

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE ZOOTECNIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Catarine Basso

00229639

**Sequestro de carbono em pastagens naturais do Bioma Pampa: uma
revisão bibliográfica**

PORTO ALEGRE

2018

CATARINE BASSO

**Sequestro de carbono em pastagens naturais do Bioma Pampa: uma
revisão bibliográfica**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado
como requisito para obtenção do Grau de
Zootecnista, Faculdade de Agronomia,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho

Porto Alegre 2018

CATARINE BASSO

**SEQUESTRO DE CARBONO EM PASTAGENS NATURAIS DO BIOMA
PAMPA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do
Grau de Zootecnista, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio
Grande do Sul.

DATA DE APROVAÇÃO: 13/12/2018

BANCA Examinadora

Dr. Paulo César de Faccio Carvalho

Dr. William de Souza Filho

Dr. Cassiano Eduardo Pinto

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os amantes dos campos nativos. Aos conservadores, poetas, admiradores e, principalmente, aos homens simples do campo que sustentam suas famílias através da preservação destas pastagens.

“Ele é nativo, é crioulo dessa terra
Cerros, coxilhas, banhadais
E o que este povo não entende
Campo Nativo no inverno se defende”

Letra e música: André Coelho. 2006.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a minha família, aos meus pais Ivan e Ana, por todo o apoio e incentivo nesses anos de graduação. Foram vocês que, mesmo de longe, me deram força para chegar até aqui. À minha irmã mais velha, Aline, que me acompanhou desde o início, me ensinou a viver em Porto Alegre e a não desistir. À minha irmã mais nova Amanda, que tornou meus dias na Agronomia, mais felizes nesses últimos dois anos e que discutiu comigo vários dos tópicos desse trabalho. Devo tudo à vocês: muito obrigada.

Agradeço profundamente à minha vó, mãe e dindas por todas as preces antes de provas, as promessas para passar em Estatística e as tantas outras que ainda não sei: vocês são luz na minha vida. A todos meus familiares que torcem por mim, obrigada.

Ao meu orientador Paulo Carvalho, obrigada por todos os ensinamentos nesses anos de GPEP, pelas inúmeras oportunidades de conhecimento, pelos estágios e confraternizações. Aos colegas do GPEP, minha eterna gratidão vocês me fizeram ver o mundo com outros olhos, alçar voos mais altos. Obrigada pelo companheirismo de sempre, levo todos em meu coração.

Obrigada aos meus supervisores de estágio, tanto os do meio do curso, lá em Curitiba, quanto o estágio final. Davi e Marcela, me faltam palavras para agradecer por tudo que tem feito por mim, pelas oportunidades, pelo conhecimento, pela parceria, esses últimos meses tem sido de muito aprendizado.

Aos amigos que a graduação me presenteou - Palo, Vini, Sylvio - vocês viveram isso comigo e sou muito grata por pode dividir esse momento com vocês. As minhas amigas do Guabi - Bárbara e Simara - obrigada pelo apoio e por me esperarem sempre de braços abertos.

A todos que me ajudaram nesse trabalho: Helen, obrigada por toda preocupação e incentivo; Fabi, Will e Prof. Inês, muito obrigada por toda a ajuda.

Obrigada ao meu Anjo da guarda, por me guiar e iluminar durante esses anos.

Resumo

As emissões de gases de efeito estufa (GEE), tem aumentado consideravelmente nos últimos anos sendo resultado das ações antrópicas. Atividades agropecuárias, principalmente as que envolvem criação de ruminantes, tem contribuição significativa nesse aumento, em função das emissões entéricas de metano (CH₄). Uma forma de minimizar essas emissões é através do sequestro de carbono. Em sistemas de pastagem, o manejo do pastejo influencia diretamente no sequestro de carbono, além disso, quando se trabalha com pastagens nativas, essa contribuição é ainda maior, pois elas possuem características como maior quantidade de matéria orgânica no solo, presença de espécies C3 e C4 que contribuem para maior sequestro de carbono. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo principal destacar o potencial das pastagens nativas do bioma Pampa em sequestrar carbono através de uma revisão bibliográfica, além de apresentar práticas de manejo que contribuem para minimização das emissões de gases. A conversação do bioma Pampa, localizado na região sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul, amplamente diverso, com uma riqueza de espécies abundante, é ameaçada pelo mau uso das áreas com pastoreio intenso, práticas de manejo errôneas. Por isso, estudos voltados para valorizar e preservar o Pampa são tão importantes. A conservação deste bioma está diretamente ligada com a produção pecuária pois animais em pastejo contribuem na sua manutenção e tornam rentável a conservação desse bioma. As boas práticas de manejo utilizadas nessas pastagens é o que vai resultar no sucesso da produção, gerando altos índices produtivos e contribuindo com características de solo e contribuição nos serviços ecossistêmicos. Além de conservar o Pampa, pode minimizar e diminuir as emissões por produto produzido e se tornar um sumidouro natural de carbono.

Palavras chave: bioma Pampa, sequestro de carbono, gases de efeito estufa

Abstract

Emissions of greenhouse gases (GHG) have increased considerably in recent years as a result of human actions. Agricultural activities, especially those involving the creation of ruminants, have a significant contribution to this increase, due to the enteric emissions of methane (CH₄). One way to minimize these emissions is through carbon sequestration. In grazing systems, grazing management has a direct influence on carbon sequestration. Moreover, when working with native pastures, this contribution is even greater, since they have characteristics such as greater amount of organic matter in the soil, presence of C3 and C4 that contribute to increased carbon sequestration. The main objective of this work is to highlight the potential of the native pastures of the Pampa biome to sequester carbon through a bibliographical review, as well as to present management practices that contribute to the minimization of gas emissions. The Pampa biome, located in the southern region of Brazil, especially in Rio Grande do Sul, is very diverse, with an abundant species richness, and is threatened by the misuse of areas with intense grazing and poor management practices. For this reason, studies aimed at valuing and preserving the Pampa are so important. The conservation of this biome is directly linked to the livestock production as grazing animals contribute to its maintenance and make the conservation of this biome profitable. The good management practices used in these pastures are what will result in the success of the production, generating high productive indexes and contributing with soil characteristics and contribution in ecosystem services. In addition to conserving the Pampa, it can minimize and reduce emissions per product produced and become a natural carbon sink.

Keywords: Pampa biome, carbon sequestration, greenhouse gases

Lista de figuras

Figura 1 - Esquema simplificado do ciclo do carbono

SUMÁRIO

Introdução	10
Objetivo	12
Metodologia	12
Revisão Bibliográfica	13
Pastagens nativas do bioma Pampa	13
Serviços ecossistêmicos	14
Manejo sustentável	16
Balanço de Carbono	19
Manejo para mitigação de gases de efeito estufa	21
Estoque de carbono no solo em pastagens nativas do bioma Pampa	24
Considerações finais	26
Referências	27

Introdução

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) apontou que as ações humanas têm contribuído para o aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera em 70% entre 1970 e 2004. Esse aumento tem resultado em alteração dos eventos climáticos e pode trazer sérios prejuízos para a humanidade. Setores como a agricultura tem contribuído em torno de 80% do total de emissões em 2010 (IPCC, 2014), gerando grande polêmica sobre esse setor. Entre 1970 e 2010, as emissões de CH₄ aumentaram 20%, enquanto as emissões de N₂O aumentaram em 45-75% (IPCC, 2014). Os fatores que mais influenciaram no aumento das emissões foram o crescente número de animais, aumento da demanda por produtos animais, área sob agricultura, desmatamento, uso de fertilizantes, área sob irrigação, disponibilidade de alimentos per capita e consumo de produtos de origem animal (FAOSTAT, 2013).

A preocupação com o grande impacto que essas mudanças tem causado, fez com que alguns países tomassem medidas de âmbito global para diminuir as emissões de gases de efeito estufa. Durante a 21ª Conferência das Partes (COP21), Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) em Paris, os países membros assumiram o compromisso de mitigação das emissões anuais globais de gases de efeito estufa. Com a meta de até 2020 garantir que o aumento da temperatura média global seja menos de 2° acima dos níveis atuais. O Brasil foi signatário do Acordo de Paris com meta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de GEE em 43% abaixo dos níveis de 2005 até o ano de 2030 (COP21).

Para atingir a meta é preciso atuar nos sistemas de produção, principalmente nos que tem a presença de ruminantes, devido ao grande aumento nas emissões de CH₄ entérico. O Brasil ocupa o 1º lugar na produção de bovinos da América Latina com uma média de 212.366.132 cabeças, sendo o Rio Grande do Sul o 6º maior produtor de gado bovino do Brasil (ATLAS, 2018). Esta produção está concentrada basicamente no oeste e sul do estado, onde predominam as pastagens nativas do bioma Pampa, as quais representam o principal recurso forrageiro utilizado para a produção de bovinos de corte no RS, constituindo, em média, 76% da área pastoril utilizada (NABINGER, 2011).

Além de servir como fonte de alimento e habitat para os animais, tanto de uso comercial como animais silvestres, o Pampa também contribui com diversos fatores favoráveis à população. Como é o caso dos serviços ecossistêmicos, que são definidos como os benefícios que as pessoas recebem dos ecossistemas (MEA, 2005). O bioma Pampa contribui com uma biodiversidade de espécies gigante, que formam um patrimônio vivo, além de contribuir com solos preservados, com características de cada região onde se encontram. A pecuária no bioma Pampa abrange áreas ricas com solos de alto teor de matéria orgânica e que auxiliam no sequestro de carbono, como também solos mais pobres, que vão depender mais do manejo adotado para que contribuam no sequestro de carbono. Solos que sequestram maior quantidade de carbono contribuem para um balanço favorável sobre as emissões de GEE. Além desses fatores ambientais, o bioma Pampa preserva a identidade do povo que habita essa região e tira seu sustento da produção pecuária.

Para que se obtenha bons resultados nas produções pecuárias realizadas sobre o Pampa, o manejo do pasto é fundamental e, para além dos resultados produtivos, para que essas produções tenham ainda maior valor é importante que contribuam para a mitigação de gases de efeito estufa. Um estudo realizado sobre uma área de pastagem nativa, observou que manejos de oferta de forragem moderada são os que contribuem para uma melhor eficiência produtiva animal e menor emissão de GEE, resultando em menor produção de CH₄ por kg de produto animal produzido (CEZIMBRA, 2015).

Além da atuação do produtor através de manejos, existem outras instituições que se preocupam com a preservação e conservação do bioma Pampa. Como é o caso da Alianza del Pastizal, uma iniciativa da Bird life que, junto a produtores, criaram essa instituição com o intuito de preservar o Pampa para que se mantenha o habitat de aves migratórias que dependem dele. A conservação desse bioma está diretamente ligada a produção pecuária. A Alianza del Pastizal atua no Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai certificando propriedades que possuem no mínimo 50% de sua área total com pastagem nativa. Além da certificação, os produtores brasileiros recebem bonificação de até 2% no preço da carcaça de bovinos abatidos no Marfrig, auxílio técnico para o sistema produtivo (tanto no que se refere a recuperação de campo nativo como no melhoramento dos mesmos e no melhor uso no sistema da propriedade, para que sejam produtivos e, assim, consigam continuar preservando a biodiversidade que lhes confere), e também tem acesso a linha de crédito com 10% a

fundo perdido para recuperação e melhoramento de campo nativo. Através disso, a Alianza del Pastizal incentiva a preservação e manutenção de áreas de campo nativo.

A preservação do Pampa tem grande importância não apenas para a conservação de um bioma terrestre, mas também para a manutenção dos recursos ecológicos, conservação de espécies, produção pecuária sustentável, aumento dos serviços ecossistêmicos e diminuição das emissões dos GEE. Com esse intuito, o trabalho tem por objetivo, através de uma revisão bibliográfica, destacar o potencial das pastagens nativas do bioma Pampa em sequestrar carbono, além dos principais manejos para diminuição dos gases de efeito estufa.

Objetivo

Geral:

Este trabalho tem como objetivo apresentar através de uma revisão bibliográfica, dados referentes a emissões de gases de efeito estufa, também como dados de sequestro de carbono no bioma Pampa.

Específicos:

- Avaliar o potencial das pastagens nativas do bioma Pampa em sequestrar carbono no solo.
- Analisar e destacar a importância do uso do manejo correto das pastagens nativas para contribuir para mitigação dos gases de efeito estufa.

Metodologia

Com o intuito de desenvolver uma base bibliográfica de revisão sobre o sequestro de carbono em pastagens nativas do bioma Pampa foi realizada uma pesquisa para selecionar documentos e publicações relevantes sobre o tema. A busca bibliográfica objetivou encontrar respostas para o tema estudado e responder questões relacionadas a potencialidade das pastagens nativas do Bioma Pampa em sequestrar carbono no solo, visto a relevância desse tema para os quesitos de preservação ambiental e diminuição das emissões de GEE.

A busca foi realizada em bases bibliográficas digitais e páginas especializadas como “Web of Science”, “Science Direct”, “Annual Reviews” entre outras publicações. As palavras-chaves utilizadas foram bioma Pampa, manejo, gases de efeito estufa, sequestro de carbono e mudanças climáticas para a busca inicial. Em seguida, essas mesmas palavras foram testadas em outros idiomas (português, espanhol, inglês e francês) e combinações. Após a identificação das publicações na área de pesquisa, os estudos foram criticamente avaliados em função de sua qualidade e relevância em relação aos objetivos desta revisão. Para seleção de artigos e documentos, serão usados os critérios de abordagem do tema, presença de dados relevantes e comparação do potencial mitigador dos gases de efeito estufa em diferentes sistemas pastoris.

Foram encontrados 85 artigos relacionados com o tema estudado e estes foram usados para compor essa base bibliográfica.

Revisão Bibliográfica

Pastagens nativas do bioma Pampa

O bioma Pampa abrange quatro países: Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai. No Brasil, este bioma ocupa cerca de 2,07% do território nacional, sendo encontrado exclusivamente no Rio Grande do Sul, onde ocupa uma área de 176.496 km², correspondendo a 63% do território estadual (IBGE, 2004). Atualmente, 36,03% dessa área ainda se encontra preservada (CSR/IBAMA, 2010) e o restante já perdeu espaço para lavouras, áreas de pastagens cultivadas e silvicultura.

A formação campestre do bioma Pampa ocorreu há milhares de anos, passando por uma série de eventos principais como extremos climáticos durante o holoceno inferior e médio, o uso do fogo e o pastejo (BEHLING, 2009). Esses fatores foram responsáveis pela formação e característica dos campos, dando resultado a uma estrutura de pasto heterogênea, formada por um duplo estrato: um inferior, composto por espécies prostradas; e um estrato superior, composto por espécies cespitosas (OVERBECK et al., 2009). Esse contraste de estruturas forma uma paisagem característica e única da região.

Devido ao fato de a composição desse bioma ser formada por espécies de caráter forrageiro, ele serve como base alimentar de quase 13 milhões de bovinos e 5 milhões de ovinos na região (CARVALHO & BATELLO, 2009). Outro aspecto importante é a alta diversidade que gera uma dieta rica em nutrientes para os animais e confere características particulares ao produto final obtido (NABINGER, 2006), sendo uma alternativa de baixo custo e alto potencial forrageiro para produção de alimento.

Apesar de tantas características positivas, o bioma Pampa é ainda despercebido em muitos dos programas de preservação ambiental. É frequente que estes programas sejam voltados para a preservação de outros biomas, como é o caso da Amazônia, e acabem negligenciando este bioma que é hábitat de inúmeras espécies de fauna e flora e que guarda um patrimônio genético fantástico e raramente encontrado em outros biomas pastoris do planeta (NABINGER, 2006).

Segundo Alianza del Pastizal (2014) existem no mínimo dez razões para conservação dos campos nativos. Representam um dos mais importantes biomas de campos temperados a nível mundial; Algumas espécies somente sobrevivem se uma porção significativa de campos é conservada; A pecuária extensiva e natural depende do bom estado dos campos nativos; A paisagem dos pampas está associada a um tipo cultural humano que só se formou aqui, o gaúcho; Os campos bem conservados constituem uma reserva estratégica de nutrientes e água do solo; Toneladas de carbono se encontram “sequestradas” no solos e raízes, mas são liberados para atmosfera quando substituídos e degradados; Os campos seguem diminuindo de maneira alarmante devido à conversão de uso da terra; Campos bem manejados são capazes de oferecer renda comparada aos cultivos, porém mais estável e previsível; Os campos provêm resistência e resiliência às mudanças climáticas; Os campos nativos preservam a água, purificam o ar e oferecem uma paisagem que as pessoas apreciam e algumas pagam para ver.

Serviços ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos são de fundamental importância para o bem-estar humano, para a saúde e meios de subsistência e sobrevivência (COSTANZA et Al., 1997; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA), 2005; TEEB FOUNDATIONS, 2010). São considerados os benefícios que os seres humanos

recebem da natureza. Nesse contexto, as pastagens nativas fornecem diversos serviços ecossistêmicos, relacionados a formação do solo, sequestro de carbono, água, biodiversidade e cultura (SCHOSSLER, 2016).

Os organismos do solo são extremamente diversos e contribuem para uma ampla gama de serviços ecossistêmicos que são essenciais para a função sustentável dos ecossistemas naturais e manejados (BARRIOS, 2007). O solo também está relacionado com outros serviços ecossistêmicos, pois dele também depende a qualidade da água. Em contrapartida, o uso inadequado do solo aumenta a quantidade de sedimentos e perda de nutrientes por lixiviação e erosão, assoreando corpos hídricos, diminuindo volume e vazão de água (SCHOSSLER, 2016). O solo possui uma relação estreita com o sequestro de carbono, pois são os microrganismos biológicos presentes no solo os responsáveis pela mineralização dos nutrientes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006), como é o caso do carbono.

Em relação a biodiversidade, as pastagens nativas do bioma Pampa são compostas por cerca de 450 espécies de gramíneas forrageiras e mais de 150 espécies de leguminosas, sem contar as compostas e outras famílias de fanerógamas, que totalizariam cerca de 3000 espécies (BOLDRINI, 1997). Dentre elas, encontram-se espécies de característica metabólicas C3 e C4 na mesma escala espaço-temporal (BOLDRINI, 2006), devido as características do clima do estado. As gramíneas ocupam cerca 60 e 80% da área (QUADROS et al., 2006). Devido a predominância de gramíneas C4, de crescimento estival, a produção de forragem é estacional, caracterizada por menor produção de matéria seca no período hibernar. As taxas de acúmulo diárias permanecem entre 25-35 kg de MS/ha entre a primavera e o verão e 0-5 kg de MS/ha no inverno, de acordo com uma produção anual de matéria seca entre 2.500 e 4.000 kg de MS/ha (CARVALHO, 2006).

Além da grande diversidade vegetal, os campos do bioma Pampa constituem o habitat de diversos animais. Entre os mamíferos, pelo menos 25 das cerca de 96 espécies continentais não-voadoras do Rio Grande do Sul habitam campos, sendo 14 de forma exclusiva e 11 de forma facultativa ou em combinação com outros habitats (EISENBERG & REDFORD 1999, GONZÁLEZ 2001, FONTANA et al. 2003, REIS et al. 2006, CÁCERES et al. 2007, BENCKE et al 2003). Toda essa diversidade de espécies garante um equilíbrio dentro do sistema, por isso, é necessário entender o funcionamento do bioma em sua forma natural pensando na hipótese de uma

produção pecuária que não desestabilize o sistema e venha agregar e ajudar na sua preservação.

Além da grande diversidade de mamíferos, as aves também marcam presença considerável nesse ecossistema. Habitam esse bioma cerca de 476 espécies de aves (SAVE BRASIL, 2004), incluindo 50 espécies ameaçadas de extinção. Entre as espécies ameaçadas estão o veste-amarela (*Xanthopsar flavus*), os caboclinhos (*Sporophila palustris* e *S. cinnamomea*) e a noivinha-de-rabo-preto (*Xolmis dominicanus*), (DEVELEY, 2008). Grande parte destas aves tem hábito migratório e vivem nos campos do sul. A preservação dessas espécies está diretamente ligada a preservação dos campos. Espécies campestres são mais numerosas em fazendas com predomínio de campos nativos (DEVELEY, 2008). Por isso, a preservação desses campos está relacionada também com a sobrevivência de diversas espécies tanto de fauna quanto da flora.

Diferente do que muitos pensam, a conservação do Pampa não necessariamente precisa estar associada à sua forma natural e sem uso. O Pampa tem uma função econômica clara e herbívoros de pastoreio é sua vocação ecológica (CARVALHO & BATELLO, 2009). Conciliado com boas práticas de manejo, o uso da pecuária representa a melhor opção de uso sustentável para produção de alimentos nesse bioma (NABINGER, et al. 2009).

Os ecossistemas de campos naturais estão relacionados com as questões da biodiversidade, mudanças climáticas, sequestro de carbono e sistemas de produção (SOUSSANA, 2009). Diante do exposto, para que todos esses fatores funcionem de forma adequada e obtenham respostas satisfatórias, é importante a utilização de manejos adequados, respeitando o funcionamento do bioma Pampa, além de preservar a biodiversidade, o papel social e ambiental ali presente.

Manejo sustentável

Diversos fatores podem influenciar as produções em sistemas pastoris. Pensando exclusivamente na relação planta animal, os métodos de manejo serão os que mais interferem e dão resultado no produto final. As pastagens nativas por sua ampla diversidade florística fornecem ao animal uma dieta rica, composta por gramíneas e leguminosas. Porém, para que bons resultados produtivos sejam obtidos,

é importante fazer um planejamento forrageiro adequado, com ajuste de carga a fim de ter uma relação oferta e estrutura de forragem ótima. Este ajuste visa evitar a degradação das áreas de pastagem, além de proporcionar melhores resultados produtivos, maximizar a exploração do potencial produtivo do pasto e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

O uso de manejos adequados, como o ajuste da carga animal, é fundamental para o sucesso desses sistemas de produção. A implementação destes manejos permite aumentar a produção animal em até três vezes (NABINGER, et al. 2009). Além de estar relacionado com a produção primária, que é o pasto, ele aumenta a diversidade e a riqueza da fauna e flora, determinando maior fixação de carbono, melhorando as condições dos solos e a qualidade das águas (NABINGER, 2011). É importante ressaltar ainda que esta é uma ferramenta de custo zero, que permite melhorar o sistema apenas explorando suas potencialidades.

O ajuste de carga é baseado na disponibilidade de pasto que é ofertada aos animais por dia (oferta de forragem = kg de matéria seca por 100 kg de peso vivo dia) que vai ser o determinante da intensidade de pastejo (NABINGER, 2011). A oferta de forragem corresponde ao inverso da pressão de pastejo (MCCARTOR & ROUQUETTE, 1977, SOLLENBERG et al., 2005). Pressões de pastejo altas correspondem a baixas ofertas de forragem, enquanto pressões de pastejo baixas correspondem a altas ofertas de forragem. A pressão de pastejo está relacionada ao ganho de peso animal e a eficiência do sistema. Por isso, é indicado que se utilize ofertas de forragem que variem entre 11,5 e 13,5% do peso vivo (MARASCHIN et al., 1997), que resultam em pressões de pastejo moderadas que otimizem o desempenho produtivo individual dos animais.

As pastagens nativas do bioma Pampa são compostas por diferentes espécies e sua distribuição está associada as características de solo e de topografia (PINTO, C. E., WALLAU, M. BOLDRINI, I. 2017). O efeito animal sobre elas vai se dar pela pressão de pastejo utilizada. A pressão de pastejo está intrinsecamente relacionada com a carga animal, e vai alterar a frequência de desfolha com que as plantas presentes nesse ambiente vão estar expostas (NABINGER, et al. 2009). Em ambientes pastoris naturais manejados com uma elevada carga animal, a alta pressão de desfolha vai influenciar na estrutura da vegetação, tornando-a mais homogênea e limitando o desenvolvimento e persistência de diversas espécies (PINTO, C. E., WALLAU, M. BOLDRINI, I. 2017).

Desta forma, altas pressões de pastejo acabam por selecionar as espécies mais resistentes, diminuindo assim o índice de diversidade dos campos. GIRARDI-DEIRO & GONÇALVES (1987) descreveram um aumento de 26,9 para 62,9% na frequência de *Paspalum notatum* com o aumento na intensidade de pastejo. Por outro lado, pastos manejados com intensidade baixa de pastejo vão tornar o ambiente mais heterogêneo e algumas espécies vão entouceirar, como é o caso do capim-caninha. Esta espécie chega a formar grandes touceiras e, à medida que a intensidade de pastejo aumenta, as plantas começam a se apresentar com touceiras cada vez menores (MARASCHIN et al., 1998).

Mesmo que o uso de pressões de pastejo leve torne o ambiente mais heterogêneo, a presença de touceiras acima de 34% diminui a taxa de ingestão em bovinos (BREMM et al., 2012). Isso acontece por que a disposição das folhas é mais dispersa em touceiras e, com isso, os animais acabam selecionando menos folhas por bocado ou até mesmo apreendendo folhas individualmente (CARVALHO et al. 2007). A redução na massa do bocado está diretamente ligada com a taxa de ingestão de alimento pelos animais e vai influenciar também no seu ganho de peso.

Somente o ajuste de carga animal e oferta de forragem não são suficientes para garantir a eficiência da produção. É preciso uma combinação de fatores como a altura do pasto, massa de forragem e percentual de touceiras, para garantir que o animal tenha a sua disposição um arranjo de fatores que permitam a ele selecionar e compor sua dieta. Trabalhos como de (GONÇALVES et al. 2009) têm mostrado que pastagens nativas mantidas numa altura entre 9 e 12 cm, permitem maior ingestão de forragem pelos animais e, com isso, apresentem melhor desempenho, além de ser o melhor momento também para o pasto.

A altura com que essas pastagens são manejadas vai influenciar na frequência de aparecimento das espécies. Pastos com uma estrutura baixa vão se caracterizar por apresentar espécies de hábito mais prostrado, enquanto pasto com estrutura alta vão apresentar espécies de hábito cespitoso, formadoras de touceiras (PINTO, C. E., WALLAU, M. BOLDRINI, I. 2017). O fato de as pastagens nativas não demandarem práticas mais agressivas de manejo no solo, como o revolvimento do mesmo, contribui para características importantes, como maior teor de matéria orgânica e estabilidade dos microrganismos do solo (COSTA et al., 2008). Por consequência, essas características vão contribuir para a maior fixação de carbono nesses solos.

Balanço de Carbono

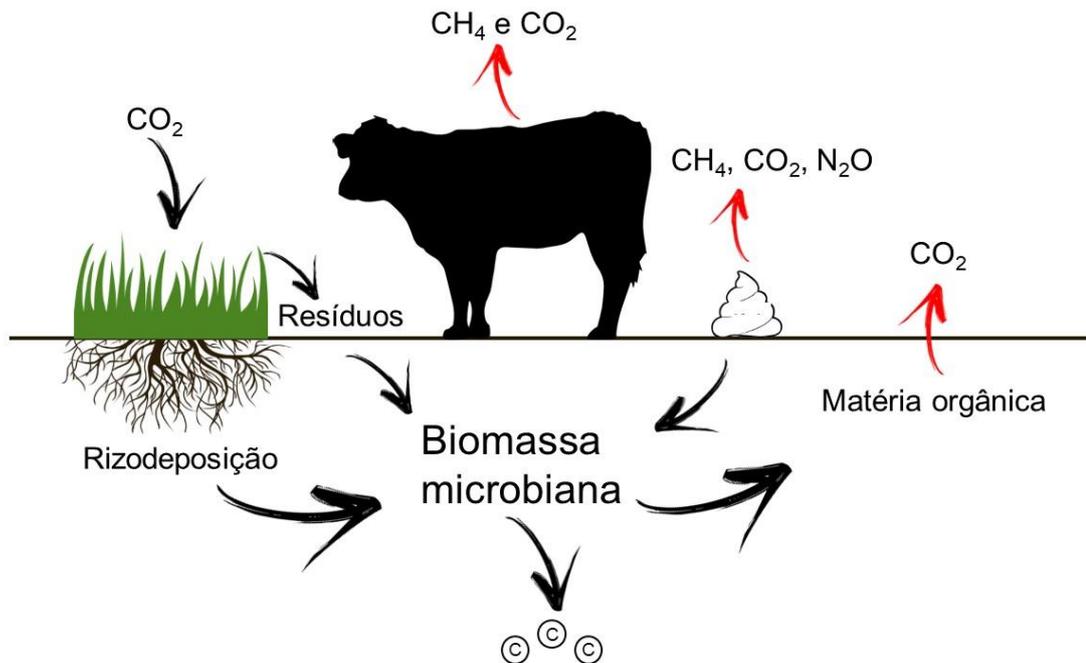
O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) apontou o aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. O setor pecuário é responsável por aproximadamente 25% dessas emissões. Os principais gases emitidos pelas produções pecuária são dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4). O N_2O e o CH_4 têm potencial de aquecimento 265 e 28 vezes maior que o CO_2 , respectivamente. Essas emissões estão diretamente ligadas com a carga animal utilizada e a qualidade e quantidade de alimento ingerida pelos animais.

É importante que se associe as produções pecuárias a manejos que visem a mitigação de gases dentro do sistema com o objetivo de produzir sem afetar negativamente o meio ambiente. Uma forma de comparar os efeitos relativos de uma fonte ou sumidouro de gases de efeito estufa contra outra é através do potencial de aquecimento global (PAG) (ROBERTSON & GRACE, 2004). O PAG é estimado em CO_2 -equivalente (IPCC, 1996, 2001), que é uma unidade reconhecida mundialmente e permite fazer comparativos de emissões entre sistemas de produção. Por isso, através de um cálculo todas as emissões de gases responsáveis pelo efeito estufa (GEE), como N_2O , CH_4 e CO_2 , são convertidas para CO_2 -equivalente, para assim se avaliar o sistema como um todo e fazer um balanço correto do seu impacto ambiental.

O balanço de carbono é o resultado da diferença entre a quantidade de carbono armazenada pelo solo anualmente, a quantidade de GEE emitida pelo solo, pela excreta e a quantidade de CH_4 entérico produzida pelos animais. Assim, o PAG de um sistema de manejo pecuário corresponde ao balanço entre as emissões de GEE e o sequestro de carbono pelo solo. Se o resultado da diferença entre emissões e sequestro for positivo, indica que o sistema está contribuindo para emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, ou seja, há potencial de aquecimento positivo. Se o resultado for negativo, indica que o sistema mitiga a emissão de GEE, ou seja, captura mais carbono do que emite (SCHIRMANN, J. et al. 2017).

O ciclo de carbono (Figura 1) é uma atividade que ocorre naturalmente e está relacionada com a vida na terra. Os seres humanos e animais emitem CO_2 para a atmosfera entre outros gases. Já as plantas capturam CO_2 para seu crescimento, devolvem oxigênio (O_2) para o ambiente e, através dos resíduos vegetais depositados no solo, determinam a decomposição microbiana que é responsável por sequestrar carbono (RUMPEL et al., 2015).

Figura 1. Esquema simplificado do ciclo do carbono. Setas vermelhas indicam as saídas dos gases do sistema e setas pretas indicam as entradas dos componentes no sistema. (Adaptado de RUMPEL et al., 2015).



As pastagens possuem um importante papel no balanço de carbono, pois possuem cerca de 20% dos estoques mundiais deste elemento (FAOSTAT, 2009, RAMANKUTTY, 2008). As plantas também contribuem com o aumento da biomassa microbiana e conseqüentemente maior acúmulo de matéria orgânica. Isso acontece através do material senescente que se deposita sobre o solo, como folhas, colmos e inflorescências, e também através da rizodeposição, que contribui para o aumento da biomassa microbiana responsável pela quantidade de matéria orgânica e carbono fixados no solo.

As entradas de carbono no solo ocorrem pela adição de carbono fotossintetizado pelas plantas (parte aérea e raízes) (COSTA et al. 2006). Essas partes capturam CO₂ e, através de suas atividades fisiológicas, liberam compostos de carbono que serão incorporados ao solo pela rizodeposição (JONES et al., 2004). A rizodeposição cria o maior insumo de carbono orgânico para solos de pastagem e favorece o armazenamento de carbono no solo (SOUSSANA, 2004). Já as perdas de

carbono para a atmosfera são basicamente resultantes da oxidação microbiana do carbono orgânico a CO_2 (COSTA et al. 2006).

Dos três GEE que são trocados por pastagens, o CO_2 é trocado pelo solo e pela vegetação, o N_2O é emitido pelos solos e o CH_4 é emitido pelos animais em pastejo e pode ser trocado com o solo (SOUSSANA et al. 2004). Por isso, a presença do animal afeta o ciclo. Eles emitem CO_2 , CH_4 e N_2O através da eructação e fezes e contribuem para a mineralização da matéria orgânica (SOUSSANA, 2004). A quantidade de matéria orgânica armazenada no solo é determinada pelo balanço de carbono, nitrogênio e fósforo que entram no solo (RUMPEL et al. 2015). O carbono armazenado no solo é o que torna as pastagens um sumidouro natural deste elemento.

Os animais se alimentam da pastagem, e o efeito do pastejo reflete diretamente na capacidade da fotossíntese, pois interfere sobre o processo de utilização da radiação disponível via remoção das folhas que são as estruturas fotossintetizantes das plantas (NABINGER 1997). Em áreas com carga animal alta, o sequestro de carbono no solo será menor, devido à alta taxa de desfolhação limitar a capacidade fotossintética adequada das plantas (LEMAIRE et al., 2009). Além do pastejo intensivo restringir o desenvolvimento das plantas, reduzindo a atividade fotossintética e a alocação de carbono no solo via parte aérea e raízes (VALLENTINE, 1990; HAN et al., 2008). Além de interferir na fisiologia das plantas os animais em pastoreio afetam os atributos do solo, o que, por sua vez, afeta a função do ecossistema (LIEBIG et al., 2006), interferindo nas emissões de GEE e no sequestro de carbono.

As práticas de manejo das pastagens adequada, como uso de pressões de pastejo moderadas, contribuirão para o sequestro de carbono nos solos, elas podem reduzir as emissões de gases de efeito estufa e contribuir com a preservação do bioma. Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos para estudar a relação entre as práticas utilizadas na produção animal e o potencial de sequestro de carbono destes sistemas. Assim, esta revisão bibliográfica irá apresentar uma visão sistemática das informações disponíveis neste campo de pesquisa.

Manejo para mitigação de gases de efeito estufa

Devido a grande contribuição que os serviços agropecuários exercem sobre as emissões de gases de efeito estufa, é importante que se encontre manejos que

explorem o potencial de mitigação desses gases dentro dos sistemas de produção. Com o intuito de reduzir as emissões de GEE e tornar as produções mais sustentáveis, diversos trabalhos vem buscando respostas para alternativas de manejo que contribuam para a mitigação dos gases de efeito estufa.

Os gases com maior potencial de aquecimento são o dióxido de carbono e o metano. As emissões de óxido nitroso são resultantes da emissão na excreta, é a porcentagem do nitrogênio presente nas fezes e urinas dos animais que é emitido na forma de óxido nitroso após a deposição dessas excretas no solo. O fator de emissão médio da excreta em pastagem nativa é menor que os 2% proposto pelo IPCC (BASTOS et al, 2017).

As emissões de metano estão diretamente ligadas ao alimento ingerido pelos ruminantes. A metanogênese ocorre de forma variada durante o dia, pois sofre influência de fatores como, volume do rúmen, capacidade de seleção e ingestão dos alimentos, tempo de retenção dos alimentos no rúmen e maior ou menor capacidade de digestão das fibras (LASSEY, 2002). Segundo JOHNSON & JOHNSON (1995), dois principais mecanismos afetam a produção de metano. Um deles é a quantidade de carboidratos da dieta que é fermentado no reticulo-rúmen, está afeta o equilíbrio entre as taxas de fermentação e passagem de carboidratos. Tem maior relação com a qualidade da dieta. O outro mecanismo, afeta o fornecimento de hidrogênio, interferindo na relação ácido propiônico e ácido acético que é produzido, quanto maior produção de ácido acético em relação ao propiônico maior será a perda de energia como metano. Está tem maior relação com o tipo de alimento ingerido, se for energético ou proteico.

Em sistemas de produção de ruminantes alimentados com forragem, o mecanismo que pode ser afetado tem relação com a qualidade da dieta. JOHNSON JOHNSON, 1995 concluiu que o metano pode ser reduzido com dietas contendo níveis mais elevados de carboidratos não-estruturais e no caso de forragens, ele é encontrado nas de maior qualidade. O aumento da qualidade da forragem, aumenta a ingestão e reduz o tempo de retenção ruminal, promovendo redução da energia da dieta transformada em CH₄ (BLAXTER & CLAPPERTON 1965).

Quantidade e qualidade da forragem estão relacionadas com o teor de emissões de GEE, conforme o consumo de forragem aumenta, a emissão de CH₄ também aumentam (KURIHARA et al., 1999; HAMMOND et al., 2013; MOORBY et al., 2015; CHARMLEY et al., 2016; ZHAO et al., 2016). Os pastos nativos apresentam

heterogeneidade de estrutura e diversificação de espécies, presença de plantas C3 e C4 no mesmo ambiente e diferentes arranjos de dossel, essa heterogeneidade espacial e temporal altera o consumo e pode influenciar na emissão de CH₄ (CEZIMBRA, 2015).

LACA & LEMAIRE (2010) definiram estrutura do pasto como a distribuição e arranjo da parte aérea das plantas em uma comunidade, essa distribuição vai estar relacionada com diversos fatores como, massa do bocado, número de bocados que irão influenciar a taxa de ingestão dos animais. Taxa de ingestão essa que influencia na quantidade de CH₄ emitida. Se a dieta dos animais for composta por mais folhas do que colmo, as emissões serão menores e se essa relação for invertida, a emissão aumenta. SAVIAN et, al, (2018), observou menores emissões em ovinos em pastejo de aveia e azevém, quando manejados no sistema rotatínuo (CARVALHO, 2013), com altura de pré e pós pastejo de 18 e 11 cm, quando comparado com o manejo tradicional, de alturas de pré e pós pastejo de 25 e 5 cm. Um dos fatores que contribuiu na redução das emissões no pastoreio rotatínuo foi a qualidade da dieta, os dados avaliando relação folha-colmo pré e pós pastejo, mostram que os animais no rotatínuo, tiveram a oportunidade de consumir uma alta proporção foliar até o momento de mudança para uma nova área de pastejo, com melhor composição química de mais proteína bruta e menor fibra em detergente neutro do que os animais no manejo tradicional.

As pastagens nativas têm sua produção de forragem influenciada pelas estações do ano (NABINGER, 1997). No inverno a taxa de acúmulo é baixa, apresentando baixa qualidade, situação de alta emissão de metano por Kg de MS consumida (CEZIMBRA, 2015). Já na primavera é o período de maior produção de forragem. E também é na primavera onde as emissões de CH₄ por kg de MS consumida são menores, ocorrendo menor custo energético para a metanogênese (CEZIMBRA 2015), isso em função do rebrote das pastagens, surgimento de novos tecidos das plantas, tornando a dieta animal mais rica em qualidade.

O método de manejo das pastagens utilizado modifica a estrutura do pasto (SAVIAN et, al. 2018; CEZIMBRA, 2015) e está influencia na ingestão de forragem pelos ruminantes, resultando na influência da emissão de CH₄. Por tanto, para se reduzir as emissões de gases de efeito estufa é importante fazer o uso de métodos de manejos do pasto correto, fazendo ajuste de carga e respeitando também as características de produção da pastagem, dessa forma se pode contribuir também

para o sequestro de carbono. Segundo HENDERSON et al. (2015), ajustes de pressão de pastejo, com a maximização da produção de forragem, podem sequestrar 148,4Tg de CO₂ por ano em pastagens em todo o mundo, indicando que as emissões de animais podem ser totalmente compensadas por maiores ganhos de sequestro de solo pelo melhor manejo do pasto.

Estoque de carbono no solo em pastagens nativas do bioma Pampa

O carbono está estocado em diversos reservatórios no planeta. São eles oceanos, atmosfera, formações geológicas, contendo carbono fóssil e mineral e ecossistemas terrestres – florestas e solos (BARRETO, 2009). Nos solos as estimativas globais são de 1500 a 2000 pg de C armazenado em seus reservatórios (IPCC, 2007). Sendo que os solos sob pastagens representando entre 10-30% dos estoques globais de carbono orgânico, ou cerca de 200-300 pg (SCURLOCK & HALL 1998). Os estoques de carbono orgânico originais são controlados pelo clima, terreno, vegetação, mineralogia do solo e interações entre esses fatores (TORNQUIST et al., 2009). Os solos sob pastagens nativas apresentam ambiente favorável para maior sequestro de carbono.

O carbono é o principal componente da matéria orgânica do solo com teor médio de 56% (TORNQUIST, 2007). Solos com maiores estoques de matéria orgânica, como é o caso de solos sob pastagens nativas (TORNQUIST et al., 2009), tornam-se maiores sumidouros de carbono. As estimativas de carbono em pastagens nativas da Europa variam de 25 Mg C ha⁻¹ em regiões desérticas a 160 Mg C ha⁻¹ (camada de 0-30) em regiões úmidas e frias (GIFFORD, 2010). Em níveis globais, os pastos úmidos têm maior potencial de sequestro de C, seguido por terras áridas e temperadas (HENDERSON et al. 2015).

O sequestro de carbono é o mecanismo responsável pela maioria do potencial de mitigação do setor agrícola, com uma contribuição estimada de 89% para o potencial técnico (IPCC 2007). No mundo todo, o potencial de sequestro de carbono orgânico do solo está estimado entre 0,01 e 0,3 tg de C por ano em 3,7 bilhões de hectares de pastagens permanentes (LAL 2004). Logo, o sequestro de carbono orgânico do solo pelas pastagens permanentes do mundo poderia potencialmente

compensar mais de 4% das emissões globais de gases de efeito estufa (SOUSSANA, 2009)

Em pastagens nativas do bioma Pampa um estudo de SCHIRMANN, 2006, avaliou a taxa de sequestro de carbono e apresentou uma tendência da oferta de forragem de 8% apresentar maior taxa (0,66 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹) em relação as ofertas de 12% (0,27 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹) e 16% (0,18 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹). Os resultados demonstraram que a utilização das ofertas de forragem de 8, 12 e 16% apresentaram potenciais de sequestrar carbono no solo em relação à oferta de forragem de 4%. Esses resultados podem ser em função de que as ofertas mais altas apresentam uma relação estrato aéreo e raízes maior, o qual está atribuído à maior produção primária líquida das pastagens, e que implica em maiores insumos de carbono para o solo (PILLAR, 2012).

A presença de touceiras aumenta a quantidade de matéria orgânica no solo, o que contribui para melhorias em suas características, como aumento dos estoques de matéria orgânica e estabilidade dos microrganismos biológicos do solo. O mesmo estudo citado anteriormente (SCHIRMANN, 2006) observou que o teor de carbono orgânico encontrado na camada de 0-10 cm em baixo das touceiras foi maior que do estrato inferior, e os fatores citados a cima são os grandes responsáveis por isso.

Outro fator que é a favor das pastagens nativas do bioma Pampa é a presença de espécies com metabolismos C4. Estas conseguem estocar maior quantidade de carbono no solo quando pastejadas em relação as plantas C3, isso porque elas possuem maior relação raiz/parte aérea e liberação de exsudatos radiculares no solo (REEDER et al., 2004; MCSHERRY e RITCHIE, 2013).

O sequestro de carbono pode minimizar as emissões de gases de efeito estufa pelos ruminantes e ainda contribuir com vários benefícios ambientais, aumentando a fertilidade do solo, aumentando capacidade de retenção de água, agregação do solo e redução da erosão (CONANT e PAUSTIAN, 2002). O sequestro de carbono no solo tem sido apontado como o principal fator que contribui para o que o potencial de aquecimento global seja negativo (SCHIRMANN, 2006). Como visto além de fatores de manejo as pastagens nativas do bioma Pampa possuem características particulares que contribuem para tornar esses ambientes um sumidouro natural de carbono.

Considerações finais

O sequestro de carbono tem potencial de minimizar as emissões de gases de efeito estufa pelos ruminantes. Através de métodos de manejo se pode aumentar o potencial de sequestro dos sistemas, além de ser um método de custo zero, manejos como ajuste de carga, utilização de altura ótima de pré e pós pastejo, respeitando o comportamento da forragem, vão contribuir com características de melhorias nos solos, aumentando o teor de matéria orgânica.

É através das folhas pela fotossíntese que o carbono é fixado no solo e por isso o bom manejo dos pastos com utilização fotossintética potencializada ao máximo é que vai, garantir maior fixação de carbono no solo. O bioma Pampa tem grande importância para a sociedade, por contribuir com diversos serviços ecossistêmicos, e seu uso através de produções pecuárias pode agregar ainda mais valor a esses benefícios, além de garantir a preservação desse ambiente tão rico.

As pastagens nativas do bioma Pampa sempre foram o berço do gaúcho, denominada Pampa, termo de origem quíchua, língua aborígine da América do Sul, sempre levou consigo a essência da figura do gaúcho, do campeiro, um povo que tira sustento dessas terras. Cenário que muitas vezes foi retratado em músicas e poesias que carregam consigo o amor pelo chão e pelo que ele proporciona. Mais do que preservar um bioma, a conservação do pampa é manter viva a cultura e identidade de um povo.

Uma forma de contribuir para a preservação das áreas de campos ainda existem, é se pensar em sistemas de produção mais rentáveis. Para que manejos como o ajuste de carga possam ser realizados com sucesso os produtores precisam de áreas que possibilite a eles articular através de estratégias para potencializar a produção. Por isso, um sistema que tenha até 20% de produção de grãos como a soja, possibilita ao produtor, planejar áreas diferenciadas com pastagens cultivadas fora do período de produção de grão, além de fornecer maior capital de giro. Sendo assim, a produção de grão pode ser uma aliada da conservação dos campos e não uma inimiga.

Referências

ATLAS – **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Disponível <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/bovinos>>. Acesso em: 19 setembro de 2018.

ALIANZA DEL PASTIZAL. Disponível em: <http://www.alianzadelpastizal.org/institucional/ibas/>. Visão e Missão. 2014. Acesso em: 22 novembro de 2018.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. **Sequestro de carbono**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Brasil. 10p. 2009.

BARRIOS, E. **Soil biota, ecosystem services and land productivity**. Ecological Economics 64, p. 269–285, 2007.

BASTOS, D. F. et al. **Soil direct N₂O emissions due to bovine excreta deposition in native grassland at Southern Brazil: Effect of different year's seasons**. In: 2017 - ASA, CSSA & SSSA International Annual Meeting, 2017, Tampa. Managing global resources for a secure future,, 2017.

BEHLING, H. et al. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: JESKE-PIERUSCHKA, V.; Schüler, L.; PILLAR, V. D. (Eds). **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 13-24, 2009.

BENCKE G.A. et al. In: FONTANA C.S., DIAS R.A., MAURÍCIO G.N. & MÄHLER J.K.F (Eds). **Aves**. Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul Ed. PUCRS, Porto Alegre, p. 189-479, 2003.

BLAXTER, K.L. CLAPPERTON, L., Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **The British Journal of Nutrition**. V19, p 511-522. 1965.

BOLDRINI I.I. Biodiversidade dos campos sulinos. In: I Simpósio de Forrageiras e Produção Animal – Ênfase: Importância e Potencial produtivo da pastagem nativa (eds DAL'AGNOL M, NABINGER C, ROSA LMG, SILVA JLS, SANTOS DT, SANTOS RJ). UFRGS, **Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia**, Porto Alegre, p. 11-24, 2006.

BOLDRINI, I.I. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização fisionômica e problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências**, n. 56. 39 p.1997.

BREMM, C. et al. Foraging behaviour of beef heifers and ewes in natural grasslands with distinct proportions of tussocks. **Applied Animal Behaviour Science**. Porto Alegre. v. 141. p. 108–116. 2012.

CÁCERES N.C., CHEREM J.J. & GRAIPEL M.E. **Distribuição geográfica de mamíferos terrestres na Região Sul do Brasil**. *Ciência & Ambiente* 35: 167-180. 2007.

CARVALHO, P. C. F. et al. Produção animal no bioma campos sulinos. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 35, p. 156-202, 2006.

CARVALHO, P.C.D.; BATELLO, C. **Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: The natural grasslands dilemma**. *Livestock Science, Amsterdam*, v. 120, n. 1-2, p. 158-162, 2009.

CARVALHO, P.C.F. **Harry Stobbs Memorial Lecture: can grazing behavior support innovations in grassland management**. *Trop. Grassl.* 1, 137e155. 2013.

CARVALHO, P.C.F., Santos, D.T., Neves, F.P. **Oferta de forragem como condicionadora da estrutura do pasto e do desempenho animal**. In: Dall’Agnol, M., Nabinger, C., Santana, D.M. et al. (Org.), *Sustentabilidade Produtiva do Bioma Pampa*. Porto Alegre, vol. 1, p. 23–60. 2007.

CEZIMBRA, I. M. **Emissão de metano por bovinos sob níveis de oferta de forragem em pastagem nativa do Bioma Pampa**. 2015. 99f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação e Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CHARMLEY, E. et al. A universal equation to predict methane production of forage-fed cattle in Australia. **Anim. Prod. Science**. 56, p.169-180. 2016.

CONANT, R.T., PAUSTIAN, K. Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. **Global Biogeochem. Cycles** 16, p.1143. 2002.

COSTA, F. S., BAYER, C., ZANATTA, J. A., MIELNICZUK, J. **Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 32. p.323-332, 2008.

COSTA, F.S.; GOMES, J.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação das emissões de gases de efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Ci. Rural**, 36.p.693-700, 2006.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387: p. 253-260, 1997.

COP21 - **21ª Conferência das Partes**. Disponível em: www.nacoesunidas.org/cop21. Acessado em 24 novembro 2018.

CSR/IBAMA - **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA, Monitoramento do bioma Pampa**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> 2010. Acesso: 10 setembro 2018.

DEVELEY, P., F. et al. Conservação das aves e da biodiversidade no bioma Pampa aliada a sistemas de produção animal. **Revista Brasileira de Ornitologia**, 16(4) p. 308-315. 2008

J.D. DERNER, G.E. SCHUMAN. **Carbon sequestration and rangelands: a synthesis of land management and precipitation effects** J. Soil Water Conserv., 62, pp. 77-85. 2007.

EISENBERG J.F. & REDFORD K.H. Mammals of the Neotropics: The Central Neotropics. University of Chicago Press, Chicago. 1999.

FAOSTAT. **FAOSTAT database**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://faostat.fao.org/>. 2013.

FAOSTAT. **FAOSTAT database**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://faostat.fao.org/>. 2009.

FONTANA C.S., BENCKE G.A. & REIS R.E. Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul. Ed. PUCRS, Porto Alegre. 2003.

GIFFORD, R.M. Carbon status and carbon sequestration potential in the world's grasslands. In: PETRI, M. B., C.; VILLANI, R.; NACHTERGAELE F. (Ed.) **Grassland carbon sequestration: management, policy and economics**, Rome. Cap.3, p.19-31. 2010.

GIRARDI-DEIRO, A.M.; GONÇALVES, J.O.N. **Estrutura da vegetação de um campo natural submetido a três cargas animais na região sudoeste do Rio Grande do Sul.** In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em Ovinos. Coletânea das Pesquisas. v. 1 (EMBRAPA. CNPO. Documentos, 3) p.33- 62. 1987.

GONÇALVES, E. N., et al. Relação planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. **Brazilian Journal of Animal Science** 38, p.1655-1662. 2009.

GONZÁLEZ E.M. **Guía de campo de los mamíferos de Uruguay.** Introducción al estudio de los mamíferos. Vida Silvestre, Montevideú. 2001.

HAMMOND, K.J., et al. Effects of feed intake on enteric methane emissions from sheep fed fresh white clover (*Trifolium repens*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*) forages. **Anim. Feed Sci. Technol.** 179, p.121-132. 2013.

HAN, G. et al. **Effect of grazing intensity on carbon and nitrogen in soil and vegetation in a meadow steppe in Inner Mongolia.** Agriculture Ecosystems & Environment, Amsterdam, v. 125, n. 1-4, p. 21-32, 2008.

HENDERSON, B.B., et al. **Greenhouse gas mitigation potential of the world's grazing lands: modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices.** Agric. Ecosyst. Environ. 207, p.91-100. 2015.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Rio Grande do Sul. 2004. Disponível em:< <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?coduf=43>>. Acesso em: 19 set. 2018.

IPCC - **Intergovernmental Panel on Climate Change.** Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland: IPCC, 2007. 104p. Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm. Acessado em 28 novembro de 2018.

IPCC - **Intergovernmental Panel on Climate Change.** Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report

of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland: IPCC, 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis, Cambridge, Cambridge University Press.

IPCC - **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland: IPCC, 1996, Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, Cambridge University Press.

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

JOHNSON, K.A., JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. 73, p.2483-2492. 1995.

JONES, D.L. et al. Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. **New Phytologist**, Cambridge, v. 163, n. 3, p. 459-480, 2004.

KURIHARA, M. et al. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. Br. **Journal Nutrition**. 81, 227-234. 1999.

LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: T'MANNETJE, L.; JONES, R. M. (Ed.). Field and. 2000.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, Nova Iorque, v.304, p.1623–1627, 2004b.

LASSEY, K.R. Methane emission by grazing livestock: some findings on emission determinants. In: International symposium, Maastricht the Netherlands, NON-CO2 greenhouse gases, 3, Netherlands. Proceedings. Netherlands: Millpress, 2002. P. 95-100. 2002.

LEMAIRE et al., 2009 **Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review** Grass Forage Sci., 64 (2009), pp. 341-353. 2009.

LIEBIG, M.A. et al. Soil response to long-term grazing in the northern Great Plains of North America. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 115, n. 1–4, p. 270-276, 2006.

MARASCHIN, G. E. et al. Native pasture, forage on offer and animal response. **XVIII Intl Grassland Congress**. Saskatoon Canadá. Paper 288. Vol. II. 1997.

MARASCHIN, G. E. et al. **Native pasture, forage on offer and animal response**. XVIII Intl Grassland Congress. Saskatoon Canadá. Paper 288. Vol. II. 1997.

MCCARTOR, M. M., and F. M. ROUQUETTE, JR. Grazing pressures and animal performance from pearl millet. **Agronomy Journal**. v 69 p. 983-987. 1977

MCSHERRY, M.E.; RITCHIE, M.E. Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review. **Global Change Biology**, Oxford, v. 19, n. 5, p. 1347-1357, 2013.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis**. Island Press, Washington, DC. Also available at:. 2005.

MOORBY, J.M. et al. Can live weight be used as a proxy for enteric methane emissions from pasture-fed sheep? **Journal of Animal Science**. Rep. 5, p.1-9. 2015.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 625 p., 2006.

NABINGER, C. et al. Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. **Campos Sulinos**. Brasília. Ministério do Meio Ambiente – MMA. p. 175-196. 2009.

NABINGER, C. et al. Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿es posible mejorarlos con más productividad? **Asociación Latinoamericana de Producción Animal**. Vol 19, número 3-4 p.27-34. 2011.

NABINGER, C. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropico brasileiro. In: Dall’Agnol, M.; Nabinger, C.; Rosa, L.M.; et al. (org.) SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS, 1, 2006, Porto Alegre, **Anais...** Canoas: Ulbra, 2006, p.25-76

NABINGER, C. **Princípios da exploração intensiva das pastagens.** In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (Eds.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS: PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, 13, 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 15-95.

OVERBECK, GE. et al. O bioma negligenciado do Brasil: O sul brasileiro Campos. Ambos, R. e FORNECK, ED. **Perspectivas em Ecologia Vegetal, Evolução e Sistemática**, vol. 9, p. 101-116. 2007.

PILLAR, VD., TORNQUIST, CG. AND BAYER, C. The southern Brazilian grassland biome: soil carbon stocks, fluxes of greenhouse gases and some options for mitigation. **Brazilian Journal Biologic.** vol.72 no.3 supl.0 São Carlos. 2012.

PINTO, E., C.; WALLAU, M.; BOLDRINI, I., **Estrutura da vegetação e composição florística.** (Boletim técnico, 1). Nativão 30 anos de Pesquisa em campo nativo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2017.

QUADROS, F.L.P. et al. Uso de tipos funcionais de gramíneas como alternativa de diagnóstico da dinâmica e do manejo dos campos naturais. In: **43 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.** Sociedade Brasileira de Zootecnia, João Pessoa, p. 1-4, 2006.

RAMANKUTTY, et al. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. **Global Biogeochem.** V. 22 p.1003. 2008.

REEDER, D.J. et al. Response of Organic and Inorganic Carbon and Nitrogen to Long-Term Grazing of the Shortgrass Steppe. **Environmental Management**, New York, v. 33, n. 4, p. 485-495, 2004.

REIS R.E. et al. **Peixes.** In: Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul (eds. Fontana CS, Bencke GA & Reis RE). Ed. PUCRS, Porto Alegre, pp. 117-145. 2003.

ROBERTSON, G.P.; GRACE, P.R. Greenhouse Gas Fluxes in Tropical and Temperate Agriculture: The need for a Full-Cost accounting of Global Warming Potentials. **Environment, Development and Sustainability**, Dordrecht, v. 6, n. 1, p. 51-63, 2004.

RUMPEL, C. et al. The impact of grassland management on biogeochemical cycles involving carbon, nitrogen and phosphorus. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 15, n. Weinheim, p. 353-371, 2015.

SAVE BRASIL. **Sociedade para a Conservação das Aves do Brasil**. Disponível em: <http://www.savebrasil.org.br>. 2004

SAVIAN, J. et al. Rotatinoous stocking: A grazing management innovation that has high potential to mitigate methane emissions by sheep. **Journal of Cleaner Production**. Porto Alegre. v. 186 p.602-608. 2018.

SCHIRMANN, J. **Balanco de carbono e emissão de gases de efeito estufa em campo nativo do bioma Pampa**. 138f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SCHIRMANN, J. et al. **Balanco de carbono e emissões de gases de efeito estufa**. (Boletim técnico, 1). Nativão 30 anos de Pesquisa em campo nativo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2017.

SCHOSSLER, D. **Identificação de Serviços Ecossistêmicos de Campos Naturais no Bioma Pampa e Valoração do Estoque de Carbono do solo utilizando a metodologia TESSA**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016

SCURLOCK, J.M.O. & Hall, D.O. The global carbon sink: a grassland perspective. **Global Change Biology**, 4, p.229-233. 1998.

SOLLENBERG, L. E., et al. Reporting forage allowance in grazing experiments: na alternative approach. **Crop Science**: v 45. p. 896-900. 2005.

SOUSSANA, J-F. et al., Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. **Soil Use and Management**. France. 20, p. 219-230. 2004.

SOUSSANA, J-F. Os desafios da ciência das pastagens européias são relevantes para os Campos Sulinos? In PILLAR, VD., MÜLLER, SC., CASTILHOS, ZMS. and JACQUES, AVA. (Eds.). **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 331-344. 2009.

TEEB Foundations. **The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations**. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan, London. 2010.

TORNQUIST, C. G. **Simulação da dinâmica do carbono orgânico do solo em escala regional: aplicação do Modelo Century e sistemas de informações geográficas**. 156f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

TORNQUIST, CG, GIASSON, E., MIELNICZUK, J., CERRI, CEP. e BERNOUX, M. Estoques de carbono orgânico no solo do Rio Grande do Sul, Brasil. **Soil Science Society of America Journal**. vol. 73, p. 975-982. 2009.

UNFCCC - **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Disponível em: www.unfccc.int

VALLENTINE, J.F. **Grazing management**. San Diego, Califórnia: Academic Press, 1990. 528 p.

ZHAO, Y.G., CONNELL, N.E.O., YAN, T. Prediction of enteric methane emissions from sheep offered fresh perennial ryegrass (*Lolium perenne*) using data measured in indirect open-circuit respiration chambers. **Journal of Animal Science**. 94, p.2425-2435. 2016.