

POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL DE SISTEMAS FORRAGEIROS

Janquieli Schirmann¹, Pedro Garzon Camacho², Cassiano Eduardo Pinto^{3*}, Tiago Celso Baldissera³,
Fábio Cervo Garagorry⁴, André Fischer Sbrissia².

¹ Bolsista extensão nível B, Projeto Nexus II CNPq 441396/2017-8.

² Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina, Brasil.

³ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina, Brasil.

⁴ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Bagé, Rio Grande do Sul, Brasil.

* Autor para correspondência: Epagri/Estação Experimental de Lages, CP 181, Lages, SC, CEP:88.500-000, 49 32896400, cassiano@epagri.sc.gov.br.

RESUMO

A pecuária catarinense apresenta produção animal com base em distintos sistemas forrageiros, mas pouco é sabido sobre o potencial de aquecimento global (PAG) desses sistemas. O objetivo do estudo foi avaliar o PAG de quatro sistemas forrageiros: PN- Pastagem Natural; PM- Pastagem Natural Melhorada; PP- Pastagem Perene; e PA- Pastagem Anual. O estudo foi conduzido durante 5 anos na EPAGRI, Lages, SC, Brasil. O PAG parcial (PAGp) das pastagens foi calculado considerando a emissão anual de óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄) do solo e a taxa de sequestro de carbono anual relativa (TSR). A intensidade de emissão de gases de efeito estufa (IEGEE) foi calculada considerando o PAGp e a produção de matéria seca (MS) das pastagens. A emissão de N₂O variou de 0,08 a 2,96 Mg CO₂eq. ha⁻¹ ano⁻¹ para PN e PA, respectivamente. A PP apresentou o menor influxo de CH₄ no solo (-0,018 Mg CO₂eq. ha⁻¹ ano⁻¹), diferindo de PM e PN. A TSR foi negativa para PN, PM e PP indicando potencial mitigador em relação a PA. A produção de MS variou de 6,62 a 13,04 Mg ha⁻¹ para PN e PP, respectivamente. Apesar das diferenças na produtividade, a IEGEE não diferiu entre as pastagens. Os sistemas forrageiros não diferiram quanto ao PAGp, independentemente do manejo do solo e do pasto.

Palavras-chave: Sequestro de Carbono, Manejo de Pastagens, Gases do Efeito Estufa.

GLOBAL WARMING POTENTIAL OF FORAGE SYSTEMS FOR LIVESTOCK

ABSTRACT

Animal production in the State of Santa Catarina is based on different forage systems, but little is known about the global warming potential (GWP) of these systems. This study aimed to

evaluate the GWP of four forage systems: PN- Natural Pasture; PM- Improved Natural Pasture; PP- Perennial Pasture; and PA- Annual Pasture. The study was developed for 5 years at EPAGRI, Lages, SC, Brazil. The partial GWP (GWpp) of pastures was calculated considering the annual emission of nitrous oxide (N₂O) and methane (CH₄) from the soil and the relative annual carbon sequestration rate (RSR). The greenhouse gas emissions intensity (GHGI) was calculated considering the GWpp and the pasture's dry matter production (DM). The N₂O emission ranged from 0.08 to 2.96 Mg CO_{2eq.} ha⁻¹ year⁻¹ for PN and PA, respectively. The PP showed the lowest influx of CH₄ (-0.018 Mg CO_{2eq.} ha⁻¹ year⁻¹), differing from PM and PN. The RSR was negative for PN, PM and PP, indicating a mitigating potential in relation to PA. The DM production ranged from 6.62 to 13.04 Mg ha⁻¹ for PN and PP, respectively. Despite differences in productivity, GHGI did not differ among pastures. The forage systems did not differ in terms of GWpp, regardless of soil and pasture management.

Keywords: Carbon Sequestration, Pastures Management, Greenhouse Gases.

INTRODUÇÃO

A pecuária é um importante setor da economia brasileira representando 32% do PIB do agronegócio (CNA, 2000). Apesar da sua importância econômica, ela é uma fonte de gases do efeito estufa (GEE), respondendo por 76% das emissões do setor agropecuário brasileiro (SEEG8, 2020). Dentre os GEE emitidos pela pecuária destaca-se a emissão de metano (CH₄) entérico pelos bovinos, que representa 61 % da emissão do setor agrícola (SEEG8, 2020). Além deste gás, a produção pecuária favorece a emissão de óxido nitroso (N₂O), oriundo da aplicação de fontes nitrogenadas no solo, como os dejetos (esterco e urina) dos animais e de fertilizantes minerais, como a uréia.

Apesar da pecuária emitir GEE, ela pode promover o sequestro de carbono (C) no solo, principalmente em pastagens produtivas bem manejadas. O sequestro de C pode compensar totalmente as emissões de GEE, atuando como dreno de C. O relatório brasileiro de 2020 do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa (SEEG) aponta que no ano de 2019 o balanço de C em pastagens bem manejadas foi negativo, mitigando -96,3 Mt CO_{2eq.}, enquanto que pastagens degradadas emitiram 47,8 Mt CO_{2eq.} (SEEG8, 2020). Atualmente, o Brasil apresenta 159,5 milhões de hectares de pastagens (IBGE, 2017), dos quais 70 % encontram-se com sinais aparentes de degradação (DIAS-FILHO, 2014). A recuperação de seu potencial produtivo pode evitar que GEE sejam emitidos, atuando como drenos. Para isso, boas práticas de manejo do solo e da pastagem devem ser adotadas.

No estado Catarinense, existe uma diversidade de sistemas forrageiros utilizados para produção animal, variando entre pastagens naturais, anuais e perenes. Atualmente, inexistem informações sobre a emissão de GEE e do sequestro de C desses sistemas para a realidade catarinense. Essas informações são de extrema importância, pois a partir delas pode-se escolher sistemas produtivos e que mitiguem a emissão de GEE. Avaliar o potencial de aquecimento global (PAG) de sistemas forrageiros é relevante, pois práticas de manejo como fertilização e adição de leguminosas na pastagem que por vezes aumentam a emissão de GEE do solo, também promovem maior sequestro de C e podem compensar a emissão de GEE do sistema. Diante do exposto, o objetivo do estudo foi avaliar o PAG de sistemas forrageiros utilizados para a produção pecuária.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental da Epagri, localizada no município de Lages, SC, Brasil (50.18°W, 27.47°S; 920 m de altitude). O clima da região é mesotérmico úmido (Cfb) segundo classificação de Köppen. O solo é classificado como um Cambissolo Húmico Alumínico típico (EMBRAPA, 2013).

Os sistemas forrageiros avaliados foram: Pastagem Natural (PN) com predomínio de *Andropogon lateralis* Nees (capim-caninha), sem histórico de ações antrópicas como fertilização, calagem e roçada; Pastagem Natural Melhorada (PM) com introdução de espécies como *Trifolium repens* (trevo-branco), *Trifolium pratense* L. (trevo-vermelho), *Lolium multiflorum* Lam. (cv Inia camaro), *Dactylis glomerata* L. (datiles), *Lotus corniculatus* L. (cornichão) e *Holcus lanatus* L. (capim lanudo); Pastagem Anual (PA) com cultivo de *Pennisetum glaucum* (Milheto) no verão e *L. multiflorum* no inverno, com preparo convencional do solo antes da semeadura; e Pastagem Perene (PP) composta principalmente por *Cynodon dactylon* (Jiggs) e apresentando também espécies como *T. repens* (trevo-branco) e *L. multiflorum* (azevém) no inverno. Na PM, PA e PP a fertilização é realizada no inverno (200 kg ha⁻¹ da formulação 9-33-12 + 400 kg de ureia em cobertura) e no verão (300 kg ha⁻¹ da formulação 9-33-12 + 400 kg de ureia em cobertura, para PP, PM e 200 kg ha⁻¹ da formulação 9-33-12 + 400 kg de ureia em cobertura). A área experimental de cada repetição (piquete) correspondeu a 850 m² na PN e 1800 m² para PM, PA e PP.

As avaliações dos fluxos de N₂O e CH₄ do solo foram realizadas durante o período de 8/12/2019 a 9/12/2020, por meio de câmaras estáticas (EMBRAPA FLORESTAS, 2014). A

emissão acumulada dos GEE foi calculada pela integração da área sob a curva estabelecida pela interpolação trapezoidal dos fluxos diários dos gases.

A coleta de solo para determinação do teor de carbono (C) orgânico e da densidade foi realizada em setembro/2020, em duas faces da trincheira, sendo abertas uma trincheira por repetição, totalizando quatro trincheiras por tratamento, até 1 m de profundidade. Os teores de C orgânico foram determinados pelo método de oxidação da matéria orgânica via úmida (TEDESCO et al., 1995). O estoque de C foi calculado em massa de solo equivalente (ELLERT; BETTANY, 1995).

O potencial de aquecimento global parcial (PAGp) foi calculado levando-se em consideração a taxa de sequestro de C anual relativa (TSR) somada às emissões anuais de N₂O e CH₄ do solo em quantidades equivalentes de CO₂ (CO_{2eq}). Levou-se em consideração o potencial de aquecimento global das moléculas de N₂O e de CH₄ (IPCC, 2014). A TSR foi calculada pela diferença no estoque de C da PP, PM e PN em relação à PA, dividida por 5 anos de duração do experimento (2015-2020). O PAG é parcial, pois não leva em consideração a emissão de CH₄ entérico dos bovinos e as emissões relativas às operações agrícolas.

A produção de MS foi avaliada mediante estimativa visual da dupla amostragem (HAYDOCK; SHAW, 1975). A intensidade de emissão de gases de efeito estufa (IEGEE) foi calculada dividindo-se o PAGp pela quantidade de matéria seca produzida em cada pastagem. O delineamento experimental foi de blocos aninhados em cada sistema forrageiro. Os dados foram submetidos à ANOVA e, quando significativos (P<0,05), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, por meio do programa estatístico R.

RESULTADOS

A emissão anual de N₂O variou de 0,08 a 2,56 Mg CO_{2eq}. ha⁻¹ (Tabela 1). A PA apresentou a maior emissão de N₂O seguida da PP, PM e PN. O solo das pastagens apresentou influxo de CH₄, com valores variando de -0,018 a -0,084 Mg CO_{2eq}. ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 1). O menor influxo de CH₄ foi observado na PP, que diferiu da PM e PN. A TSR variou de -2,06 a -19,12 Mg CO_{2eq}. ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 1). Apesar da TSR não ter diferido entre PN, PM, PP, ela foi negativa, indicando sequestro de C no solo em relação a PA. O PAGp variou de -19,10 a 2,51 Mg CO_{2eq}. ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 1) e não diferiu entre as pastagens. A produção de MS foi maior na PP (13,04 Mg ha⁻¹), seguida da PA (9,77 Mg ha⁻¹) e PM (9,55 Mg ha⁻¹), que não diferiram entre si, sendo a menor produção observada na PN (6,62 Mg ha⁻¹). A IEGEE variou de 0,26 a -2,02 kg CO_{2eq}. Mg MS⁻¹ (Tabela 1) e não diferiu entre as pastagens.

Tabela 1. Potencial de aquecimento global parcial (PAGp) e Intensidade de emissão de gases de efeito estufa (IEGEE) da Pastagem Natural (PN), Pastagem Natural Melhorada (PM), Pastagem Perene (PP) e Pastagem Anual (PA).

Pastagens	N ₂ O	CH ₄	TSR ¹	PAGp	MS	IEGEE
					Mg CO ₂ eq. ha ⁻¹ ano ⁻¹	Mg ha ⁻¹
PN	0,08 d	-0,065 b	-19,12 a	-19,10 a	6,62 c	-2,02 a
PM	1,03 c	-0,084 b	-2,06 a	-1,12 a	9,55 b	-0,12 a
PP	1,95 b	-0,018 a	-17,32 a	-15,38 a	13,04 a	-1,18 a
PA	2,56 a	-0,052 ab	-	2,51 a	9,77 b	0,26 a

¹ TSR: Taxa de sequestro relativa.

DISCUSSÃO

A emissão de N₂O do solo da PA foi 33,7 vezes maior comparando-se com a PN. A fertilização nitrogenada e o revolvimento do solo podem ter promovido maiores emissões de N₂O. A adição de fertilizantes nitrogenados eleva as concentrações de amônio e nitrato no solo, que estimula a atividade de bactérias nitrificadoras e desnitrificadoras, responsáveis pela emissão de N₂O (BATEMAN & BAGGS, 2005). Já o preparo convencional do solo acelera a mineralização da matéria orgânica, reduzindo a concentração de O₂ e disponibilizando substratos para os processos microbianos de nitrificação e desnitrificação (RUAN; ROBERTSON, 2013). A baixa emissão de N₂O observada no solo da PN pode ser atribuída a não fertilização nitrogenada da pastagem, que limitou a produção e emissão de N₂O do solo. O melhoramento da pastagem natural com adição de espécies hibernais e fertilização nitrogenada promoveu maiores emissões de N₂O na PM em relação a PN.

O solo dos sistemas forrageiros apresentou influxo CH₄ indicando que o processo de metanotrofia predominou sobre o processo de metanogênese. O solo da PP apresentou menor valor de CH₄ oxidado, sendo 4,1 vezes inferior à média da PN e da PM. A menor oxidação de CH₄ pode estar relacionada a maior densidade do solo na PP. As densidades do solo na camada de 10 cm foram: 1,10, 1,14, 1,24 e 1,39 g dm⁻³ para PM, PN, PA e PP, respectivamente. A densidade apresenta uma relação inversa com a difusividade de CH₄ e O₂ no solo e, consequentemente, com a taxa de oxidação de CH₄.

A TSR foi negativa, indicando que a PP, PN e PM sequestraram C no solo em relação a PA. O revolvimento frequente e a presença de solo descoberto até a estabilização da pastagem

favoreceu as perdas de C em PA. Parte do C estocado durante o período de cultivo é perdido quando há mobilização do solo para a sementeira. Por outro lado, a presença permanente de plantas na PP, PN e PM promove a adição frequente de C no solo. A TSR não diferiu entre PN, PM e PP. A hipótese era que os sistemas PP e PM promovessem maior sequestro de C no solo em relação a PN. A fertilização nitrogenada e a adição de outras espécies na pastagem aumentam a produção de massa vegetal, levando a maior entrada de C no solo.

A produção de MS da PP foi 1,3 vezes maior que a média da PM e PA e quase 2 vezes maior que a produção da PN. A PP é composta principalmente por Jiggs, forrageira de alta produção de biomassa vegetal. A produção de MS da PM foi 3 Mg ha⁻¹ maior que a da PN. A fertilização do solo e a introdução de forrageiras como o azevém e os trevos (branco e vermelho) contribuíram para uma maior produção de forragem na PM. Importante destacar que a produção de MS da PM não diferiu da PA, demonstrando o grande potencial de produção de forragem que o melhoramento da pastagem natural proporciona.

O PAGp e a IEGEE não diferiram entre as pastagens, possivelmente em virtude da grande influência TSR no cálculo do PAGp. Apesar disso, existiu uma tendência da PN, PM e PP apresentarem maiores potenciais mitigadores em relação a PA. Esses resultados estão relacionados à compensação das emissões de GEE do solo pelo sequestro de C realizado nestas pastagens.

CONCLUSÃO

O revolvimento e a fertilização do solo favoreceram maiores emissões de N₂O na PA. O influxo CH₄ no solo foi menor na PP em relação a PM e PN. A taxa de sequestro de C relativa foi negativa para PN, PM e PP quando comparada a PA, indicando potencial mitigador desses sistemas. Os sistemas forrageiros não diferiram quanto aos PAGp e as IEGEE, independentemente do manejo do solo e do pasto.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem o financiamento pelo projeto Nexus II CNPq 441396/2017-8 para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BATEMAN, E. J.; BAGGS, E. M. Contributions of nitrification and denitrification to N₂O emissions from soils at different water-filled pore space. **Biology and Fertility of Soils**, v. 41, p. 379-388, 2005.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. 2020. Disponível em: [DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Documentos. Embrapa. Amazônia Oriental, ISSN 1983-0513; 402. 2014.](https://www.cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro#:~:text=Em%202019%2C%20a%20soma%20de,R%24%20494%2C8%20bilh%C3%B5es. Acesso: 15 de abr., 2021.</p></div><div data-bbox=)

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 75, n. 4, p. 529-538, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, Humberto Gonçalves et al. (eds.) 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

EMBRAPA FLORESTAS. **Protocolo para medição de fluxos de gases de efeito estufa do solo**. ZANATTA, Josiléia Acordi et al. (eds.) 1 ed. Colombo: EMBRAPA FLORESTAS, 2014.

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 15, p. 66-70, 1975.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agro 2017: Resultados definitivos, utilização das terras no Brasil**. 2017.

IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: Switzerland, 2014. 151 p.

RUAN, L.; ROBERTSON, P. G. Initial nitrous oxide, carbon dioxide, and methane costs of converting conservation reserve program grassland to row crops under no-till vs. conventional tillage. **Global Change Biology**, v. 19, p. 2478–2489, 2013.

SEEG8. **Análises das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. 2020. 41 p.

TEDESCO, M. J.; et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).