuição: Escrita – Revisão e Edição

9 – Maria Eduarda Oliveira Pinheiro

Física, Doutora em Física

<https://orcid.org/0000-0001-6428-0839> • mariaeduardafisica@gmail.com

Contribuição: Escrita – Revisão e Edição

10 – Daniele Morgenstern Aimi

Física Médica, Doutora em Física

<https://orcid.org/0000-0002-6383-6572> • danielefm@gmail.com

Contribuição: Escrita – Revisão e Edição

11 – Débora Regina Roberti

Física, Doutora em Física

<https://orcid.org/0000-0002-3902-0952> • debora@ufsm.br

Contribuição: Administração do projeto

Como citar este artigo

MERGEN, A.; VEECK, G. P.; PILLAR, V. P.; BAGGIO, R.; QUADROS, F. L. F. (in memorian); MARIN. L.; SOUZA, V. A.; STEFANELLO, M. B.; PINHEIRO, M. E. O.; AIMI, D. M.; ROBERTI, D. R. Trocas de CO₂ em pastagens naturais do bioma Pampa com criação de gado de corte sob manejo rotacionado. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 45 n. esp. 2, e81293, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X81293>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/81293>. Acesso em: dia mês abreviado ano.