

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ANA LUIZA VELAZQUEZ SCHULTZ**

**INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO PECUÁRIA E SEU IMPACTO NO  
BALANÇO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA: UM ESTUDO DE CASO NO  
BIOMA PAMPA**

**Porto Alegre  
2020**

**Ana Luiza Velazquez Schultz**

**INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO PECUÁRIA E SEU IMPACTO NO  
BALANÇO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA: UM ESTUDO DE CASO NO  
BIOMA PAMPA**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, na  
Faculdade de Agronomia, da Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul.

**Orientador:** Paulo César de Faccio Carvalho

**Coorientador:** Jean Victor Savian

**Porto Alegre  
2020**

## CIP - Catalogação na Publicação

Velazquez Schultz, Ana Luiza  
INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO PECUÁRIA E SEU IMPACTO  
NO BALANÇO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA: UM ESTUDO DE  
CASO NO BIOMA PAMPA / Ana Luiza Velazquez Schultz. --  
2020.

91 f.

Orientador: Paulo César De Faccio Carvalho.

Coorientador: Jean Victor Savian.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Gases do Efeito Estufa. 2. bioma Pampa. 3.  
Mudanças climáticas. 4. Sistemas de produção. 5.  
Bovinocultura de corte. I. De Faccio Carvalho, Paulo  
César, orient. II. Savian, Jean Victor, coorient.  
III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Ana Luiza Velazquez Schultz  
Zootecnista

## DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### MESTRE EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 27.03.2020  
Pela Banca Examinadora

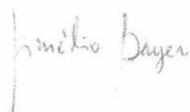


PAULO CÉSAR DE FACCIO CARVALHO  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador

Homologado em: 29/04/2020  
Por



DANILO PEDRO STREIT JR.  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia



Cimélio Bayer  
UFRGS



Davi Teixeira dos Santos  
SIA



Júlio Kuhn Da Trindade  
IRGA



CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de Agronomia

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus avós maternos Adão Childes e Neiva Pires (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Elevo meu coração ao céu e agradeço a Deus, pela benção da vida, por ser meu fiel guia e iluminar meu caminho. Pela generosidade de me presentear com pessoas maravilhosas. Gratidão!

Aos meus amados pais Luiz Felipe Schultz e Rosana Pires Velazquez Schultz, por tanto amor, confiança e proteção em todos os momentos, pois tudo que conquistei foi para vocês. Eu amo vocês.

Aos meus irmãos Rossana e Luiz Gabriel, pela amizade, companheirismo e por cada recepção calorosa em Santana do Livramento. Obrigada por entender minhas ausências em vários momentos da vida. Eu amo vocês.

Aos meus queridos dindos Glória e Alexandre, por não medirem esforços em me acolher como filha em Porto Alegre. Ao meu cunhado André, pelo carinho amigo.

Ao meu orientador Paulo César de Faccio Carvalho, agradeço ao aprendizado confiança e oportunidade concedida ao Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo. És fonte de admiração, grata pela orientação.

Aos meus queridos amigos Will, Jusi e Savian, por toda paciência, acolhimento, dedicação. Vocês foram incansáveis e estiveram sempre prontos para me ajudar. Meu grande abraço a vocês.

À empresa SIA, pela confiança, disponibilidade das informações e acolhimento ao longo desses cinco anos de convivência.

Ao Davi Teixeira, o meu afetuoso e sincero agradecimento por me apoiar desde o início da minha jornada no Agro e acreditar no meu potencial. És meu grande exemplo.

A todos os colegas e colaboradores do Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo (GPEP), pelo convívio caloroso, trocas de experiência, crescimento e alegre companhia, em especial às minhas amigas Débora, Isa e Gleice. Sentirei saudades da alegria e de todos os momentos compartilhados com vocês.

Ao meu grande amigo Paulo Marsiaj e seus pais Bel e Paulo Anibal, minha gratidão pelo carinho e acolhimento como filha. A certeza do convívio com esta família foi um presente divino. Sou grata.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e professores, pelo acesso ao conhecimento e oportunidade de desenvolver a minha formação.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim a todos àqueles que fazem parte da minha vida e que são essenciais para eu ser, a cada dia nessa longa jornada, um ser humano melhor. De coração: **MUITO OBRIGADA!**

# INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO PECUÁRIA E SEU IMPACTO NO BALANÇO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA: UM ESTUDO DE CASO NO BIOMA PAMPA

Ana Luiza Velazquez Schultz<sup>a\*</sup> e Paulo César de Faccio Carvalho<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS 91540-000, Brasil.

Autor correspondente: [aninhaschultz\\_19@hotmail.com](mailto:aninhaschultz_19@hotmail.com)

## RESUMO

Os desafios do setor produtivo frente às mudanças climáticas geram forte pressão na busca de conhecimento sobre os sistemas de produção pecuária para gerar alternativas minimizadoras de impacto ambiental. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes perfis de produção no balanço de Gases do Efeito Estufa (GEE) de 135 propriedades rurais inseridas no bioma Pampa. A base de dados pertencente a empresa Serviço de Inteligência em Agronegócio (SIA), foi utilizada no intuito de estimar as emissões e remoções de metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em nível de sistema, excetuando-se a compra e a comercialização dos produtos. O balanço de GEE baseou-se na metodologia do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) utilizando fatores do IPCC e de artigos publicados. A análise de cluster baseada nas características produtivas das propriedades identificou cinco grupos de propriedades rurais conforme o resultado do balanço de gases. O cenário de maior emissão de GEE refere-se ao Grupo V (2.5 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) caracterizado por propriedades que reduziram em 23% a porcentagem de campo nativo, substituindo-o por arranjo forrageiro mais diversificado (i.g. pastagem natural melhorada, pastagem cultivada e lavoura), o que leva a maiores cargas animais no sistema (91.9 kg de PM/ha). Diferentemente, propriedades que mitigam GEE refere-se ao cluster I (-1.0 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) com arranjo pastoril caracterizado por maiores porcentagens de áreas de SIPA (38%) e produção agrícola (23%). O rebanho da propriedade foi a variável de maior influência nos resultados de emissão de GEE total do sistema (cerca de 70%), seguido dos dejetos animais (12%), das emissões provindas da pastagem (9.6%) e da lavoura (4%) e os custos operacionais (3.8%). Deste modo, confirma-se a hipótese de que a intensificação da pecuária de corte nos sistemas produtivos do bioma Pampa através do *redesign* dos sistemas produtivos alterou o balanço de Gases responsáveis pelo Efeito Estufa (GEE). O cluster I (-1 t de CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) foi mais eficiente em mitigar os efeitos da produção agropecuária na emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, sendo 61.5% superior aos demais. Nestes sistemas, as emissões líquidas foram totalmente compensadas pelo sequestro de carbono do solo devido ao arranjo do sistema.

**Palavras-chave:** balanço de gases do efeito estufa; bioma Pampa; mudanças climáticas; pastagens naturais; sistemas de produção

# INTENSIFICATION OF LIVESTOCK PRODUCTION AND ITS IMPACT ON THE BALANCE OF GREENHOUSE GASES: A CASE STUDY IN THE PAMPA BIOME

Ana Luiza Velazquez Schultz<sup>a\*</sup> e Paulo César de Faccio Carvalho<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Grazing Ecology Research Group, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS 91540-000, Brazil.

Autor correspondente: [aninhaschultz\\_19@hotmail.com](mailto:aninhaschultz_19@hotmail.com)

## ABSTRACT

The challenges of the productive sector facing climate change generate strong pressure in the search for knowledge concern livestock production systems to generate alternatives that minimize environmental impact. In this context, the objective of this study was to evaluate the effect of different production profiles on the greenhouse gas (GHG) balance of 135 farms in the Pampa biome in southern Brazil. The database belonging to the Agribusiness Intelligence Service (AIS) was used to estimate the emissions and removals of methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) at the system level, except purchase and commercialization of products. The GHG balance was based on the methodology proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and peer reviewed research on this theme. The cluster analysis based on the productive characteristics of the properties identified five groups according to the result of the carbon balance. The scenario with the highest GHG emissions refers to cluster V (2.5 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/year) characterized by properties that reduced by 23% the percentage of native grassland with a more diversified forage arrangement (ig natural pasture improved, cultivated pasture and crops), and also presented higher animal stocking rate in the system (91.9 kg of PM / ha. Differently, properties that mitigate GHG refer to cluster I (-1.0 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) with pastoral arrangement characterized by higher percentages of SIPA areas (38%) and agricultural production (23%). The herd of the property was the variable with the greatest influence on the system's total GHG emission results (around 70%), followed by animal wastes (12%), emissions from pasture (9.6%) and crops (4%) and operating costs (3.8%), thus confirming the hypothesis that the intensification of beef cattle in systems production of the Pampa biome through the redesign of production systems changed the balance GHG. Cluster I (-1 t CO<sub>2</sub>- eq./ha/year) was more efficient in mitigating negative effects of agricultural production being 61.5% higher than the others. In these systems, net emissions were fully offset by the carbon sequestration of the soil due to the system's arrangement.

**Keywords:** greenhouse gas balance; Pampa biome; climate changes; natural grasslands; production systems

<sup>1</sup>Master dissertation in Forage Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (90 p.) March, 2020.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO I.....5

**Figura 1** - Síntese de resultados experimentais em pastagem natural, ordenado de acordo com a intensificação do uso de tecnologias de processos e de insumos, sobre a produtividade anual de peso vivo por área e o seu efeito sobre os serviços ecossistêmicos (adaptado de Carvalho et al. 2012). 17

**Figura 2** - Esquema do ciclo de Carbono sob efeitos do acoplamento e desacoplamento do C, N, P na comunidade vegetal (Adaptado de Rumpel et al., 2015). 22

**Figura 3** - Mapa do RS com a distribuição dos municípios e a frequência das propriedades rurais estudadas. (Fonte: MapBiomas e adaptado pela autora). 8

**Figura 4** -Descrição simplificada dos manejos nos diferentes usos do solo (seta cinza) e os prováveis impactos se retornarmos à vegetação nativa (seta azul) em sistemas de produção (círculo pontilhado). 9

**Figura 5** -Relação entre o balanço de GEE do solo e a carga animal convertida em peso metabólico dos animais nas 135 fazendas avaliadas no bioma Pampa ( $P < 0.001$ ). 34

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Descrição média das estimativas dos tratos culturais nas propriedades rurais. 10
- Tabela 2-** Descrição média do rebanho bovino e ovino presente nas propriedades rurais. 11
- Tabela 3** - Descrição dos índices utilizados para calcular o sequestro de C nas propriedades rurais de acordo com a informação do uso do solo. 12
- Tabela 4** - Média em percentual e erro padrão da média dos diferentes usos do solo em relação a área total. 27
- Tabela 5** - Fonte das emissões de GEE totais subdivididas entre os dejetos dos animais (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), a fermentação entérica dos ruminantes (CH<sub>4</sub>), Aplicação de fertilizantes e defensivos químicos na lavoura e na pastagem (N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>) e os custos operacionais das culturas temporárias (CO<sub>2</sub>) convertidas em CO<sub>2</sub>-eq.nas propriedades em percentual. 30
- Tabela 6-** Ordem decrescente de importância das variáveis para o balanço de GEE. A importância de cada variável é medida pelo percentual de redução no quadrado médio do erro com a sua inclusão no modelo de predição da variável dependente Balanço de Carbono. \* % em relação área total. 33
- Tabela 7** - Descrição média e o erro padrão da média relacionada a área total (hectare), balanço de GEE (t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), emissão total de GEE (t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), emissão dos animais (t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) e carga animal (kg de PM/ha/ano) das classes das fazendas inseridas no bioma Pampa. 35

## LISTA DE ABREVIATURAS

an:	Animal
C:	Carbono
CaCO <sub>3</sub> :	Carbonato de cálcio
C-CO <sub>2</sub> :	Concentração de carbono na molécula de equivalência de gás carbônico
CH <sub>4</sub> :	Metano
Cm:	Centímetros
CO <sub>2</sub> :	Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> -eq.:	Equivalência em dióxido de carbono
exc:	Excretas dos animais
F:	Fêmea
FAO:	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FAOSTAT:	<i>Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database</i>
FE:	Fator de emissão de gases do efeito estufa
FS:	Fator de sequestro de carbono
GEE:	Gases de Efeito Estufa
GLM:	<i>Generalised linear model</i>
ha:	Hectares
I:	Inverno
IBGE:	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC:	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
Kg:	Quilogramas
l: Litro	Litro
LAV:	Lavoura
M:	Macho
Mg:	Megagrama

MS:	Matéria seca
N:	Nitrogênio
N <sub>2</sub> O:	Óxido nitroso
PCIp:	Pastagem cultivada de inverno perene
PCVa:	Pastagem cultivada de verão anual
PCVp:	Pastagem cultivada de verão perene
PM:	Peso metabólico
PN:	Pastagem natural
PNM:	Pastagem natural melhorada
PCla:	Pastagem cultivada de inverno anual
PPA:	Porosidade do solo preenchida por água
PV:	Peso vivo
RS:	Rio Grande do Sul
SIA:	Serviço de Inteligência em Agronegócio
t:	Tonelada
Tg:	Teragrama
T0	Tempo inicial
V:	Verão
WRI:	World Resources Institute

## Sumário

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>15</b>
1. INTRODUÇÃO GERAL	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Caracterização e produção do bioma Pampa	17
2.2 Formas de intensificar os sistemas de produção	18
2.3 Mudanças Climáticas e Gases do Efeito Estufa	20
2.4 Inventário dos Gases de Efeito Estufa	23
2.5 O Balanço de Gases do Efeito Estufa	23
3. HIPÓTESE	28
4. OBJETIVOS GERAIS	28
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>29</b>
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1 Área de estudo	34
2.2 Coleção de dados	34
2.3 Características dos Sistemas de Produção Agropecuários	35
2.4 Componentes do balanço das emissões nos Sistemas de Produção	38
2.5 Análise estatística	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4. CONCLUSÃO	53
5. AGRADECIMENTOS	53
6. REFERÊNCIAS	54
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>62</b>
CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
<b>APÊNDICES</b>	<b>63</b>
REFERÊNCIAS	65
<b>APÊNDICE</b>	<b>62</b>
<b>VITA</b>	<b>91</b>

## CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Considerado como mecanismo natural de aquecimento da atmosfera, o efeito estufa é responsável por manter a temperatura média do planeta e assegurar a existência dos seres vivos na biosfera. Entretanto, estima-se um aumento médio de 1.4 a 5.8°C da temperatura global nos próximos 100 anos (CHANGE, 2014; VIÇOSA, 2014), decorrente do aumento da concentração de Gases do Efeito Estufa (GEE), tais como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (AUDSLEY; WILKINSON, 2014; MEINZEN-DICK *et al.*, 2015; NEMECEK; KÄGI; BLASER, 2007; SMITH *et al.*, 2008).

As fontes das emissões de GEE dividem-se em subsetores da agricultura e pecuária, os quais 14.5% das atividades antropogênicas globais são destinadas aos sistemas de produção animal (HUTCHINGS *et al.*, 2018). Deste valor, 79% corresponde a bovinocultura de corte e leite, 6% para a produção vegetal, 6% para fertilizantes nitrogenados e os 7% restantes para outras fontes (SEEG; IMAFLORA, 2018).

O gargalo das mudanças climáticas frente à pecuária enfrenta grandes preocupações, sobretudo no Brasil, com um rebanho bovino de ~218 milhões de cabeças (IBGE, 2018) que emitem aproximadamente 63% do total de CH<sub>4</sub> do país (Gerais; Preliminares, 2011; Gershenson; Gierasch, 2011). De fato, existe probabilidade de crescimento da participação brasileira nas emissões, visto que cenários futuros preveem aumento da população mundial em ~2.25 bilhões até 2050, acarretando incremento na demanda de alimentos, principalmente proteína de origem animal (Alexandratos; Bruinsma, 2012).

No Sul do Brasil, os sistemas pecuários do Rio Grande do Sul (RS) dependem das pastagens naturais do bioma Pampa (De Faccio Carvalho; Batello, 2009; Pillar; Tornquist; Bayer, 2012; Ruviaro *et al.*, 2015; Vasconcelos *et al.*, 2018), o que torna relevante o correto manejo das mesmas. Através dos sistemas produtivos, observa-se constante mudança na configuração do bioma, pelo fato de aumentar as proporções de áreas agrícolas e cultivadas (espécies exóticas) nestes ambientes. Este processo oportuniza a formação de distintos arranjos pastoris (i.e., intensificação do sistema) gerados a partir da diversidade do ambiente (Doré *et al.*, 2011), que por sua vez maximiza a eficiência do sistema, ao mesmo tempo que contribui para as mudanças climáticas.

Segundo Ruviaro *et al.* (2015) a intensidade de emissão pode ser reduzida com a mudança do arranjo dos sistemas produtivos de bovinos de corte da região Sul do Brasil. Animais em pastagens naturais emitem 42.6 CO<sub>2</sub>-eq./kg de ganho de peso vivo, ao passo que, em áreas naturais melhoradas (i.e. introdução de espécies exóticas) ou com pastagem de azevém e sorgo emitem 20.1 kg CO<sub>2</sub>-eq./kg de ganho de peso vivo. Enquanto, na região Central do Brasil, estima-se valor de 28.1 de CO<sub>2</sub>-eq./kg de carcaça produzida, em pastagem de braquiárias (Agronomia; Cardoso, 2012). Além das emissões, o estoque de carbono (C) nos solos do Sul do Brasil varia conforme a intensidade de pastejo (Da Silva *et al.*, 2014).

Desta forma, faz-se necessário entender o comportamento da intensificação da produção pecuária frente o impacto nas emissões de GEE no bioma Pampa, a fim de prosperar em cenários futuros, sistemas mais sustentáveis. Segundo Palmer; Silber (2012), práticas sustentáveis na agropecuária auxiliam na mitigação dos GEE, através da redução das emissões e aumento do sequestro de carbono no solo nestes ambientes

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Caracterização e produção do bioma Pampa

Encontra-se no Brasil um ambiente predominantemente pastoril, caracterizado por grande diversidade de ecossistemas que compõem seis biomas, os quais possuem condições específicas quanto aos tipos de solo, vegetação, condições climáticas e ações antrópicas. O Rio Grande do Sul está predominantemente representado pelo bioma Pampa, ocupando 63% da área do Estado e 2,07% do Brasil (IBGE, 2004). Abrange uma vasta e heterogênea área de pastagens naturais, com 523 espécies de gramíneas, 250 espécies de leguminosas (Boldrini, 1993; Miotto; Waechter, 2003), 357 espécies compostas (Matzenbacher, 2003) e mais de 200 espécies de ciperáceas (Sampaio *et al.*, 2003), diversidade esta atribuída a variabilidade da fertilidade do solo, do clima, altitude e influência do pastejo e do fogo (Allen *et al.*, 2011).

Segundo Quadros *et al.* (2006), em média 60 a 80% da área do bioma Pampa é ocupada por gramíneas, com associação de espécies de metabolismo C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> na mesma escala espaço temporal, devido a caracterização do Rio Grande do Sul por verões quentes e invernos frios – zona de transição – do clima tropical para o clima temperado (Boldrini, 2006). Pastagens naturais possuem majoritariamente espécies de metabolismo C<sub>4</sub>, com características estivais e estacionais, ou seja, de menor produção de matéria seca no período hibernal. As taxas de acúmulo diárias permanecem entre 25-35 kg de matéria seca (MS) por hectare (ha) entre a primavera/verão e 0-5 kg de MS/ha no inverno, com uma produção anual de matéria seca entre 2.500 e 4.000 kg de MS/ha (Carvalho *et al.*, 2006).

Alternativas para melhorar a eficiência de uso deste recurso natural devem ser incorporadas, já que a produtividade média anual de peso vivo (PV) de bovinos no estado varia entre 60 a 70 kg de PV/ha (Carvalho *et al.*, 2006), atribuído ao equivocado manejo dos pastos (Reid *et al.*, 2004). Em pastagens naturais, Gonçalves *et al.* (2009) preconizam altura do pasto como parâmetro de manejo e concluem que, valores entre 9 e 13 cm permite máxima taxa de ingestão dos animais, além de promover benefícios aos atributos do pasto (maior densidade de lâminas foliares). Em sequência, Bremm *et al.* (2012) citam a importância de não exceder 35% do percentual de cobertura de touceiras na área pastejada pelos

animais, pois este percentual atribui efeito direto na produção primária e secundária, afetando o desempenho dos animais.

Sendo assim, o uso racional de tecnologias nos modelos de produção permite maiores eficiências produtivas ao mesmo tempo que auxilia na preservação destes ambientes pastoris naturais (Lagemann *et al.*, 2016). Neste caso, determinar a frequência de uso das pastagens cultivadas e manter a vegetação nativa como elemento principal da matriz forrageira, pode auxiliar na preservação das áreas remanescentes do bioma Pampa.

## **2.2 Formas de intensificar os sistemas de produção**

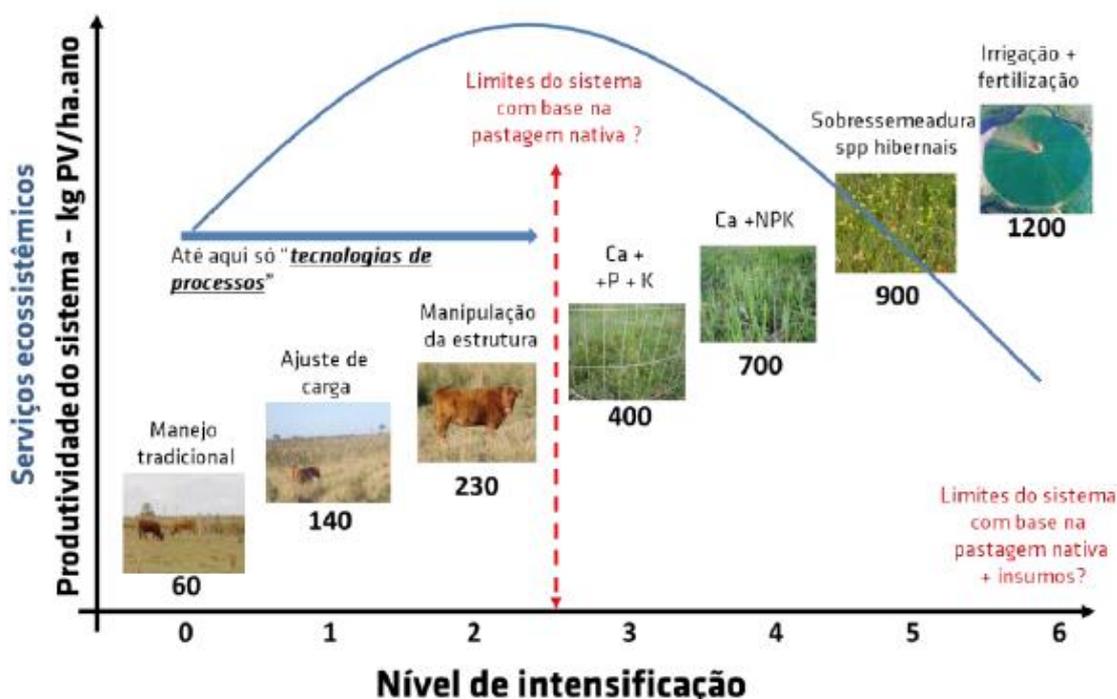
No Sul do Brasil, a pastagem natural é o substrato base da pecuária, o que a torna tema central de diversos estudos os quais caracterizam o ambiente do Pampa. No entanto, mesmo com o amplo suporte científico que abrange a pecuária no bioma Pampa, por que os sistemas produtivos nele inseridos ainda são resistentes em centralizar o manejo do recurso forrageiro como essencial para produção?

No Rio Grande do Sul épocas de estiagens no período estival são frequentes, limitando o desenvolvimento dos pastos. Em situações onde as pastagens naturais são predominantes, a intensificação de algumas áreas através da introdução de espécies exóticas pode ser uma das estratégias a serem incorporadas ao sistema (Nabinger; De Faccio Carvalho, 2009) e que acarreta respostas positivas na recuperação da produtividade dos campos (Glória *et al.*, 2017).

De fato, as intensificações do uso da terra nestes ambientes considerados naturais contribuem para as taxas de substituição de campo, por áreas destinadas a pastagem cultivadas ~1.63 milhões de ha (IBGE, 2017) e a lavoura ~7.81 milhões ha (IBGE, 2017). A principal cultura brasileira é a soja (*Glycine max*), sendo o Rio Grande do Sul o terceiro maior produtor de soja em grão do país, com produção média de 13.8 milhões de toneladas do grão nos anos 2013 a 2015 (UFG, 2018).

A diversidade via intensificação das áreas, quando bem manejada, vem como alternativa para alavancar os sistemas de produção, pois auxilia na produção e lucratividade do sistema (Carvalho *et al.*, 2014), além de incrementar os serviços ambientais (De Faccio Carvalho *et al.*, 2010), permitir a produção de alimentos seguros, ciclagem de nutrientes (Carvalho *et al.*, 2014), bem como a melhoria de aspectos econômicos (trabalho) e sociais (equidade social) (FAO, 2010).

Adequar os índices produtivos do referido bioma, requer considerar a vegetação nativa como substrato base da dieta dos animais e planejar as atividades de forma holística e sistêmica, de acordo com as peculiaridades de cada região do Pampa. A Figura 1 sintetiza alternativas de produção em crescente arranjo espaço-temporal e associa com os benefícios ao ambiente.



**Figura 1** - Síntese de resultados experimentais em pastagem natural, ordenado de acordo com a intensificação do uso de tecnologias de processos e de insumos, sobre a produtividade anual de peso vivo por área e o seu efeito sobre os serviços ecossistêmicos (adaptado de Carvalho et al. 2012).

Para Carvalho *et al.* (2006) é possível aumentar 2.7 vezes estes índices em uma mesma área e atingir valores de 200 a 250 kg de PV/ha/ano apenas com o uso de tecnologias de processos: o diferimento e controle da desfolha. Esses autores salientam que ao introduzirmos o uso de tecnologias à campo, os valores podem ser superiores a 1000 kg de PV/ha/ano.

Pelos resultados sugeridos na intensificação da pecuária do Pampa (Figura 1), potencializar a produção animal (kg PV/ha) nas áreas de vegetação natural abrange e minimiza o paradigma entre a intensificação e a conservação das pastagens naturais, via frequência de conversão do pasto (Garnett *et al.*, 2017) e manutenção da paisagem através das estratégias de gestão e “*design*” do sistema.

Para DORÉ et al. (2011) o termo “*design*” propõe diferentes alternativas para organizar os fluxos de energia e matéria na escala espaço-temporal. Para os sistemas de produção, diagnosticar as variáveis produtivas, ordenar as estratégias de gestão e configurar os recursos forrageiros de acordo com as particularidades territoriais, deriva o conceito “*Farm Design*” (Hatfield; Hanson 2009; Martin-Clouaire; Duru, 2013) e este, abrange quaisquer modelos de produção à pasto (Weersink; Jeffrey; Pannell, 2002).

### **2.3 Mudanças Climáticas e Gases do Efeito Estufa**

Promover a preservação dos recursos naturais em sinergia com a segurança alimentar e prover serviços ambientais como a mitigação das mudanças climáticas é um desafio chave para o desenvolvimento sustentável global (Grewer; Nash; Gurwick, 2018). Estas mudanças são complexas e inter-relacionadas com os sistemas produtivos, de tal forma que a sua direção e ritmo são imprevisíveis (Thompson; Scoones, 2009), sobretudo no Brasil. Este detém um rebanho bovino de ~218 milhões de cabeças (IBGE, 2018) e constitui-se no maior exportador mundial de carne bovina (IBGE, 2018).

Por ser considerado uma fonte fundamental no cenário das mudanças climáticas, o Brasil se compromete em reduzir as emissões de gases de 36.1% e 38.9% até 2020 (Gerais; Preliminares, 2011). Neste sentido, atividades como gestão das terras agrícolas (Bernoux *et al.*, 2003), ajustes no manejo dos animais e nutrientes das suas dietas, são fatores que contribuem na redução das emissões (Cerri *et al.*, 2010).

Os impactos ambientais das emissões são distintos ao longo de uma cadeia de causa e efeito (Smith *et al.*, 2014). Cerca de 60% de N<sub>2</sub>O e 50% de CH<sub>4</sub> corresponde às atividades de origem antropogênicas (Smith *et al.*, 2007). No setor agropecuário, estima-se 14% de aumento nas emissões de GEE, com valores de 4.7 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq. em 2001 para 5.3 milhões de toneladas CO<sub>2</sub>-eq. em 2011 (FAO, 2014), causando efeitos negativos ao meio ambiente (DOBROVOLSKI *et al.*, 2011).

No Rio Grande do Sul, os sistemas de produção pecuária são caracterizados como extensivos em pastagens naturais e marginalizados pela agricultura. Nestes sistemas, diferentes fontes das emissões de GEE estão relacionadas com a produção: mudanças de uso do solo (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>), o desmatamento (Colomb

*et al.*, 2013; Hillier *et al.*, 2011), a adição de fertilizantes nitrogenados no solo ( $N_2O$ ), o cultivo de arroz ( $CH_4$ ), a decomposição de resíduos (aterros sanitários), a mineração de combustíveis fósseis ( $CH_4$ ), o manejo dos dejetos animais ( $CH_4$  e  $N_2O$ ) e a fermentação entérica da produção pecuária (FAO, 2014).

Para a produção animal, melhorar a qualidade da dieta dos ruminantes provoca aumento no consumo e digestão dos alimentos, os quais permitem reduzir o pH e o tempo de permanência do alimento no rúmen. Estes processos minimizam a perda de energia via  $CH_4$ , decorrentes das menores concentrações de ácido acético e butírico, aliado ao aumento das concentrações de ácido propiônico (DE Oliveira *et al.*, 2007). Em situações contrárias, alimentos de baixa qualidade aumenta a emissão de  $CH_4$  em detrimento da elevação das concentrações de ácido acético em relação ao propiônico (Hammond *et al.*, 2009). Características intrínsecas ao animal, como a genética e a microflora ruminal, também podem influenciar nas emissões de  $CH_4$  (Hammond *et al.*, 2009).

Ao avaliar o efeito do manejo das pastagens naturais nas emissões de  $CH_4$  em pastejo, Paulino; Teixeira (2010) citam em média 40 a 70 kg de  $CH_4$ /animal/ano, o que pode equivaler a 0.9 – 1.6 t de  $CO_2$ -eq./animal/ano. Cezimbra (2015) observou valores de 0.8 a 2.2 kg de  $CH_4$ /kg de ganho de peso vivo (diferença média de 64%) de novilhas em pastagem natural submetidas a ofertas de forragem de 16% e 4%, respectivamente. A menor emissão de  $CH_4$  por área e unidade de ganho na oferta intermediária (12%) está diretamente relacionada ao maior consumo de forragem (Trindade *et al.*, 2016) e ganho de peso médio diário dos animais (Cezimbra, 2015; Mezzalira *et al.*, 2012), quando comparado a oferta forragem de 4%, a qual representa um sistema de sobrepastoreio da pastagem, ou seja, de baixa produção.

De Souza Filho (2017) avaliaram o efeito de diferentes intensidades de pastejo em sistemas integrados (soja-bovinos) e observaram que os maiores ganhos individuais e as menores intensidade de emissão ocorreram quando a pastagem (misturas de aveia e azevém) foi bem manejada (20 cm) comparado a alturas de manejo de 10 cm. Em estudo com ovinos em pastejo de azevém (alturas de 18 cm pré e 11 cm pós-pastejo), Savian *et al.* (2019) demonstraram redução de 64% na emissão de  $CH_4$  por unidade de área e 170% por unidade de produto animal, decorrente da melhor gestão da estrutura do pasto (i.e. altura do pasto como meta de manejo).

Em sistemas a pasto, estas emissões podem ser compensadas pelo aumento do acúmulo de carbono nos solos, principalmente pelo ajuste do manejo do pasto (De Souza Filho, 2017; Maia *et al.*, 2009). Ao ajustar a pressão de pastejo, HENDERSON *et al.* (2015) encontraram taxa global de sequestro de 148.4 Tg CO<sub>2</sub>/ano, oportunizados pelo acréscimo da produção de forragem e matéria orgânica do solo (Reeder *et al.*, 2004). Carvalho (2010) contrapõe perdas de carbono do solo em 0.15 a 1.53 t de C/ha/ano para pastagem não degradada e degradada, respectivamente, ambos em solos com baixa fertilidade.

Em sinergia, as dejeções contribuem com aproximadamente 90% de retorno dos nutrientes minerais, consolidando o animal como elemento acelerador no processo de ciclagem de nutrientes do ecossistema (Monteith; Alvim; Kozlowski, 1977). Em média, os bovinos excretam 50 a 95% do nitrogênio (N) que consomem (Oenema *et al.*, 2005), dependendo da concentração de N na dieta, essa quantidade de N aplicada pode atingir até 2.000 kg/ha (Oenema *et al.*, 1997).

O esterco encontra-se na forma orgânica e precisa ser mineralizado para disponibilizar nitrogênio. No entanto, cerca de 70% do N da urina está na forma de ureia, sendo rapidamente hidrolisado quando em contato com o solo (Vallis *et al.*, 1982), transformando-se em amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Nos sistemas de produção o N<sub>2</sub>O é considerado altamente estável e de longa vida, com potencial impacto de 298 vezes maior que o CO<sub>2</sub> (Forster *et al.*, 2007). Origina-se pela adição de fertilizantes nitrogenados, resíduos agrícolas (Mosier *et al.* 2004; Gerais & Preliminares, 2011), fixação biológica (plantas leguminosas), deposição dos dejetos animais (urina e esterco) e compactação do solo (Rafique; Hennessy; Kiely, 2011), por isto, em sistemas agropecuários sustentáveis é necessário potencializar a produção com menor uso de fertilizantes nitrogenados (Bodirsky *et al.*, 2014).

A produção de N<sub>2</sub>O no solo dá-se pelos microrganismos nitrificadores e desnitrificadores, de forma simultânea ou não, diretamente relacionada com a dinâmica do nitrogênio no solo. No processo de nitrificação, as bactérias quimioautotróficas em condições aeróbicas oxidam amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ao nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) produzindo N<sub>2</sub>O. O fator limitante da nitrificação é a disponibilidade do NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, sendo este influenciado pela mineralização/imobilização, presença de plantas, troca de cátions e difusão (Gomes, 2006). O processo de desnitrificação é o principal meio de produzir N<sub>2</sub>O no solo, em condições frequentes com a porosidade do solo

preenchida por água (PPA) >70% e teores de  $\text{NO}_3^-$ , C lábil e temperatura não limitantes (Bateman; Baggs, 2005).

## 2.4 Inventário dos Gases de Efeito Estufa

Ferramentas são usadas para quantificar as emissões de GEE na escala de propriedades rurais e podem ser alocadas em três categorias principais: as calculadoras, os protocolos e diretrizes, e os modelos baseados em processos (Denef *et al.*, 2012). Elas auxiliam na identificação das principais atividades poluentes do sistema produtivo (Colomb *et al.*, 2012; Colomb *et al.*, 2013; Denef *et al.*, 2012; Grewer *et al.*, 2018; Seebauer, 2014; Whittaker *et al.*, 2013).

Adequar a metodologia indica ajustar os fatores de emissões e do sequestro de carbono para reduzir as incertezas e gerar dados precisos e consistentes para diferentes regiões. O IPCC estabelece três níveis de classificação, denominados de *Tiers* (nível ou camada). O *Tier 1* é o método básico e corresponde a abordagens de grande escala, utilizado globalmente e recomendado na ausência de dados específicos do país. O *Tier 2* é o método intermediário e corresponde a dados específicos das condições do país ou região. O *Tier 3* abrange dados mais específicos e demandantes em termos de complexidade e necessidade de dados mais detalhados.

As abordagens genéricas do *Tiers 1* geram muitas incertezas (Rypdal & Winiwarer, 2001; Gibbons *et al.*, 2006) que podem estar relacionadas com a variabilidade anual dos dados utilizados (mudanças na gestão e do clima), a gestão das atividades no sistema (Colomb *et al.*, 2012; Mckone *et al.*, 2011), a mudanças no uso da terra, emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  provindos dos solos e fertilizantes (Whittaker; Mcmanus; Smith, 2013).

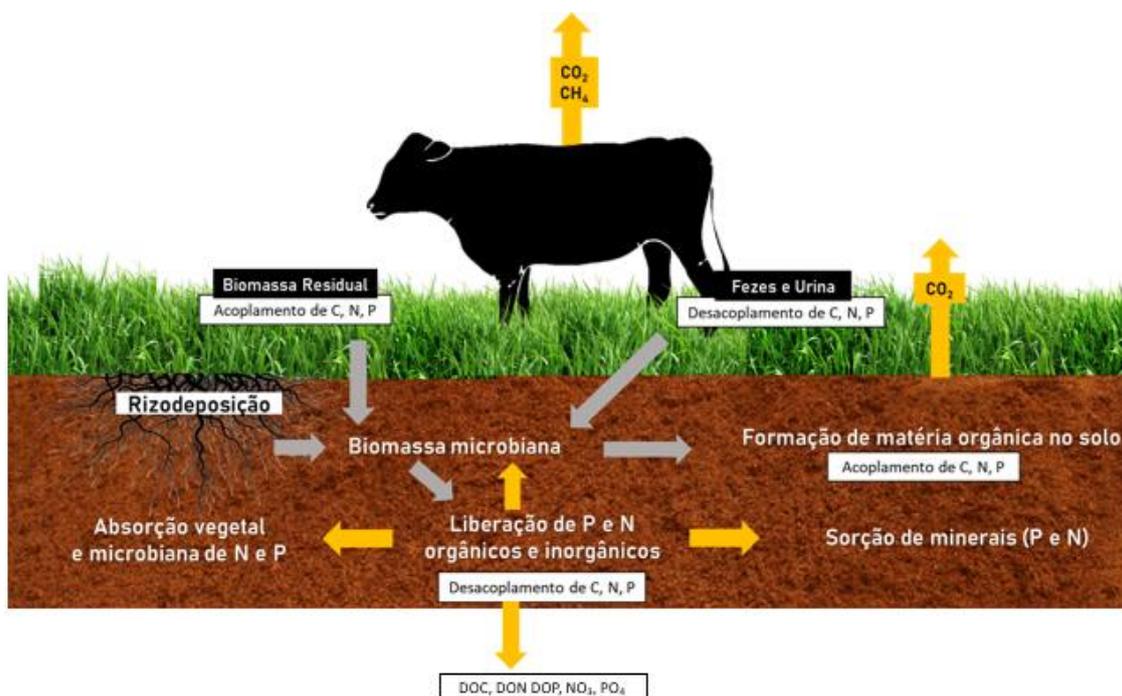
Abordagens sistêmicas são fundamentais nas estimativas do balanço de GEE nos sistemas produtivos. Como unidade resposta, o dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{-eq.}$ ) é utilizado para equalizar as emissões de diferentes gases, pois considera a importância relativa do  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  relacionado ao  $\text{CO}_2$  (MCTI, 2013).

## 2.5 O Balanço de Gases do Efeito Estufa

Os elementos carbono e nitrogênio possuem estreita associação e passam por ciclos de acoplamento e desacoplamento. Através do pastejo, cerca de 60% da

produção de matéria seca acima do solo é ingerida (Lemaire, 1996) e retorna ao solo pelos dejetos dos animais, em média 80% do N via urina e 20% permanece acoplado ao carbono, excretado via fezes (Soussana; Lemaire, 2014). O desacoplamento libera principalmente CO<sub>2</sub> ao ambiente.

Experimentos clássicos que abordam o elemento C mostram que este se encontra diretamente relacionado com a vida na Terra e seu ciclo ocorre naturalmente, conforme Figura 2.



**Figura 2** - Esquema do ciclo de Carbono sob efeitos do acoplamento e desacoplamento do C, N, P na comunidade vegetal (Adaptado de Rumpel et al., 2015).

Em síntese, a queima de combustíveis fósseis, a respiração das plantas e dos animais, aliada a decomposição dos vegetais pelos microrganismos, geram o CO<sub>2</sub> atmosférico. Ele se transforma em C terrestre quando a fotossíntese converte o C para a forma de biomassa, via raízes e parte aérea da planta (Rumpel *et al.*, 2015). De fato, a diferença entre a quantidade de C sequestrado, armazenado e emitido anualmente pelo solo compõe o balanço global do C no sistema.

A magnitude dos resultados do balanço de GEE indica que a forma positiva (+) corresponde a maiores emissões líquidas de GEE e têm participação direta nos impactos ambientais. Contudo, normalmente está vinculado as práticas de manejo do pasto, principalmente o desajuste da taxa de lotação em relação a capacidade de suporte das pastagens. O excesso de lotação é comum em sistemas pastoris, onde a pressão de pastejo é o fator regulador do retorno de C ao solo via dejetos,

sendo controlado pelo ajuste da carga animal (kg de PV/ha) (Soussana *et al.*, 2004). Os valores negativos (-) determinam maiores capturas de C no sistema (Schirrmann, 2016).

O ambiente pastoril é fundamental no balanço de C, pois são responsáveis por ~20% dos estoques globais de C (FAOSTAT, 2009; Ramankutty *et al.*, 2008). Nestas avaliações, os gases N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> devem ser considerados e convertidos em CO<sub>2</sub>-eq, como unidade reconhecida globalmente para comparar diferentes sistemas de produção.

Estudos desenvolvidos no Sul do Brasil têm avaliado o efeito da carga animal na emissão de metano em pastejo. De Souza Filho (2017) ao avaliar intensidades de pastejo pela altura de manejo do pasto (10, 20, 30, 40 cm e sem pastejo) obteve valores de balanço de GEE entre 458 a 842 kg de CO<sub>2</sub>-eq/ha para os tratamentos sem pastejo e 10 cm de altura, respectivamente. O autor atribui maior potencial de aquecimento para menores alturas do pasto. Nesta área experimental, ao avaliar o estoque de C no solo, (Cecagno *et al.*, 2018) evidenciaram que as intensidades de pastejo moderadas (30 e 40 cm) e sem pastejo podem apresentar potencial de sequestro de C similar à vegetação nativa. Neste sentido, altas intensidades de pastejo contribuem para a degradação do estoque de C no solo (Allard *et al.*, 2007; Sun *et al.*, 2011).

Em estudo do potencial de aquecimento global em pastagem natural, (Schirrmann, 2016) ao comparar ofertas de forragem (kg de MS/100 kg de PV) no bioma Pampa, atribui impactos ambientais mais negativos a menores ofertas, com 2.032 t CO<sub>2</sub>-eq/ha/ano caracterizados por altas cargas animais. Na América do Norte, Liebigh *et al.* (2010) encontraram valores de 0.39 a 0.46 t C/ha/ano em diferentes usos da terra e os considera como fonte de mitigação. Schönbach *et al.* (2012) em zonas semiáridas de vegetação nativa, apresentaram balanços de GEE da ordem de -1.48±2.48 t de CO<sub>2</sub>/ha/ano.

Na Alemanha, as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O de diferentes usos do solo (pastagem intensiva, extensiva e natural) mostrou similaridade nos valores entre pastagem extensiva e natural para o potencial de sequestro de C do solo (Beetz *et al.*, 2013). Já na região nordeste da Sibéria, o balanço de GEE encontrado por (Van Der Molen *et al.*, 2007) foi de -2.34 t CO<sub>2</sub>-eq/ha/ano (pouco influenciado pela topografia). Estes valores são atribuídos às elevadas temperaturas do solo no período estival.

De forma geral, os estudos dos principais impactos agropecuários em pastagens naturais são analisados de forma isolada e não sistêmica. De fato, é um desafio considerar a complexidade do manejo do pasto no balanço de C, principalmente em nível de propriedades rurais. Em estudo de avaliação do ciclo de vida de bovinos de corte em diferentes cenários do RS, valores de 5.52 e 6.63 kg CO<sub>2</sub> equivalente por kg de ganho de PV foram encontrados em pastagem natural e pastagem natural melhorada, respectivamente, com animais de 12 a 18 meses de idade. Ao observar maior emissão de GEE em pastagens naturais melhoradas, os autores justificam o sistema pela menor permanência dos animais no rebanho, ocasionando menor emissão total considerando a permanência do animal no sistema (Ruviaro *et al.*, 2015).

Na Europa, diferentes climas, tipos de solos e sistemas de alimentação de vacas de leite resultaram em emissões de GEE da ordem de 10.6 t CO<sub>2</sub>-eq/ha/ano. Para Tuomisto *et al.* (2015), emissões de GEE em propriedades de bovinos de corte da União Europeia variam entre 1.17 a 63.84 t CO<sub>2</sub>-eq/ha/ano decorrentes da grande amplitude de intensificação tecnológica aliada a mudanças do uso do solo. Em sistemas de produção da Índia, mediu-se a intensidade de emissão de diferentes produtos e concluiu-se que a pecuária é a principal atividade emissora de GEE ~45.5 kg de CO<sub>2</sub>-eq./kg para produtos cárneos e 2.4 kg de CO<sub>2</sub>-eq./kg de leite produzido (Vetter *et al.*, 2017).

Incertezas atuais sobre as mudanças climáticas relacionadas ao aumento de dióxido de carbono, temperatura, variabilidade pluvial e eventos climáticos extremos, podem afetar a disponibilidade futura de produtos de origem animal. Este desafio é alarmante, uma vez que a demanda de alimentos no mundo tenha tendência crescente. Ao mesmo tempo em que as tecnologias (via intensificação das áreas) destinadas à agropecuária cresçam, crescem também as emissões de GEE nesses ambientes. Esta divergência é tema central de diversos estudos (e.g., Dumont *et al.*, 2018; Halmemies Beauchet Filleau *et al.*, 2018; Henry *et al.*, 2018), cuja conciliação talvez não exista, na medida em que os serviços ecossistêmicos sejam multidimensionais e os “*trade-offs*” sejam dependentes da dimensão de interesse.

Neste contexto, o trabalho tem por objetivo avançar nos fundamentos do debate sobre os processos de intensificação no bioma Pampa e suas consequências. O balanço dos gases de efeito estufa foi a dimensão escolhida para

se avaliar os processos de intensificação, e dados de propriedades rurais inseridas no bioma Pampa foram utilizados para estudar os impactos da interferência antrópica a partir de uma base de produção em campo natural.

### **3. HIPÓTESE**

A intensificação da pecuária de corte, nos sistemas produtivos do bioma Pampa, através do *redesign* dos sistemas produtivos altera o balanço de Gases responsáveis pelo Efeito Estufa (GEE).

### **4. OBJETIVOS GERAIS**

Avaliar os diferentes arranjos produtivos e o impacto nas emissões GEE's e avaliar os diferentes *trade-offs* entre a intensificação e a preservação ambiental.

#### **4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Definir qual o nível de intervenção tecnológica no sistema, através do manejo do solo, que resulte em menores emissões de GEE na atmosfera.

Definir qual atividade do sistema de produção pecuário de maior interferência no balanço de gases da região do bioma Pampa.

## CAPÍTULO II

## INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO PECUÁRIA E SEU IMPACTO NO BALANÇO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA: UM ESTUDO DE CASO NO BIOMA PAMPA

Ana Luiza Velazquez<sup>a\*</sup>, Paulo César de Faccio Carvalho<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS 91540-000, Brasil.

\*Autor correspondente: [aninhaschultz\\_19@hotmail.com](mailto:aninhaschultz_19@hotmail.com)

### Resumo

Como incrementar a produção dos animais à pasto em sinergia com a conservação do ecossistema? O paradigma entre os impactos negativos do manejo da pecuária tradicional (cenário da linha base) em contraste com o gradiente tecnológico de diferentes regimes alimentares nos sistemas pastoris do bioma Campos do Sul do Brasil, são usados para ilustrar o dilema. Este artigo tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes perfis de produção no balanço de Gases do Efeito Estufa (GEE) de 135 propriedades rurais inseridas no bioma Pampa. A base de dados pertencente a empresa Serviço de Inteligência em Agronegócio (SIA), foi utilizada no intuito de estimar as emissões e remoções de metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em nível de sistema, excetuando-se a compra e a comercialização dos produtos. O balanço de GEE baseou-se na metodologia do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) utilizando fatores do IPCC e de artigos publicados. A análise de cluster baseada nas características produtivas das propriedades identificou cinco grupos de propriedades rurais conforme o resultado do balanço de gases. O cenário de maior emissão de GEE refere-se ao Grupo V (2,5 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) caracterizado por propriedades que reduziram em 23% a porcentagem de campo nativo com e arranjo forrageiro mais diversificado (i.g. pastagem natural melhorada, pastagem cultivada e lavoura), e também apresentou maiores cargas animais no sistema (91.9 kg de PM/ha). Diferentemente, propriedades que mitigam GEE refere-se ao cluster I (-1.0 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) com arranjo pastoril caracterizados por maiores porcentagens de áreas de SIPA (38%) e produção agrícola (23%). O rebanho da propriedade foi a variável de maior influência nos resultados de emissão de GEE total do sistema (cerca de 70%), seguido dos dejetos animais (12%), das emissões provindas da pastagem (9.6%) e da lavoura (4%) e os custos operacionais (3.8%). Deste modo, confirma-se a hipótese de que a intensificação da pecuária de corte nos sistemas produtivos do bioma Pampa através do *redesign* dos sistemas produtivos alterou o balanço de Gases responsáveis pelo Efeito Estufa (GEE). O cluster I (-1 t de CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) foi mais eficiente em mitigar os efeitos da produção agropecuária na emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, sendo 61.5% superior aos demais. Nestes sistemas, as emissões líquidas foram totalmente compensadas pelo sequestro de carbono do solo devido ao arranjo do sistema.

**Palavras-chave:** bioma Pampa; Bovinocultura de corte; Gases do efeito estufa; Intensificação sustentável;

## INTENSIFICATION OF LIVESTOCK PRODUCTION AND ITS IMPACT ON THE BALANCE OF GREENHOUSE GASES: A CASE STUDY IN THE PAMPA BIOME

Ana Luiza Velazquez Schultz<sup>a\*</sup> and Paulo César de Faccio Carvalho<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Grazing Ecology Research Group, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS 91540-000, Brazil.

\*Corresponding author: [aninhaschultz\\_19@hotmail.com](mailto:aninhaschultz_19@hotmail.com)

### ABSTRACT

The challenges of the productive sector facing climate change generate strong pressure in the search for knowledge concern livestock production systems to generate alternatives that minimize environmental impact. In this context, the objective of this study was to evaluate the effect of different production profiles on the greenhouse gas (GHG) balance of 135 farms in the Pampa biome in southern Brazil. The database belonging to the Agribusiness Intelligence Service (AIS) was used to estimate the emissions and removals of methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) at the system level, except purchase and commercialization of products. The GHG balance was based on the methodology proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and peer reviewed research on this theme. The cluster analysis based on the productive characteristics of the properties identified five groups according to the result of the carbon balance. The scenario with the highest GHG emissions refers to cluster V (2.5 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/year) characterized by properties that reduced by 23% the percentage of native grassland with a more diversified forage arrangement (ig natural pasture improved, cultivated pasture and crops), and also presented higher animal stocking rate in the system (91.9 kg of PM / ha. Differently, properties that mitigate GHG refer to cluster I (-1.0 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) with pastoral arrangement characterized by higher percentages of SIPA areas (38%) and agricultural production (23%). The herd of the property was the variable with the greatest influence on the system's total GHG emission results (around 70%), followed by animal wastes (12%), emissions from pasture (9.6%) and crops (4%) and operating costs (3.8%), thus confirming the hypothesis that the intensification of beef cattle in systems production of the Pampa biome through the redesign of production systems changed the balance GHG. Cluster I (-1 t CO<sub>2</sub>- eq./ha/year) was more efficient in mitigating negative effects of agricultural production being 61.5% higher than the others. In these systems, net emissions were fully offset by the carbon sequestration of the soil due to the system's arrangement.

**Keywords:** greenhouse gas balance; Pampa biome; climate changes; natural grasslands; production systems

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), a influência humana nos impactos ambientais ratifica o maior desafio do século XXI: atender a demanda mundial de alimentos sem comprometer o meio ambiente (Ortiz et al., 2017; Smith et al., 2014; Tilman et al., 2011). Este desafio prevalece nos setores da agricultura e da pecuária, com participação de 22% das emissões totais de dióxido de carbono, 55% das emissões de metano e 80% das emissões de óxido nitroso (IPCC, 2014).

Frente às incertezas das mudanças climáticas e a crescente demanda global por alimentos existe uma pressão no setor agropecuário em aumentar cada vez mais a produtividade. Geralmente, este movimento está associado à falta de gestão eficiente dos recursos, sendo a força motriz chave responsável por gerar redução da biodiversidade, degradação da terra (Foley, et al., 2011), além de potencializar a perda de serviços ecossistêmicos (Fagerholm et al., 2016).

Ademais, o setor Agropecuário é reconhecido como principal fonte de emissão via grande quantidade de insumos não renováveis (i.g. fertilizantes e defensivos químicos) utilizados na produção, potencializando os impactos ambientais neste setor (Steinfeld, 2006). Em média 86% das emissões são provenientes da produção animal. Destes, 79% abrange a bovinocultura de corte e leite. Com relação às demais fontes, apenas 6% referem-se à produção vegetal, 6% a aplicação de fertilizantes nitrogenados e os 7% restantes, a soma de outras demais fontes (SEEG, 2018).

No sul do Brasil, a produção pecuária depende majoritariamente das pastagens naturais do bioma Pampa (Carvalho e Batello, 2009; Pillar, Tornquist, Bayer, 2012; Ruviaro et al. 2015; Vasconcelos et al. 2018). Estas ocupam 63% da área do Rio Grande do Sul (IBGE, 2004). No bioma Pampa em média 41% das áreas são destinadas ao cultivo anual e perene (Mapbiomas, 2018) caracterizando a intensa substituição da vegetação natural com o crescimento da fronteira agrícola pelo avanço da monocultura (essencialmente a soja). De fato, será necessário a eficiência na produção para garantir segurança alimentar futura e assim, evitar expansão de novas áreas improdutivas. No bioma Pampa esta redução é preocupante, uma vez que somente 36,6% da vegetação natural não florestal permanece conservada (Mapbiomas, 2019).

Portanto, as preocupações atuais nos setores agropecuários demandam a construção de ambientes produtivos e que paralelamente, protejam e conservem o meio ambiente (Foley, et al., 2011), minimizando as incertezas relacionadas ao aumento dos Gases do Efeito Estufa. Assim posto, a reestruturação do ecossistema pastoril deriva do planejamento forrageiro, ou seja, o *design* espaço-temporal em nível de fazenda.

Em circunstâncias da produção animal em pastagens, consideramos como alternativa de intensificação sustentável (FAO, 2010) os Sistemas Integrados de Produção Agropecuários - SIPA (Carvalho et al., 2014), sobretudo no Brasil, por deter um rebanho bovino e ovino de ~218 e 13 milhões de cabeças (IBGE, 2018), respectivamente.

Portanto, nossa hipótese é que a intensificação da pecuária de corte nos sistemas produtivos do bioma Pampa através do *redesign* dos sistemas produtivos altera o balanço de Gases responsáveis pelo Efeito Estufa (GEE). O objetivo central do trabalho foi avaliar os diferentes arranjos produtivos e o impacto nas emissões GEE's e avaliar os diferentes *trade-offs* entre a intensificação e a preservação ambiental.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

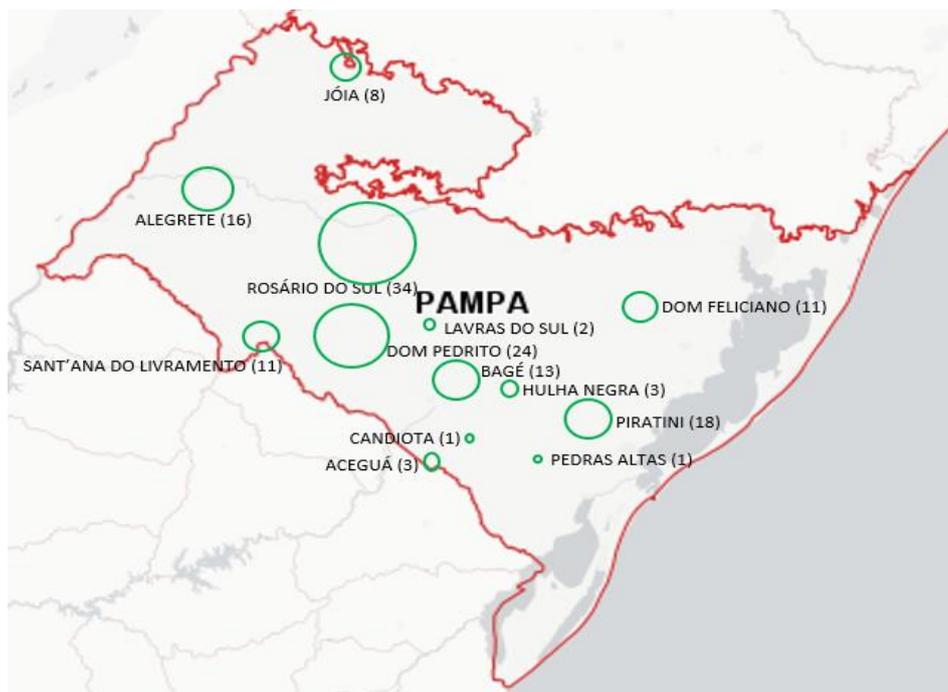
### **2.1 Área de estudo**

O estudo abrange a diversidade de sistemas de produção agropecuária do bioma Pampa no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, localizadas entre os paralelos 27°03'42" e 33°45'09" de latitude Sul, e 49°42'41" e 57°40'57" de longitude Oeste (ATLAS, 2018). A precipitação média anual do Estado varia conforme a região, ao Sul entre 1.299 e 1.500 mm, e ao Norte entre 1.500 e 1.800 mm, com maior volume anual na região Nordeste, especialmente na Encosta do Planalto. Segundo o sistema de classificação *Köppen*, o clima da região é do tipo *Cfa*, subtropical quente e úmido, com as estações do ano bem definidas.

### **2.2 Coleção de dados**

Os dados foram coletados através de entrevistas guiadas por questionários aplicados diretamente aos produtores entre os meses de agosto e setembro de 2017, sendo referentes à avaliação inicial das propriedades rurais.

O estudo abrange 135 propriedades rurais (Figura 3) pertencente à base de dados da Empresa SIA - Serviço de Inteligência em Agronegócio. Foram utilizados dois critérios de seleção das propriedades rurais: inserção no bioma Pampa e presença de bovinos de corte como atividade central no sistema. O levantamento das informações reflete uma fotografia momentânea dos sistemas produtivos desta região.

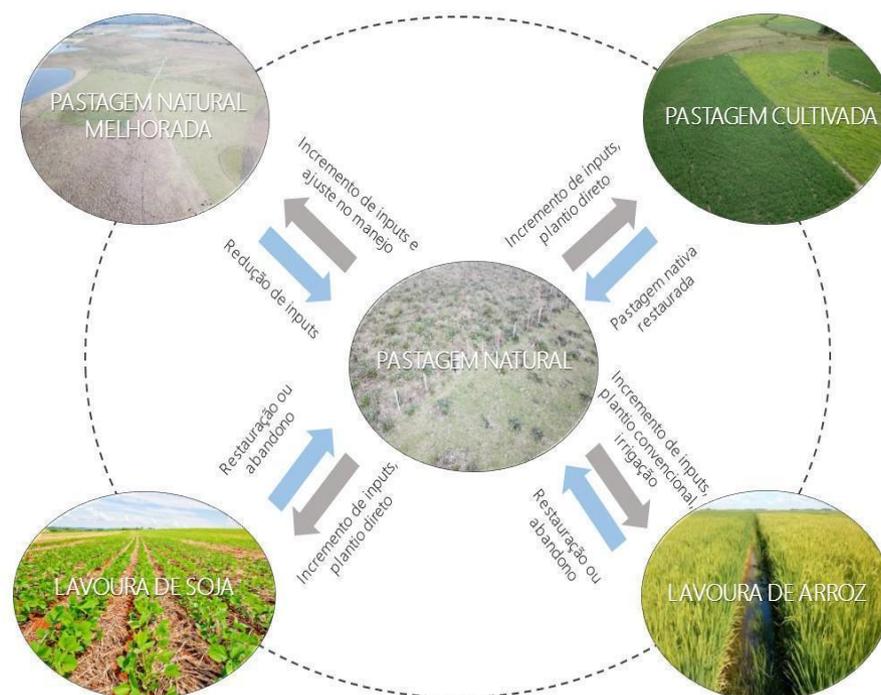


**Figura 3** - Mapa do RS com a distribuição dos municípios e a frequência das propriedades rurais estudadas. (Fonte: MapBiomias e adaptado pela autora).

### 2.3 Características dos Sistemas de Produção Agropecuários

A base de dados representa a heterogeneidade das pastagens naturais do bioma Pampa, ao mesmo tempo que compõe um mosaico de propriedades rurais em regiões de baixa fertilidade natural e elevada acidez, algumas com limitações de drenagem e topografia (Dos Santos et al., 2008).

As variáveis descritivas dos sistemas produtivos tais como o manejo do solo, da planta e do animal foram compiladas para estimar o balanço de GEE e o sequestro anual de C do solo à nível de propriedade. No geral, a composição vegetal do sistema varia conforme o nível de utilização do solo (Figura 4), alterando assim, a capacidade de suporte e a carga animal em cada sistema produtivo.



**Figura 4** -Descrição simplificada dos manejos nos diferentes usos do solo (seta cinza) e os prováveis impactos caso retornarmos à vegetação nativa (seta azul) em sistemas de produção (círculo pontilhado).

A intensificação dos sistemas produtivos significa a magnitude da entrada de insumos e combustíveis fósseis (Doré et al., 2011). Nesse sentido, a gestão das pastagens naturais foi caracterizada com nenhuma entrada de insumos (*inputs*) no solo. As pastagens melhoradas e cultivadas receberam adubação via fertilizantes químicos, de origem inorgânica, sendo 100 kg/ha de ureia (banco de dados), 1 t/ha de calcário no inverno e 1.5 t/ha no verão (De Siqueira et al., 1987) e o consumo de diesel (Lal, 2004).

### 2.3.1 Componente Agrícola do Sistema de Produção

Os manejos da lavoura de arroz nas propriedades rurais, foi o de cultivo convencional do preparo do solo realizado na primavera, antecedendo a semeadura do arroz e o manejo da água foi realizado via irrigação por inundação (mantendo constante uma camada de água de 5 cm), com drenagem 15 dias antes da colheita. As práticas agrícolas convencionais consistem em operações de preparo do solo na primavera antes da semeadura do arroz, incorporando no solo a biomassa do arroz da cobertura vegetal da estação anterior, acumulada durante o inverno (Bayer et al., 2015).

As práticas de manejo vinculadas ao uso de insumos e defensivos químicos foram compiladas pelo SOSBAI (2018), Grohs M. (2018) e Teló et al. (2012), representando os manejos do Rio Grande do Sul. As operações agrícolas de ambas as culturas estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1-** Descrição média das estimativas dos tratos culturais nas propriedades rurais.

Práticas de manejo	Frequência de aplicação	
	Área destinada a soja*	Área destinada ao arroz**
Nitrogênio (N)	0	1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O	1	1
Cloreto de Potássio	0	0
Herbicida	3	4
Fungicida	1	1
Inseticida	1	1

\*de Souza Filho (2017)

\*\*Grohs, M. (2018), SOSBAI (2018) Herbicida = dessecação da vegetação 30 dias antes da semeadura do arroz + pré-emergente durante a semeadura + pós-emergente em ponto de agulha + pós colheita.

### 2.3.2 Componente SIPA: Sistemas Integrados de Produção Agropecuários

Segundo as informações das propriedades avaliadas, foi detectado que 89% tem sua área integrada com pastagem de inverno, ou seja, normalmente áreas de sucessão ou rotação com azevém (*Lolium multiflorum* L.) e/ou aveia (*Avena sativa*) no inverno e produção de grãos de soja no verão. Neste sentido, assumimos uma terceira área no sistema denominada como SIPA, a fim de considerar uma “nova área” que não seja apenas agricultura ou pecuária.

### 2.3.3 Componente animal nos Sistemas de Produção

A maioria das propriedades apresentaram em sua estrutura de rebanho, as espécies bovinas e ovinas. Para compor a variável carga animal (kg de PV/ha) foram compilados o peso vivo médio de cada categoria animal dos bovinos (Cardoso et al., 2016; Dick et al., 2015a) categorizado conforme o questionário: 0-12 meses, 13-24 meses e animais acima de 24 meses, tanto machos como fêmeas. Para o rebanho ovino, foi compilado o peso geral (Pinares-Patiño et al., 2003) sem diferenciação das categorias animais, conforme resposta do produtor. Em ambas as espécies, o peso vivo foi convertido para peso metabólico (PV<sup>0,75</sup>).

**Tabela 2-** Descrição média do rebanho bovino e ovino presente nas propriedades rurais.

Idade (meses)	Categorias (kg de peso vivo)	
	Rebanho bovino*	Rebanho ovino**
0 a 12	150 F e 170 M	-
13 a 24	210 F e 230 M	-
> de 24	390 F e 440 M	-
Média geral		45

\*Cardoso (2012), Dick (2015) e Ruviaro et al. (2015)

\*\*Pinares-Patiño et al. (2003)

F=fêmea; M=macho

## 2.4 Componentes do balanço das emissões nos Sistemas de Produção

As atividades correspondentes às emissões dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa, como fermentação entérica ( $\text{CH}_4$ ), gestão de resíduos e suas perdas indiretas ( $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ), manejo de fertilizantes ( $\text{N}_2\text{O}$ ), fase agrícola ( $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ), utilização de combustíveis fósseis dentro e fora da propriedade ( $\text{CO}_2$ ). Foram calculados o balanço dos gases da produção agrícola e pecuária do bioma Pampa, a partir de variáveis descritivas dos sistemas produtivos, sendo excluídas as fontes de GEE associadas aos bens de capital (maquinário, construções, etc.), eletricidade, insumos importados, medicamentos e pesos de comercialização dos animais.

A fração das áreas de floresta nativa nas fazendas não foi contabilizada nos cálculos dos gases, visto que após um longo período sob vegetação nativa, estas áreas são consideradas em equilíbrio e não sequestram Carbono do ambiente.

### 2.4.1 Sequestro de Carbono do solo

As mudanças do uso do solo foram representadas pela área de pastagens naturais (PN), pastagens naturais melhoradas via introdução de espécies hibernais e fertilizantes químicos (PNM), pastagens cultivadas anuais de verão (PCVa) e de inverno (PCIa), e pastagens cultivadas perenes de verão (PCVp) e inverno (PCIp) e áreas destinadas à produção de grãos (L), conforme Figura 4. A Tabela 3 apresenta os diferentes índices de sequestro de acordo a informação do uso do solo.

O sequestro de C anual em cada propriedade foi calculado conforme a equação (1):

$Sequestro\ de\ Carbono\ do\ solo_{total} = (\acute{area\ de\ PN * IS_1}) + (\acute{area\ de\ PNM * IS_2}) + (\acute{area\ de\ PCla * IS_3}) + (\acute{area\ de\ PClp * IS_3}) + (\acute{area\ de\ PCVa * IS_3}) + (\acute{area\ de\ PCVp * IS_3}) + (\acute{area\ de\ PCla * IS_3}) + (\acute{area\ de\ L * IS_4})$

**Tabela 3** - Descrição dos índices utilizados para calcular o sequestro de C nas propriedades rurais de acordo com a informação do uso do solo.

Categoria (IS <sub>1,2,3 e 4</sub> )	Tier	Valor	Unidade	Fonte
Áreas de pastagens naturais	2	0.28	Mg CO <sub>2</sub> /ha	Henderson et al.(2015)
Áreas de pastagens melhoradas	3	0.66*	Mg CO <sub>2</sub> /ha	Schirmann (2016)**
Áreas de pastagens cultivadas	2	0.69*	Mg CO <sub>2</sub> /ha	Conant e Paustian (2002)
Áreas da lavoura de soja	3	0.28*	Mg CO <sub>2</sub> /ha	Bayer et al. (2006)

*Tier*: método utilizados nos cálculos com diferentes níveis de precisão dos fatores de emissões e sequestro; 1 = mais simplificado, utilizando dados *defaults*; 2 = nível intermediário de complexidade, dados específicos do país ou região; 3 = complexo, com dados específicos e precisos.

\*fator de conversão CO<sub>2</sub> = 3.67.

\*\*sequestro em pastagem natural com ajuste de lotação (tratamento 8% OF)

As propriedades que possuem áreas destinadas a lavoura de arroz foram implantadas através de práticas convencionais de plantio com revolvimento do solo e contribuem para a emissão dos gases (item 2.7.5).

#### 2.4.2 Emissão de CH<sub>4</sub> provenientes da fermentação entérica e dejetos

Para o rebanho bovino e ovino, o IPCC (2006) recomendou utilizar índices padrão para a fermentação entérica que considera as categorias animais em pastagens. Para os ovinos foram utilizados valores gerais de 5 kg de CH<sub>4</sub>/animal/ano. No entanto, os bovinos foram estratificados em 45, 58 e 77 kg de CH<sub>4</sub>/animal/ano para jovens, machos adultos e fêmeas adultas, respectivamente.

Para estimar as emissões de CH<sub>4</sub> dos dejetos depositado em pastagem, foi aplicado o método *Tier 1* do IPCC (2006), onde inclui a emissão via esterco e urina dos animais, utilizando valores para emissão média de 0.16 kg de CH<sub>4</sub>/animal/ano para os ovinos e emissão do rebanho bovino em 0.9, 1.5 e 1.2 kg de CH<sub>4</sub>/animal/ano para os jovens, machos adultos e fêmeas adultas, respectivamente.

#### 2.4.3 Emissão diretas e indiretas de N<sub>2</sub>O provenientes dos dejetos e fertilizantes sintéticos

A estimativa da quantidade de N<sub>2</sub>O emitida abrange duas formas: a indireta, que associa a volatilização de fertilizantes à base de N, escoamento e lixiviação de

N em solos agrícolas, e a forma direta, através de fertilizantes inorgânicos aplicado ao solo e deposição de N pelos animais em pastejo (via dejetos) (De Figueiredo et al., 2017).

Foi utilizado taxa de excreção de 40 kg N/animal/ano, tendo como base o nível de detalhamento tier 2 para diferentes categorias de bovinos de corte a pasto no Brasil (IPCC, 2006; Boddey et al., 2004; Lessa et al., 2014), com perdas de N via  $N_2O$  de ~40 e 60% pela urina e esterco, respectivamente (Whitehead, 2000). Foi considerado como fator anual médio de emissão 0.74% e 0.08% de urina e esterco (Schirmann et al., 2020), respectivamente. Não foi considerado as perdas por escoamento e lixiviação N excretado pelos animais (Lessa et al., 2014).

Para calcular as emissões de  $N_2O$  nas áreas pastoris e agrícolas do sistema proveniente do uso de fertilizantes, utilizou-se a média de aplicação de fertilizantes nitrogenados descritos no item 2.3 e os fatores de emissões de 0.01 kg  $N_2O-N$  kg/N para emissões diretas (IPCC, 2006), 0.001 kg  $N_2O-N$  kg/N para emissões indiretas via volatilização e 0.00225 kg  $N_2O-N$  kg/N via lixiviação e escoamento de nitrogênio aplicado no solo (Dick et al., 2015). Por último, as emissões totais de  $N_2O$  (fonte direta e indireta) foi convertida em  $CO_2$ -eq utilizando o fator de conversão multiplicando por 3.66 (IPCC, 2006).

#### *2.4.4 Emissão de $CO_2$ provenientes de fertilizantes e combustíveis fósseis*

As emissões oriundas do manejo operacional das atividades pastoris: frequências de aplicações, a quantidade consumida para realização das atividades (*diesel*) e insumos utilizados na fase lavoura e pastagem, resultou em valores de 66.13, 166.55 e 645.27 kg de  $CO_2$ -eq./ha para áreas de pastagens cultivadas, lavoura de soja e arroz, respectivamente. Para cada uma das operações agrícolas foi considerado a quantidade de combustível consumida (L/ha/ano), kg C- $CO_2$  por unidade/ insumo e o custos de  $CO_2$ -eq, considerando as diferentes áreas e seus respectivos manejos. As equações são descritas no Anexo A (de Souza Filho et al., 2017; Dick et al., 2015; Lal, 2004).

#### *2.4.5 Emissão de $CH_4$ provenientes da cultura do arroz*

As emissões relacionadas ao manejo da lavoura de arroz foram de 1088 kg de CO<sub>2</sub>-eq./ha proveniente dos fertilizantes e 9177 kg de CO<sub>2</sub>-eq./ha proveniente da respiração anaeróbica do solo (Bayer et al., 2015).

#### 2.4.6 Balanço de Carbono por unidade de área (ha/ano)

As emissões totais dos sistemas de produção foram calculadas conforme a equação (2):

*Emissão de GEE<sub>total</sub> = emissão da FE(b) + emissão da FE(o) + emissão dos Dej(b) + emissão da gestão dos Dej(o) + emissão do solo proveniente dos fertilizantes \* + emissão do solo proveniente das práticas de manejo*

GEE<sub>total</sub> = gases do efeito estufa total; (b) = bovinos; (o) = ovinos; FE = soma da fermentação entérica por categoria dos animais; Dej = dejetos dos animais; insumos\* = CaCo<sub>3</sub> + uréia + combustível fóssil; Práticas de manejo\* = operações + fertilizantes + defensivos químicos.

As emissões e o sequestro de carbono foram expressos em quilograma de CO<sub>2</sub>equivalente (CO<sub>2</sub>-eq.), utilizando o potencial de aquecimento global (PAG) dos gases, 25 e 298 kg de CO<sub>2</sub>-eq. para cada kg de gás metano e óxido nitroso, respectivamente (IPCC, 2007). Após o resultado das emissões totais, calculou-se o sequestro de Carbono gerado nas propriedades para compor o Balanço de GEE total e por hectare de cada sistema produtivo, conforme a equação (3):

*Balanço de GEE<sub>ha</sub> = Sequestro de C<sub>total</sub> – Emissão de GEE<sub>total</sub> / AT*  
GEE = gases do efeito estufa; ha = hectare; AT = área total

## 2.5 Análise estatística

A análise estatística consistiu em análise de aprendizagem de máquina, análise multivariada e análise univariada de variância. Para análise de aprendizagem de máquina utilizou-se a *Random Forest* para definir a ordem de importância das variáveis dependentes que possuem maior influência no balanço de GEE. Para tanto utilizou-se o pacote *Random Forest* (Liaw; Wiener, 2002). As variáveis emissão e sequestro de GEE não foram incluídas nesta análise, pois as mesmas compõem o balanço de GEE.

A análise de agrupamento foi realizada para agrupar as 135 propriedades e classificar as propriedades de acordo com a variável balanço de GEE, através do método hierárquico de *ward* e distância euclidiana como medida de similaridade. O

número de clusters significativos foi definido através do método de NbCluster (Charrad et al., 2015).

As variáveis área total, balanço de GEE, sequestro de GEE, emissão total de GEE e carga animal (kg PM/ha/ano) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por atingirem as pressuposições da ANOVA, e usado teste Tukey para comparação de médias considerando 5% de significância. As variáveis que compõem o uso do solo e as fontes de emissões foram submetidas a análises não paramétrica de kruskal Wallis em nível de 5% de significância, a fim de identificar as diferenças entre grupos.

Foi realizado análise de regressão linear entre as variáveis balanço de GEE e carga animal. Todas as análises foram realizadas no programa R (R Core Team, 2019)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização das propriedades rurais

Em decorrência da alta variabilidade entre os sistemas produtivos avaliados, as propriedades rurais apresentaram área total média de ~423 ha ( $P > 0.05$ ). A quantidade de animais no rebanho bovino e ovino variou entre as propriedades, sendo superior nos cluster V (91.9 kg de PM/ha) e IV (81 kg de PM/ha), seguidos do cluster III. Já nos sistemas com menores cargas animais (39 kg de PM/ha), como o cluster I e em menores proporções o cluster II 49.7 kg de PM/ha), foi possível perceber maiores áreas agrícolas destinadas à produção de grãos. Os diferentes usos do solo nas propriedades rurais descrevem a composição do arranjo forrageiro, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4** - Média em percentual e erro padrão da média dos diferentes usos do solo em relação a área total.

C	n	Pastagem Natural	Pastagem Natural Melhorada	Pastagem Hiberna**	Pastagem Estival	Lavoura**	SIPA***
I	10	35.6±7.2c	0.0±0	0.0±0b	3.3±1.6a	23.5±9.4a	37.6±8.2a
II	23	60.2±4.2bc	9.6±3.2	19.9±4.3a	0.0±0 b	4.0±2.4b	6.1±1.9b
III	47	81.7±2.3a	3.5±1.0	8.2±1.8ab	0.3±0.1b	0.5±0.3b	5.7±1.4b
IV	32	90.9±2.1a	3.1±1.1	2.4±0.8ab	0.3±0.2b	1.5±0.9b	1.7±1.0b
V	13	77.4±7.8ab	1.1±0.7	2.0±1.1b	1.4±0.7ab	6.5±3.2ab	11.6±5.0b
	<i>P value</i>	<0.001	0.07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

C =Clusters formado a partir da análise de grupamento das propriedades rurais

\*Letras diferentes na coluna diferem em nível de 5% pelo teste de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ); comparação entre sistemas produtivos (média de 1 ano).

\*\*Áreas sem integração.

\*\*\*Áreas de SIPA que abrangem pastagem hiberna com pastejo animal + lavoura no verão.

O cluster I apresentou proporção de vegetação nativa (35.6%), 41% de pastagens cultivadas, 23.5% de áreas agrícolas e maior área de SIPA (37.6%). Diferentemente, o cluster IV apresentou proporções de vegetação nativa (90.8%), 2.7% de pastagens cultivadas, 1.5% de áreas agrícolas e 1.7% de SIPA. A notável redução das pastagens naturais foi explicada pelo aumento nas áreas de culturas temporárias sobre a vegetação do Pampa (Tabela 4), corroborando com o estudo de Carvalho e Batello (2009), onde evidencia o crescimento da fronteira agrícola e a pecuária extrativista (altas cargas animais) como fatores de substituição da vegetação natural. O que de fato, categoriza o cluster I como sistemas mais diversos e de maior utilização do componente solo (Carvalho et al., 2019).

Ao analisarmos as mudanças de uso do solo nos diferentes grupos, a menor contribuição da pastagem natural no cluster I corroboram com a substituição de pelo menos 50% da vegetação original do Pampa citada por Overbeck et al. (2013). No entanto, o limiar entre a produção e o manejo utilizado nestas áreas remanescentes do bioma Pampa, ditam o nível de preocupação ambiental, uma vez que somente 36,6% da vegetação natural não florestal permanece conservada (Mapbiomas, 2019).

Neste estudo, ~72% dos produtores rurais relataram “ruim” a oferta forrageira do sistema, o que atribuímos à falta de planejamento no uso das áreas. O incorreto ou inexistente ajuste da carga animal nas propriedades, pode levar a degradação dos campos e redução da produção animal (Maia et al., 2009), contribuindo diretamente com os impactos no meio ambiente, via perda dos estoques de Carbono no solo.

Neste sentido, a frequência e a quantidade de conversão da vegetação natural ditam o limiar entre ser prejudicial ou benéfica à sobrevivência do Pampa. Em condições moderadas, a intensificação de algumas áreas pode potencializar a conservação e a produção das mesmas, através de maiores retornos econômicos (Pereira et al., 2018).

Neste estudo, 48 das 135 propriedades apresentam o componente agrícola no sistema. Destes, 75% foram relacionadas à cultura da soja (*Glycine max*), onde

inclui a variável SIPA (Tabela 4), indicada como área de pastoreio em sucessão ou rotação com culturas agrícolas sob sistema de semeadura direta. Os 25% restantes, foram destinados para as lavouras de arroz (*Oryza sativa*) e áreas de soja não integrada. Esta análise mostra que todas as propriedades apresentaram áreas destinadas a lavoura em monocultivo ou de forma integrada (SIPA), sendo o cluster I o grupo de que apresentou maior produção agrícola em termos percentuais quando comparado aos demais ( $P < 0.001$ ).

Na Tabela 4, a proporção do uso do solo sob diferentes recursos forrageiros está relacionada com as estratégias de gestão de cada sistema produtivo (i.g. planejamento forrageiro). A conexão das combinações forrageiras nos remete à construção de ambientes pastoris com distintos arranjos espaço-temporal (i.e., *farm design*) (Doré et al., 2011), onde permite a diversidade do componente vegetal no sistema de produção. No subtropical brasileiro, é possível promover recurso forrageiro o ano todo. Esta diversidade deve ser usada em prol da construção de ambientes pastoris diversos e resilientes (Carvalho et al., 2019) e que atendam os objetivos da propriedade.

### 3.2 Fontes de Emissão de Gases do Efeito Estufa nas propriedades

As emissões de Gases responsáveis pelo Efeito Estufa das propriedades foram divididas em diferentes compartimentos. Na proporção das emissões totais, o processo de fermentação entérica dos bovinos e ovinos ( $\text{CH}_4$ ) representou em média 70% das emissões totais (Tabela 5), em sequência os dejetos dos animais (12%), as emissões provindas da pastagem (9.6%) e da lavoura (4%) e os custos operacionais (3.8%). Estudos anteriores sinalizam a fermentação entérica como a variável de maior impacto nas emissões totais na produção pecuária (De Figueiredo et al., 2017; Peters et al., 2010; Ripple et al., 2014; Smith et al., 2014; Beauchemin et al., 2010; Foley et al., 2011; Mazzeto et al. 2015).

As menores emissões via fermentação entérica ( $\text{CH}_4$ ) e gestão dos dejetos ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), foram observadas nos cluster I e II, em média 61.9% e 11.2%, respectivamente. Diferentemente do cluster IV, com emissões de 81% e 14.8% via fermentação entérica e dejetos dos animais, respectivamente. Estas maiores emissões (cluster IV) pode ser explicada pela maior carga animal e a baixa proporção de áreas destinadas à produção de grãos de soja (Tabela 4 e 6). Já no

cluster V, o impacto da alta carga animal no sistema (91.9 kg de PM/ha) foi amenizado pela introdução de áreas integradas no sistema, na ordem de 11.5%.

**Tabela 5** - Fonte das emissões de GEE totais subdivididas entre os dejetos dos animais (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), a fermentação entérica dos ruminantes (CH<sub>4</sub>), Aplicação de fertilizantes e defensivos químicos na lavoura e na pastagem (N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>) e os custos operacionais das culturas temporárias (CO<sub>2</sub>) convertidas em CO<sub>2</sub>-eq.nas propriedades em percentual.

C	n	Gestão dos Dejetos	Fermentação entérica	Emissão de GEE Lavoura	Emissão de GEE pastagens	Emissão via custos operacionais das culturas**
I	10	10.3±0.8 7 b	55.7±4.66 c	2.3±2.34 ab	21.5±3.70 a	10.1±1.06 a
II	23	12.2±0.5 3 b	68.1±1.69 c	0.0±0 b	15.2±1.71 a	4.5±0.40 a
III	47	14.1±0.2 9 a	76.3±1.24 b	1.3±0.94 b	6.3±0.68 b	1.9±0.21 b
IV	32	14.8±0.3 1 a	81.0±1.31 a	1.2±1.24 b	2.2±0.49 c	0.7±0.17 b
V	13	12.4±1.3 3 ab	69.8±5.21 bc	17.0±5.57 a	3.0±0.90 bc	2.0±0.61 b
<i>Pvalue</i>		<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001

Clusters: formado a partir da análise de agrupamento das propriedades rurais

\*Letras diferentes na coluna diferem em nível de 5% pelo teste de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ); comparação entre sistemas produtivos (média de 1 ano).

\*\*Inclui pastagem cultivada + lavoura

Lavoura: inclui apenas a emissão da planta (essencialmente o arroz)

Em relação às emissões provenientes da fase lavoura, o cluster V apresentou 17% das emissões, o que categoriza como o mais emissor neste setor. O resultado pode ser explicado pela introdução do cereal arroz no sistema, em média 38% das propriedades (Tabela 4). Nas emissões relacionadas ao uso de fertilizantes nas pastagens, a maior proporção de pastagens anuais nos cluster I e II (soma das áreas destinadas a pastagens hibernais e SIPA) proporcionou aumento na ordem de 5 vezes à média da emissão em relação aos demais grupos (18,3% *versus* 3,83%, respectivamente).

Sistemas mais intensificados demandam maiores entradas de insumos externos (nitrogênio, fósforo e potássio) no solo. No geral, áreas cultivadas e agricultáveis são mais exigentes em fertilidade do solo (Oliveira et al., 2014) e acabam gerando maiores emissões de GEE pois aumentam as frequências de operações (CO<sub>2</sub>) nestas áreas, como visto nos cluster I e II (Tabela 5). Porém, nestes sistemas observamos grande contribuição do componente animal nas emissões totais, 66 e 80% no cluster I e II, respectivamente. Isto reduz o impacto das outras fontes ( $P < 0.001$ ).

Ao compararmos as emissões dos vegetais (lavoura e pasto) a maior contribuição das pastagens cultivadas ~6% (média dos cinco clusters) pode ser explicada pelo maior aporte de nitrogênio nestas áreas, contribuindo diretamente nas emissões de CO<sub>2</sub> (Lal, 2004) e N<sub>2</sub>O (McSwiney e Robertson, 2005; Ma et al., 2010). Nos sistemas de cunho conservativos, onde prevalece a vegetação natural (cluster III, IV e V), o impacto dos fertilizantes foram menos intensos (Tabela 5) e pode ser explicado a priori pelo aporte de nitrogênio (N<sub>2</sub>O). Nos ambientes naturais, a principal fonte deste nutriente dá-se via ciclagem de nutrientes (dejetos dos animais e material senescente), normalmente sem o uso de fertilizantes químicos (Schirrmann et al., 2020).

Todos os grupos apresentaram áreas com integração (i.g. alternância de culturas agrícolas e pastagens na mesma área), sendo o cluster I e II em maiores proporções. Consideramos a fertilização antecipada de fósforo e potássio na cultura da soja (pré-semeadura). Esta adubação é responsável por alocar maiores concentrações de fertilizantes na fase pastagem, proporcionando maiores ganhos ambientais e minimizando a vulnerabilidade do sistema (Moraes et al., 2014).

Áreas não conduzidas em SIPA, foram destinadas à produção de cereais, essencialmente a lavoura de arroz (Tabela 4), visto que, esta cultura abrange um efeito residual do herbicida, que compromete a implantação da cultura subsequente (i.g. pastagem), além das dificuldades impostas pela taipas e baixa drenagem desses solos, sendo as leguminosas, no caso a soja, menos suscetível a este efeito e tornando a cultura alternativa para rotação (Saibro e Silva, 1999). Atualmente, a opção da soja em rotação com áreas de arroz irrigado no Rio Grande do Sul vem ganhando força, na safra de 2018/19 registrou em média 32% das áreas com esta rotação (IRGA, 2020).

Os resultados da Tabela 5 foram gerados a partir dos índices não regionais que derivam de clima temperado (De Klein, 2004; IPCC 2006) através da metodologia IPCC (2006). De fato, além de restritas as informações a respeito do real impacto da presença dos animais em pastagem via emissões dos dejetos (Bastos et al., 2020; Berneze et al., 2014; Lessa et al., 2014), estudos atuais podem apresentar limitações de representatividade temporal e espacial.

Desta maneira, realizamos uma simulação adicional com os fatores específicos para bovinos (Whitehead, 2000; Lessa et al., 2014; Schirman et al., 2020) e para ovinos (David et al., 2019; Savian et al., 2019; Bastos et al., 2020) para

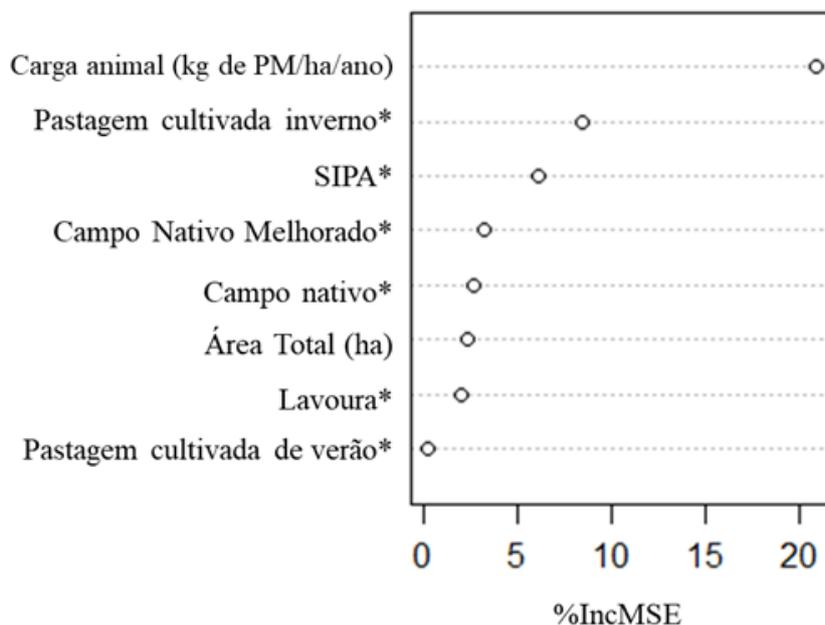
mensurar o impacto dos valores nos sistemas de produção. O cálculo gerou médias inferiores aos encontrados pelo IPCC, assim, consideramos que esta análise adicional supõe que deixamos de neutralizar 6.4% das emissões no balanço total de gases provindas dos dejetos nas fazendas avaliadas. Este resultado valoriza as informações específicas do Pampa em análises futuras, a fim de reduzir as incertezas e evitar resultados superestimados.

Em síntese, analisar a contribuição de cada fator do sistema pode sinalizar qual atividade tem maior impacto no potencial de aquecimento, permitindo o desenvolvimento de medidas mitigatórias no setor pecuário.

### *3.3 Balanço de Gases do Efeito Estufa nas fazendas*

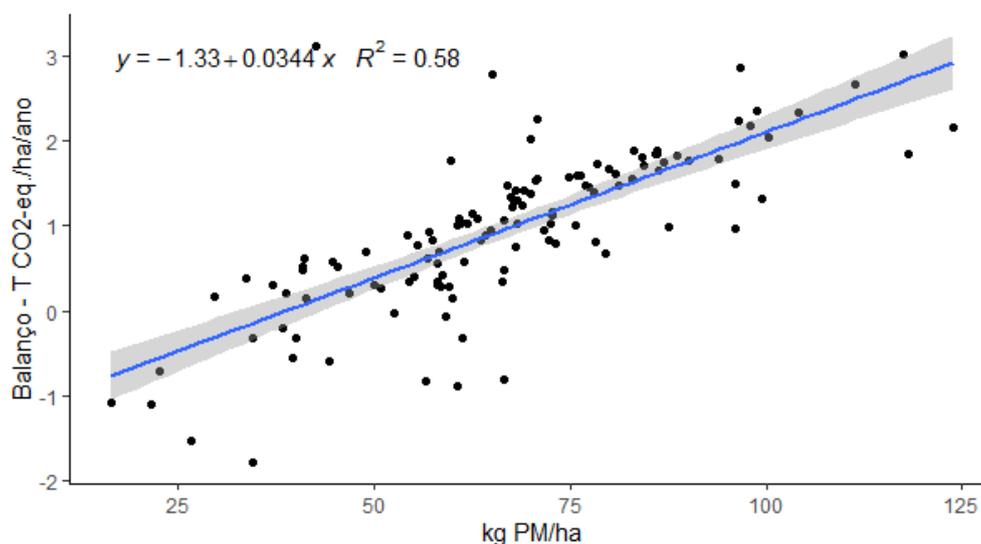
A intensificação da pecuária de corte através do *redesign* dos sistemas de produção influencia as emissões e remoções dos gases, ou seja, a intensidade das mudanças no uso do solo (Tabela 4) correlacionam com a magnitude do balanço de GEE's nos sistemas produtivos. Observamos que os fluxos de GEE foram influenciados pelas estratégias de manejo do arranjo pastoril (e.g., gradiente de utilização da terra), conforme o diagrama da Figura 5. Neste sentido, utilizamos a configuração dos recursos vegetais no espaço e no tempo para explicar o comportamento das propriedades rurais perante os desafios ambientais contemporâneos (i.g. demanda de alimentos e redução dos GEE's), sendo a forma de melhorar o desempenho e as metas dos sistemas (Martin; Martin Clouaire; Duru, 2013).

Para os pecuaristas, associar o manejo do pasto e do animal ao meio ambiente é, portanto, quebrar paradigmas vinculados à produção que historicamente, tem sido explorada no bioma Pampa. Assim, ordenamos as variáveis produtivas das propriedades para explicar o balanço de gases nestes ambientes (Figura 5). Verificamos que, a variabilidade pode ser explicada, em maior proporção (escore de acurácia de 45%) pela carga animal, seguida da área de pastagem natural e da área destinada a pastagem cultivada hibernal (ambos inferiores a 20%), conforme apresentado na Figura 5. Os resultados corroboram com vários autores (e.g.,(Cecagno et al., 2018; De Souza Filho et al., 2019; Ruviaro et al., 2015; Savian et al., 2019; Cezimbra et al., 2020 (no prelo)) que identificaram que a carga animal influencia diretamente os GEE.



**Figura 5-** Ordem decrescente de importância das variáveis para o balanço de GEE. A importância de cada variável é medida pelo percentual de redução no quadrado médio do erro com a sua inclusão no modelo de predição da variável dependente Balanço de Carbono. \* % em relação área total.

A variabilidade da carga animal nos sistemas explica mais da metade nos resultados do balanço dos gases ( $R^2 = 0.58$ ), decorrente da fermentação entérica dos ruminantes (item 3.2). Na forma que, propriedades rurais que elevaram em média 84% a carga animal, geraram balanço de gases quatro vezes maior no sistema, conforme a Figura 6.



**Figura 6-** Relação entre o balanço de GEE do solo e a carga animal convertida em peso metabólico dos animais nas 135 fazendas avaliadas no bioma Pampa ( $P < 0.001$ ).

Existe uma forte tendência do setor agropecuário ser fonte líquida de GEE para o meio ambiente. A contribuição do manejo pastoril neste cenário pode ser visto em estudos realizados no sul do Brasil (Pereira et al., 2018; Ruviaro et al. 2015; Ruviaro et al., 2016), essencialmente no bioma Pampa (Bilotto et al., 2019; Modernel et al., 2016; Vasconcelos et al., 2018). Para tanto, a atuação dos solos como fonte ou dreno de GEE's depende da conjuntura dos componentes produtivos e qual a sua intensidade de interação no sistema (Saggar et al., 2007).

Na Tabela 6, analisamos o balanço de gases entre os cinco grupos ( $P < 0.001$ ), com maior valor ao cluster V (2.466 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), seguidos de cluster IV (1.645 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), cluster III (0.911 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), cluster II (0.158 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) e o menor valor ao cluster I (-0.989 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano). Atribuímos ao cluster V maior potencial de impacto negativo ao ambiente e pode ser explicado pela alta carga animal nas propriedades (91.9 kg de PM/ha), mas essencialmente, pela forte presença da cultura de arroz nestes sistemas.

Nas propriedades do cluster V, em média 40% dos produtores cultivavam este cereal em 6.5% da área total da propriedade, o que acabou gerando participação de 17% da emissão da lavoura nas emissões totais do sistema. Um estudo de metanálise mostrou que, das dez principais culturas alimentares nos países mais emissores em escala global, o arroz foi responsável por 48% do total das emissões, proveniente das elevadas emissões de metano (Carlson et al., 2017). A produção de metano aumenta durante a safra do arroz, essencialmente quando o solo está coberto por lâmina de água (i.g. ausência de oxigênio no solo) e eleva a produção de óxido nitroso (via processo de nitrificação e desnitrificação no solo) durante a entressafra. As emissões de óxido nitroso representam 5% das emissões antropogênicas globais, via fertilizantes sintéticos (IPCC, 2007). Banger et al. (2012) citam que 64% dos artigos avaliados indicaram que os fertilizantes nitrogenados estimularam as emissões de metano, atribuídos principalmente, na forma de ureia do que sulfato de amônio.

**Tabela 6** - Descrição média e o erro padrão da média relacionada a área total (hectare), balanço de GEE (t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), sequestro de carbono (t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), emissão total de GEE (t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), emissão dos animais (t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) e carga animal (kg de PM/ha/ano) das classes das fazendas inseridas no bioma Pampa.

C	n	Área Total	Balanço GEE	Sequestro de GEE	Emissão de GEE*	Emissão de animal**	Carga Animal ***
I	10	340.4±69.0	-1.0±0.12 e	2.2±0.25a	1.2±0.21	0.8±0.016	39.0±5.58
		514.5±12			c	c	c
II	23	422.4±67.7	0.2±0.05 d	1.2±0.09 b	1.4±0.08	1.1±0.06	49.7±2.23
		348.7±65.1			c	c	c
III	47	490.5±15.9	0.9±0.03 c	0.8±0.06c	1.7±0.06	1.5±0.05	64.9±1.80
		348.7±65.1			c	b	b
IV	32	490.5±15.9	1.6±0.03 b	0.5±0.06 c	2.2±0.07	2.0±0.06	81.0±1.87
		490.5±15.9			b	a	a
V	13	490.5±15.9	2.5±0.10 a	0.8±0.20 bc	3.3±0.24	2.4±0.21	91.9±6.44
		490.5±15.9			a	a	a
Pvalue		0.6913	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

C = Clusters formado a partir da análise de grupamento das propriedades rurais

\*Letras diferentes na coluna diferem em nível de 5% pelo teste de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ); comparação entre sistemas produtivos (média de 1 ano).

\* somatório de todas as fontes (fermentação, dejetos, insumos, solo, tratos culturais, combustível e lavoura de arroz); \*\* dejetos e fermentação entérica; \*\*\*Carga animal (kg de PM ha/ano) = inclui ambas espécies (bovinos e ovinos).

O cluster I (-1 t de CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) foi mais eficiente em mitigar os efeitos da produção agropecuária na emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, sendo 61.5% superior aos demais. Nestes sistemas, as emissões líquidas foram totalmente compensadas pelo sequestro de carbono do solo. O maior sequestro está indicado pela proporção de 3.3% com pastagem de verão, 23.5% com lavoura e 37.6% destinadas à SIPA, totalizando em média 64% da área total utilizada com culturas temporárias. Estes resultados indicam que a gestão de práticas integradas proporciona melhores utilizações dos recursos naturais e contribuem o meio ambiente (Almeida et al., 2020; Patrizi et al., 2018), pois ameniza consequências geradas pelos impactos negativos da produção pecuária.

De fato, a diversidade do ambiente pastoril, catalisando a adoção de práticas sustentáveis (i.g.integração do sistema em parte da área), foi capaz de mitigar as emissões totais das propriedades (-0.989 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano) e influencia de forma complexa o equilíbrio do sistema (Godde et al. 2018). Propriedades ao introduzirem a diversidade advinda de sistemas integrados (SIPA), proporcionam maior retorno dos nutrientes minerais (i.g. animal como elemento acelerador da ciclagem de nutrientes) (Zanatta & Salton, 2010; Anghinoni et al., 2013; De Souza, 2017;

Monteith; Alvim; Kozlowski, 1977), promovendo serviços ecossistêmicos (Davis et al., 2012) e maiores oportunidades de práticas mitigadoras (Ussiri e Lal, 2017).

A introdução de culturas temporárias no sistema e áreas integradas ( $P < 0.001$ ), oportunizou maiores usos do solo com os mesmos recursos, elevando a capacidade de suporte nestes ambientes (cluster I). Pastagens bem manejadas, proporcionam diversidade ao ambiente e resiliência do ecossistema (Andrade et al. 2011; Latawec et al., 2014), sendo consideradas ferramentas chave para o sequestro de Carbono (Lal, 2004b; Antle e Ogle, 2012; Kirkegaard et al., 2014; Carter et al., 2015; Castelhana et al., 2015; Corbeels et al., 2016).

O maior sequestro de Carbono no cluster I (2.2 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), além de sinalizar a forte dependência com o arranjo pastoril dos diferentes sistemas, evidencia a relevância no cálculo do balanço dos gases. Seu impacto ambiental, quando comparado ao cluster V (0.8 t CO<sub>2</sub>-eq./ha/ano), foi 66% (via animal) e 63% (total) menos emissor (Tabela 6) e 40% inferior no balanço de gases. Godde et al. (2020) salienta a importância dos sistemas pastoris na remoção de gases do ambiente através do sequestro de carbono, mesmo que este seja limitado e reversível. Ambientes pastoris compõem um grande reservatório de carbono, sendo mais rápido e fácil perder carbono ao invés de ganhar (Smith, P., 2014). O mesmo autor salienta que a remoção de carbono não abrange apenas a presença da pastagem no sistema e sim, ao manejo que tange as mesmas.

Percebemos a relevância de compreender a interação entre as práticas dos sistemas de produção e principalmente, a inclusão da diversificação do ambiente através dos sistemas integrados no arranjo dos sistemas. Assim, preservar e reduzir os riscos do ecossistema requer entender a complexidade e a funcionalidade dos sistemas, algumas das quais, ainda necessitam ser investigadas no futuro. Em síntese, analisar a contribuição de cada fator do sistema pode sinalizar qual atividade tem maior impacto no potencial de aquecimento, permitindo o desenvolvimento de medidas mitigatórias no setor pecuário. Para Herrero et al. (2016); Roos et al. (2017) e Ussiri e Lal (2017) a intensificação dos sistemas pecuários aliada às intervenções de gestão técnica contribuem na mitigação de gases e quando aliada à corretos investimentos, auxiliam na segurança alimentar (Lipper et al. 2014).

### 3.4 Aplicação prática para o desenvolvimento da uma pecuária sustentável

Existe uma inquietação pelos baixos índices produtivos da pecuária tradicional do Estado do Rio Grande do Sul, que remete as informações registradas pela legislação do Brasil. Na década de 60, durante a Reforma Agrária, diretrizes da legislação brasileira (Lei nº 8.629/93) estabeleceram dois preceitos centrados apenas na produção dos sistemas pecuários: a taxa de utilização da terra e a taxa de eficiência na exploração. De forma clara e objetiva, Carvalho e Batello (2009) pontuam as divergências das políticas que nortearam a produção em detrimento da conservação evidenciando as respostas negativas do ecossistema quando se estabelece uma taxa de lotação mínima aplicada aos campos naturais (~0,8 unidade animal por hectare).

A tendência do produtor rural em manter ou aumentar a taxa de lotação animal atende o conceito de produtividade dessa legislação, mas em situações desarmônicas com a capacidade de suporte das áreas, são potenciais fontes das emissões de GEE e aumento do Balanço de GEE nos sistemas. Cada propriedade apresenta capacidade de suporte das pastagens de acordo com o arranjo espacial que, em muitos casos, não permite o ajuste da carga animal e pode comprometer com o desbalanço entre o acoplamento e o desacoplamento de C e N (Soussana; Lemaire, 2014). Portanto, analisamos de forma preocupante as atividades pecuárias perante à legislação: políticas brasileiras podem estar mostrando e exigindo práticas insustentáveis.

A tendência de aumento da população global (FAO, 2019) nos mostra que a demanda por alimentos necessita maiores ofertas de produtos animais e a partir deste estudo, surgem novas proposições: Como desconectarmos a poluição ambiental com o aumento do total de animais no rebanho?

Nesse sentido, entre os extremos da “intensificação” e “extensificação” das propriedades, é importante conhecer os *trade-offs* entre produzir e preservar. Provavelmente não exista uma equação ótima que otimize a maior parte dos serviços ecossistêmicos (em especial ecológico e social). Sabe-se que a resposta não está nos extremos produtivos e que se faz necessário modelar os aspectos produtivos relacionados a cada arranjo para conhecer qual a melhor forma de utilizar os recursos naturais disponíveis.

Neste aspecto, evidenciamos a importância de vincular a resposta dos arranjos espaciais das propriedades com políticas públicas para disseminar informações técnicas aos sistemas pecuários do bioma Pampa, permitindo estimar o equilíbrio entre as intensificações dos sistemas produtivos aliados ao potencial das mudanças climáticas e a prestação de serviços ecossistêmicos, a fim de gerar estratégias para aumentar o teor de carbono nestes solos e alavancar a intensificação sustentável. De fato, é possível intensificar a produção e evitar a expansão de “novas” áreas, mesmo sabendo que 57% das áreas destinadas à produção de alimentos para animais não são adequadas para a produção de grãos (Mottet et al., 2017).

#### **4. CONCLUSÃO**

Sistemas advindos de arranjos forrageiros diversificados, especialmente de áreas com Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, foram mitigadores de Gases do Efeito Estufa. A produção pecuária no bioma Pampa pode ser fonte líquida de gases, no entanto, a intensificação de uma porção do arranjo pastoril (38%) pode ser uma estratégia de sustentabilidade ambiental, ao mesmo tempo que contribui para a conservação do recurso natural.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a empresa SIA pelo acesso a base de dados dos produtores de bovinocultura de corte do Rio Grande do Sul. À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

## 6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M. V. B. et al. Integrating or Des-integrating agribusiness systems: Outcomes of energy evaluation. **Science of the Total Environment**, p.138733, 2020.

ANDRADE et al. Tecnologias para Intensificação da Produção Animal em Pastagens: Fertilizantes x Leguminosas. 26º Simpósio Sobre Manejo da Pastagem. **Anais: A empresa pecuária baseada em pastagens**. FEALQ, Piracicaba, Brazil. 2011

ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropico brasileiro. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 221- 278, 2013.

ATLAS - Atlas Socioeconômico do Rio grande do Sul. Rio Grande do Sul - (2018). Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/bovinos>>. Acesso em: 27 fev. 2020.

BANGER, K.; TIAN, H.; LU, C. Do nitrogen fertilizers stimulate or inhibit methane emissions from rice fields?. **Global Change Biology**, v. 18, n. 10, p. 3259-3267, 2012.

BARNEZE A.S. et al. Nitrous oxide emissions from soil due to urine deposition by grazing cattle in Brazil. **Atmos Environ** v.92 p.394–397. 2014.

BAYER, C. et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and tillage research**, v.86, n.2, p.237-245. 2006.

BAYER, C. et al. A Seven-year study on the effects of fall soil tillage on yield-scaled greenhouse gas emission from flood irrigated rice in a humid subtropical climate. **Soil and tillage research**, v.145, p.118-125. 2015.

BEAUCHEMIN, K. A. et al. Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study. **Agricultural Systems**, v.103, n.6, p.371-379. 2010.

BILOTTO, F. et al. Backgrounding strategy effects on farm productivity, profitability and greenhouse gas emissions of cow-calf systems in the Flooding Pampas of Argentina. **Agricultural Systems**, v. 176, p. 102688, 2019.

BODDEY, R.M.R. et al. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: The key to understanding the process of pasture decline. **Agric. Ecosyst. Env.** 103, 389–403. 2004.

BULLOCK, James M. et al. Resilience and food security: rethinking an ecological concept. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 4, p. 880-884, 2017.

CARDOSO, A. S. et al. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**. 143, 86–96. 2016.

<https://doi.org/10.1016/j.agry.2015.12.007>

CARLSON, K. M. et al. Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 1, p. 63-68, 2017.

CARVALHO et al., 2019. A reengenharia do uso dos pastos no sul do Brasil. [s. l.], n. June, 2019.

CARVALHO, P. C. F.; BATELLO, C. Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: the natural grasslands dilemma. **Livestock Science**, [s. l.], v. 120, n. 1–2, p. 158–162, 2009.

CARVALHO, P. C. F. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, p. 1040- 1046, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500020>.

CECAGNO, D. et al. Soil organic carbon in an integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 13, n. 3, 2018.

CEZIMBRA, I. M. **Emissão de metano por bovinos sob níveis de oferta de forragem em pastagem nativa do Bioma Pampa. 2015. 96f**, Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul ..., 2015.

CHARRAD, M., Ghazzali, N., Boiteau, V., Niknafs, A., 2015. Determining the Best Number of Clusters in a Data Set. Recuper. <https://cran.rproject.org/web/packages/NbClust/NbClust.pdf>.

CONANT, R.T., Paustian, K., 2002. Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. **Global Biogeochem. Cycles** 16, 90-1-90–9. <https://doi.org/10.1029/2001gb001661>

DAVID, D. B. et al. Uso de creatinina urinária como marcador nutricional e de volume urinário em ovinos alimentados com forragem tropical ou temperada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.4, p. 1009-1015, 2015.

DAVIS, A. S. et al. Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health. **PloS one**, v. 7, n. 10, 2012.

De BASTOS, D. F. et al. A 3-year assessment of nitrous oxide emissions factors for urine and dung of grazing sheep in a subtropical ecosystem. **Journal of Soils and Sediments**, v.20, n.2, p.982-991, 2020.

De FIGUEIREDO, E.B., Jayasundara, S., de Oliveira Bordonal, R., Berchielli, T.T., Reis, R.A., Wagner-Riddle, C., La Scala, N., 2017. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**. 142, 420–431. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132>

De KLEIN, C. A. M. et al. Estimating a nitrous oxide emission factor for animal urine from some New Zealand pastoral soils. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 41, n. 3, p. 381-399, 2003.

De Siqueira, O.J.F., Scherer, E.E., Tassinari, G., Anghinoni, I., Patella, J.F., Tedesco, M.J., Milan, P.A., Ernani, P.R., 1987. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Embrapa Trigo**-Recomendação Técnica (INFOTECA-E).

De SOUZA FILHO, W. **Intensidade de emissão e potencial de aquecimento global em um sistema integrado de produção agropecuária**. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul ..., 2017.

DICK, M. et al. Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. **Journal Cleaner Production**. 96, 426–434. 2015a. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.080>

DICK, M. et al. Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil - Evaluation using farm-based life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 87, n. 1, p. 58–67, 2015.

DORÉ, T., et al. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge. **Eur. J. Agron.** 34, 197–210. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.02.006>

Dos SANTOS, D.T., Carvalho, P.C.D.F., Nabinger, C., Carassai, I.J., Gomes, L.H., 2008. Eficiência bioeconômica da adubação de pastagem natural no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.38, p.437–444. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200023>

DURU, Michel et al. How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. **Agronomy for sustainable development**, v. 35, n. 4, p. 1259-1281, 2015.

FAGERHOLM, N., Torralba, M., Burgess, P.J., Plieninger T. 2016. A systematic map of ecosystem services assessments around European agroforestry. **Ecol. Indic.**, 62, 47-65.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **An international consultation on integrated crop-livestock systems for development: The Way Forward for Sustainable Production Intensification**. Rome, v.13, 64 p., 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Compare Data: Select a timerange**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#compare>  
Acesso em: 24 mar. 2020.

FOLEY, J. A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v.478, p.337-342. 2011.

Geografia e Estatística. **Efetivo bovino nos estabelecimentos agropecuários.** Brasil - (2018). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/927#resultado>. Acesso em: 27 fev.2020.

Godde C, Garnett T, Thornton P, Ash A, Herrero M. Grazing systems expansion and intensification: drivers, dynamics, and trade-offs. **Glob Food Sec** v. 16, p. 93–105. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.11.003>

GROHS, M. **Emissão de Gases do Efeito Estufa, ciclagem de nutrientes e produtividade de arroz irrigado em função de manejos pós colheita e plantas de cobertura.** 2018. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2018.

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.** v. 207, 91–100. 2015.

HERRERO, Mario et al. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, p. 452-461, 2016.

IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz. Compactação do solo: Um dos grandes desafios para o cultivo da soja em terras baixas. Circular Técnica. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202003/16154450-circular-tecnica-005-8.pdf> Acesso em: 20 mai. 2020.

Mapbioma - Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil. Disponível em: Acesso em: <https://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage> 21 mai. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Efetivo de ovinos nos estabelecimentos Agropecuários.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/4110#resultado> Acesso em: 28 fev. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação.** Rio de Janeiro - (2004). Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/arquivos/mapas\\_cobertura\\_vegetal.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/arquivos/mapas_cobertura_vegetal.pdf). Acesso em: 20 dez. 2020.'

IPCC - *International Panel on Climate Change.* (2006). Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl> Acesso em: 8 out. 2019

IPCC - *International Panel on Climate Change.* (2006). Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl> Acesso em: 8 out. 2019

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change: Summary for Policymakers. In: CLIMATE Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

IPCC: Summary for policymakers. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* (eds Solomon, S. et al.) (Cambridge Univ. Press, 2007)

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

LAL, R., 2004. Carbon emission from farm operations. *Environ. Int.* 30, 981–990. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.03.005>

LATAWIEC, A. E. et al. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, v.8, n.8, p.1255-1263, 2014.

LESSA, A. C. R. et al. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. **Agric. Ecosyst. Environ.** 190, 104–111. 2014.

LIPPER, L. et al. Climate-smart agriculture for food security. **Nature climate change**, v. 4, n. 12, p. 1068-1072, 2014.

MA B. L. et al. Nitrous oxide fluxes from corn fields: on-farm assessment of the amount and timing of nitrogen fertilizer BL Ma, TY Wu, N Tremblay, W Deen

MAIA, S. M. F. et al. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, [s. l.], v. 149, n. 1–2, p. 84–91, 2009.

MARTIN, G.; MARTIN C., R.; DURU, M. Farming system design to feed the changing world. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, n. 1, p. 131-149, 2013.

MARTIN, G. et al. Potential of multi-species livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review. **Agricultural Systems**, v. 181, p. 102821, 2020.

MAZZETO, A. M. et al. Improved pasture and herd management to reduce greenhouse gas emissions from a Brazilian beef production system. **Livestock Science**, v. 175, p. 101-112, 2015.

MCSWINEY, Claire P.; ROBERTSON, G. Philip. Nonlinear response of N<sub>2</sub>O flux to incremental fertilizer addition in a continuous maize (*Zea mays* L.) cropping system. **Global Change Biology**, v. 11, n. 10, p. 1712-1719, 2005.

MEZZALIRA, J. C. et al. Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 42, n. 7, p.

1264–1270, 2012.

MODERNE, P. et al. Land use change and ecosystem service provision in Pampas and Campos grasslands of southern South America. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 11, p. 113002, 2016.

MONTEITH, J. L.; ALVIM, P. de T.; KOZLOWSKI, T. T. (ed.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York ; London: Academic Press, 1977. cap. 1, p. 1–27.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. V.; KUNRATH, T. R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v. 57, p. 4-9, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>.

MOTTET, A. et al. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. **Global Food Security**, v. 14, p. 1-8, 2017.

OLIVEIRA, L. V. et al. Características produtivas e morfofisiológicas de cultivares de azevém. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. 191–197, 2014.

ORTIZ G., et al. Farm-scale greenhouse gas balances, hotspots and uncertainties in smallholder crop-livestock systems in Central Kenya. **Agric. Ecosyst. Environ.** 248, 58–70. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.002>

OVERBECK, G. E. et al. 2013. Restoration ecology in Brazil time to step out of the forest. **Nat. Conserv.**v.11, p.92–95. 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/97465/1/Trindade-NC.pdf>> Acesso em: 21 jan. 2020.

PATRIZI, N. et al. Sustainability of agro-livestock integration: Implications and results of Emergy evaluation. **Science of the Total Environment**, v.622, p.1543-1552, 2018.

PEREIRA, C. H. et al. Grazing supplementation and crop diversification benefits for southern Brazil beef: A case study. **Agricultural Systems**, [s. l.], v. 162, n. October 2016, p. 1–9, 2018.

PETERS, G. M. et al. Red meat production in Australia: life cycle assessment and comparison with overseas studies. **Environmental science & technology**, [s. l.], v. 44, n. 4, p. 1327–1332, 2010.

PILLAR, V. D., Tornquist, C.G., Bayer, C., 2012. The southern Brazilian grassland biome: soil carbon stocks, fluxes of greenhouse gases and some options for mitigation. **Brazilian J. Biol.** 72, 673–681

PINARES-PATIÑO, C.S., Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Barry, T.N., Holmes, C.W., 2003. Persistence of differences between sheep in methane emission under generous grazing conditions. **J. Agric. Sci.** 140, 227–233. <https://doi.org/10.1017/S0021859603003071>

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIPPLE, W. J. et al. Ruminants, climate change and climate policy. **Nature climate change**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 2–5, 2014.

RUVIARO, C. F. et al. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: A case study. **Journal Cleaner Production**, v.96, p.435–443. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.037>

RÖÖS, Elin et al. Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. **Global Environmental Change**, v. 47, p. 1-12, 2017.

SAGGAR, S. et al. Measured and modelled estimates of nitrous oxide emission and methane consumption from a sheep-grazed pasture. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 122, n. 3, p. 357–365, 2007.

SAIBRO, J. C.; SILVA, J. L. S. Integração sustentável do sistema de arroz x pastagem utilizando misturas forrageiras de estação fria no litoral norte do Rio Grande do Sul. **Ciclo de palestras em Produção e manejo de bovinos de corte**, v.4, p.27-55, 1999.

SAVIAN, J. V. et al. Effect of sward management on the emissions of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from faeces of sheep grazing Italian ryegrass pastures. **Small Ruminant Research**, [s. l.], v. 178, n. April, p. 123–128, 2019.

SCHIRMANN, J., 2016. Balanço de carbono e emissão de gases de efeito estufa em campo nativo do bioma Pampa.

SEEG, O. do C., IMAFLORA, 2018. Emissões do Setor de Agropecuária: Período 1970 - 2016 93.

SMITH, P., BUSTAMANTE, M., AHAMMAD, H., CLARK, H., DONG, H., ELSIDDIG, E.A., HABERL, H., HARPER, R., HOUSE, J., JAFARI, M., 2014. Agriculture, forestry and other land use (AFOLU), in: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 811–922.

SMITH, P. Do grasslands act as a perpetual sink for carbon?. **Global change biology**, v. 20, n. 9, p. 2708-2711, 2014.

SOSBAI - Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. XXXII Reunião Técnica da cultura do arroz irrigado. Farroupilha - Rio Grande do Sul. 2018. Disponível em: [http://sosbai.com.br/docs/Boletim\\_RT\\_2018.pdf](http://sosbai.com.br/docs/Boletim_RT_2018.pdf) Acesso em: 23 abr. 2020.

SOUSSANA, J.-F.; LEMAIRE, G. Coupling carbon and nitrogen cycles for

environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 190, p. 9–17, 2014.

STEINFELD, H. et al. Livestock's long shadow: environmental issues and options. **Food & Agricultural Org.**, 2006.

STEVENS, Carly J. Recent advances in understanding grasslands. **F1000Research**, v. 7, 2018.

TELÓ, G. M. et al. Aplicação de fungicida em cultivares de arroz irrigado e seu efeito na qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.1, p.99-107, 2012.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Befort, B.L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proc. Natl. Acad. Sci.** n.108, p.20260–20264, 2011.

USSIRI, David AN; LAL, Rattan. Greenhouse Gas Mitigation under Agriculture and Livestock Landuse. In: **Carbon Sequestration for Climate Change Mitigation and Adaptation**. Springer, Cham, 2017. p. 343-394.

Vasconcelos, K., Farinha, M., Bernardo, L., do N. Lampert, V., Gianezini, M., da Costa, J.S., Filho, A.S., Genro, T.C.M., Ruviano, C.F., 2018. Livestock-derived greenhouse gas emissions in a diversified grazing system in the endangered Pampa biome, Southern Brazil. **Land use policy**, v.75, p.442–448. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.056>

WHITEHEAD, D.C. Nitrogen. In: **NUTRIENT Elements in Grassland. Soil-Plant-Animal Relationships**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000. p.95-125.

Zanatta, J.A. & Salton, J.C. Soil carbon sequestration affected by no-tillage and integrated crop-livestock systems in Midwestern Brazil. 19 th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. IUSS, Brisbane, pp. 210-212, 2010.

## **CAPÍTULO III**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados neste estudo, foi possível entender os sistemas produtivos do bioma Pampa, frente às contribuições às mudanças climáticas. No entanto, ficou evidente que o saldo de GEE depende do manejo que tange à propriedade. Neste sentido, sugerimos que estudos futuros de visão sistêmica, incluam os fatores de emissões específicos da região (*Tier 3*), para gerar resultados mais exatos e que não penalizam a pecuária como um todo.

De fato, o potencial de mitigação de GEE através do sequestro de C seja muitas vezes baixo, é necessário promover estratégias para implementar mudanças no manejo do pasto e assim, cumprir as metas do Acordo Climático de Paris. Talvez seja necessário e mais relevante que, simultaneamente à redução das emissões, aumente o potencial de sequestro de Carbono (C) dos solos para redução do impacto negativo do manejo dos sistemas pecuários gaúchos

O estudo evidencia a necessidade de melhorias nos sistemas de produção via ajustes na gestão do processo de intensificação das áreas (*farm design*) e do adequado manejo dos animais, através do auxílio técnico direto ao produtor.

## APÊNDICES

**Apêndice A** – Estimativa dos custos em carbono equivalente (C-CO<sub>2</sub>) pelo manejo operacional das atividades pastoris.

<b>Práticas de manejo/insumos</b>	Qt consumida	kg C - CO <sub>2</sub> un. Insumo	Custos de CO <sub>2</sub> eq.
	Diesel, L/ha/ano		
Operações			
Semeadura de soja	4,60	0,8	3,68
Semeadura pasto	4,60	0,8	3,68
Colheita da soja	11,8	0,8	9,44
Aplicações de defensivos e fertilizantes	4,0	0,8	3,2
<b>Fertilizante</b>	kg/ha/ano		
Uréia	100	1,30	364,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	60	0,20	12,00
K <sub>2</sub> O	60	0,15	9,00
<b>Defensivos químicos</b>	kg/ha/ano		
Herbicidas	1,66	7,15	11,869
Fungicida	0,18	4,65	0,837
Inseticida	0,95	4,60	4,37
<b>Total_pasto cultivado</b>			<b>400,55<sup>1</sup></b>

Total\_lavoura

**66,13<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Multiplicação referente ao manejo das aplicações citados na tabela anterior

Fonte: de Souza Filho et al. (2019) adaptado pela autora.

**Apêndice B** - Estimativa do número de aplicações de defensivos agrícolas na lavoura e na pastagem

Práticas de manejo _ fertilizantes	nº de aplicações _ pasto	nº de aplicações _ lavoura
Ureia	1	0
Fosfato Diamônico (DAP)	1	0
Cloreto de Potássio	0	1
<hr/>		
Práticas de manejo _ defensivos químicos		
Herbicida	1	3
Fungicida	0	1
Inseticida	0	1

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision**. Rome, FAO, 2012. 160 p. (ESA Working paper, No. 12-03).

ALLARD, V. *et al.* The role of grazing management for the net biome productivity and greenhouse gas budget (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub>) of semi-natural grassland. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 121, n. 1-2, p. 47-58, 2007.

ALLEN, V. G. *et al.* An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 2–28, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780>. Acesso em: 15 jan. 2019.

AUDSLEY, E.; WILKINSON, M. What is the potential for reducing national greenhouse gas emissions from crop and livestock production systems? **Journal of Cleaner production**, Amsterdam, v. 73, p. 263–268, 2014.

BATEMAN, E. J.; BAGGS, E. M. Contributions of nitrification and denitrification to N<sub>2</sub>O emissions from soils at different water-filled pore space. **Biology and fertility of soils**, Berlin, v. 41, n. 6, p. 379–388, 2005.

BEETZ, S. *et al.* Effects of land use intensity on the full greenhouse gas balance in an Atlantic peat bog. **Biogeosciences**, Katlenburg-Lindau, v. 10, n. 2, 2013.

BERNOUX, M. *et al.* CO<sub>2</sub> emissions from liming of agricultural soils in Brazil. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, v. 17, n. 2, p. 1-4, 2003.

BODIRSKY, B. L. *et al.* Reactive nitrogen requirements to feed the world in 2050 and potential to mitigate nitrogen pollution. **Nature communications**, London, v. 5, n. 1, p. 1–7, 2014.

BOLDRINI, I. I. **Dinâmica da vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de matéria seca e tipos de solo, Depressão Central, RS**. 1993. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa informações gerais e valores preliminares: informações gerais e preliminares**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2011.

BREMM, C. *et al.* Foraging behaviour of beef heifers and ewes in natural grasslands with distinct proportions of tussocks. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 141, n. 3–4, p. 108–116, 2012.

CARDOSO, A. S. **Avaliação das Emissões de Gases de Efeito Estufa em no Brasil Central**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio

de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/1533>. Acesso em: 13 set. 2018.

CARVALHO, J. L. N. **Dinâmica do carbono e fluxo de gases do efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária na Amazônia e no Cerrado**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ciências, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-19042010-164213/publico/Joao\\_Carvalho.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-19042010-164213/publico/Joao_Carvalho.pdf). Acesso em: 14 out. 2019.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Definições e terminologias para sistema integrado de produção agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 45, n. 5SPE, p. 1040–1046, 2014.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 88, n. 2, p. 259–273, 2010.

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

CARVALHO, P. C. F.; 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.

CECAGNO, D. *et al.* Soil organic carbon in an integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 13, n. 3, 2018.

CERRI, C. C. *et al.* Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 102–116, 2010.

CEZIMBRA, I. M. **Emissão de metano por bovinos sob níveis de oferta de forragem em pastagem nativa do Bioma Pampa**. 2015. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/116602>. Acesso em: 25 set. 2018.

COLOMB, V. *et al.* **Review of GHG calculators in agriculture and forestry sectors: a guideline for appropriate choice and use of landscape based tools**. Rome: FAO, 2012.

COLOMB, V. *et al.* Selection of appropriate calculators for landscape-scale greenhouse gas assessment for agriculture and forestry. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 8, n. 1, 2013.

DENEF, K. *et al.* **Report of Greenhouse Gas Accounting Tools for Agriculture and Forestry Sectors**. Technical Guidelines and Scientific Methods for Entity-Scale Greenhouse Gas Estimation. Washington, DC, 2012. 124 p.

DOBROVOLSKI, R. *et al.* Agricultural expansion and the fate of global conservation priorities. **Biodiversity and Conservation**, United Kingdom, v. 20, n. 11, p. 2445–2459, 2011.

DONATELLI, M.; HATFIELD, J. L.; RIZZOLI, A. A farm model placing vegetation diversity at the core of the livestock production system organization. *In*: FARMING SYSTEMS DESIGN, 2007, Catania, Italy. **Symposium** [...]. Catania, Italy: 2007. 270 p. Book 2 - Field-farm scale design and improvement. p. 98-99.

DORÉ, T. *et al.* Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 34, n. 4, p. 197–210, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.02.006>. Acesso em: 13 fev. 2020.

DUMONT, B.; GROOT, J. C. J.; TICHIT, M. Make ruminants green again—how can sustainable intensification and agroecology converge for a better future? **Animal**, Cambridge, v. 12, n. s2, p. s210–s219, 2018.

FCRN- FOOD CLIMATE RESEARCH NETWORK; OXFORD MARTIN PROGRAMME ON THE FUTURE OF FOOD; ENVIRONMENTAL CHANGE INSTITUTE. **Grazed and confused?**: ruminating on cattle, grazing systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question - and what it all means for greenhouse gas emissions. Oxford: Food Climate Research Network, 2017.

FORSTER, P. *et al.* Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. *In*: CLIMATE Change 2007: the physical science basis. United Kingdom, New York, 2007. p.129-234.

GERSHENSON, A.; GIERASCH, L. M. Protein folding in the cell: challenges and progress. **Current opinion in structural biology**, London, UK, v. 21, n. 1, p. 32–41, 2011.

GIBBONS, J. M.; RAMSDEN, S. J.; BLAKE, A. Modelling uncertainty in greenhouse gas emissions from UK agriculture at the farm level. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 112, n. 4, p. 347–355, 2006.

GLÉRIA, A. A. *et al.* Produção de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura pecuária. **Archivos de zootecnia**, Córdoba, v. 66, n. 253, p. 141–150, 2017.

GOMES, J. **Emissão de gases do efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GONÇALVES, E. N. *et al.* Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: Padrões de desfolhação e seleção de dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 611–617, 2009.

GREWER, U. *et al.* Analyzing the greenhouse gas impact potential of smallholder development actions across a global food security program. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 13, n. 4, p. 1-8, 2018.

HALMEMIES-BEAUCHET-FILLEAU, A. *et al.* Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. **Animal**, Cambridge, v. 12, n. s2, p. s295–s309, 2018.

HAMMOND, K. J. *et al.* The variation in methane emissions from sheep and cattle is not explained by the chemical composition of ryegrass. In: 2009, Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production: **New Zealand Society of Animal Production**, New Zealand, v. 69, p. 174–178, 2009.

HENDERSON, B. B. *et al.* Greenhouse gas mitigation potential of the world's grazing lands: Modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 207, p. 91–100, 2015.

HENRY, B. K.; ECKARD, R. J.; BEAUCHEMIN, K. A. Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. **Animal**, Cambridge, v. 12, n. s2, p. s445–s456, 2018.

HILLIER, J. *et al.* A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. **Environmental Modelling and Software**, Oxford, v. 26, n. 9, p. 1070–1078, 2011.

HUTCHINGS, N. J. *et al.* How do farm models compare when estimating greenhouse gas emissions from dairy cattle production?. **Animal**, Cambridge, v. 12, n. 10, p. 2171–2180, 2018.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. [Banco de dados agregados]. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 4 fev. 2020.

LAGEMANN, M. P. *et al.* Estoque de carbono e nutrientes no solo em um sistema silvipastoril no bioma pampa. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 7., 2015, Bagé. **Anais [...]**. Bagé: Universidade Federal do Pampa, v. 7, n. 2, p. 1-2, 2016. Disponível em: <http://200.132.146.161/index.php/siepe/article/view/16514/5562>. Acesso em: 14 ago. 2019.

LEMAIRE, G. & CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. (ed.). **The Ecology and Management of Grazing Systems**. Wallingford, UK: CAB International, 1996. p. 3-35.

LIEBIG, M. A. *et al.* Grazing management contributions to net global warming potential: a long-term evaluation in the Northern Great Plains. **Journal of Environmental Quality**, Hoboken, v. 39, n. 3, p. 799–809, 2010.

MAIA, S. M. F. *et al.* Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 149, n. 1–2, p. 84–91, 2009.

MARTIN, G.; CLOUAIRE, R. M.; DURU, M. Farming system design to feed the changing world. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, France, v. 1, n. 33, p. 131-149, 2013.

MATZENBACHER, N. I. Diversidade florística dos Campos Sul-Brasileiros: Asteraceae. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 54., 2003. Porto Alegre: Comunicações do Museu Ciência Tecnologia UBEA/PUCRS, [2004?]. p. 124–127.

MCKONE, T. E. *et al.* Grand challenges for life-cycle assessment of biofuels. **Environmental Science Technology**, Washington, v. 45, n. 5, p. 1751-1756, 2011.

MEINZEN-DICK, R. *et al.* The gender asset gap and its implications for agricultural and rural development. *In*: **GENDER in agriculture**. Dordrecht: Springer, 2014. Chapter 5, p. 91–115.

MEZZALIRA, J. C. *et al.* Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1264–1270, 2012.

MIOTTO, S. T. S.; WAECHTER, J. L. Diversidade florística dos Campos sul-brasileiros: Fabaceae. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 54., 2003, cidade. **Anais [...]**. Belém: Unama, 2003. p. 121–124.

MONTEITH, J. L.; ALVIM, P. de T.; KOZLOWSKI, T. T. (ed.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York ; London: Academic Press, 1977. cap. 1, p. 1–27.

MOSIER, A. *et al.* Methane and nitrogen oxide fluxes in tropical agricultural soils: sources, sinks and mechanisms. **Environment, Development and Sustainability**, Bruxelas, v. 6, n.1-2, p. 11-49, 2004.

NABINGER, C.; FACCIO CARVALHO, P. C. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. **Agrociencia-Sitio en Reparación**. Uruguay, v. 13, n. 3, p. 18–27, 2009.

NEMECEK, T.; KÄGI, T.; BLASER, S. **Life cycle inventories of agricultural production systems**. [Final Report Ecoinvent]. Dübendorf: Eco Invent, 2007. Data v. 2.0. Report No 15.

OENEMA, O. *et al.* Nitrous oxide emissions from grazed grassland. **Soil use and Management**. Oxford, v. 13, p. 288–295, 1997.

OENEMA, O. *et al.* Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 72, n. 1, p. 51–65, 2005.

OLIVEIRA, S. G. *et al.* Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal feed science and Technology**, Leicestershire, v. 135, n. 3–4, p. 236–248, 2007.

PALMER, C.; SILBER, T. Trade-offs between carbon sequestration and rural incomes in the N'hambita Community Carbon Project, Mozambique. **Land use policy**, Guildford , v. 29, n. 1, p. 83–93, 2012.

PAULINO, V. T.; TEIXEIRA, E. M. de L. C.. Sustentabilidade de pastagens: manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa. **PUBVET**, Maringá, v. 4, p. [Art-872], 2010.

PILLAR, V. D.; TORNQUIST, C. G.; BAYER, C. The southern Brazilian grassland biome: soil carbon stocks, fluxes of greenhouse gases and some options for mitigation. **Brazilian Journal of Biology**, São Paulo, v. 72, n. 3, p. 673–681, 2012.

QUADROS, F. L. F. de; CRUZ, P.; THEU, J. P. Uso de tipos funcionais de gramíneas como alternativa de diagnóstico da dinâmica e do manejo de campos naturais. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais** [...].João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p. 1-4.

RAFIQUE, R.; HENNESSY, D.; KIELY, G. Nitrous oxide emission from grazed grassland under different management systems. **Ecosystems**, New York, v. 14, n. 4, p. 563–582, 2011.

RAMANKUTTY, N. et al. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. **Global biogeochemical cycles**, Washington, v. 22, n. 1, 2008.

REEDER, J. D. *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.

REID, R. S. *et al.* Is it possible to mitigate greenhouse gas emissions in pastoral ecosystems of the tropics? **Environment, Development and Sustainability**, Dordrecht. v. 6, n. 1-2, p. 91–109, 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. 2, p. 353–371, 2015.

RUVIARO, C. F. *et al.* Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 96, p. 435–443, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.037>. Acesso em: 15 nov. 2018.

RYPDAL, K.; WINIWARTER, W. Uncertainties in greenhouse gas emission inventories evaluation, comparability and implications. **Environmental Science & Policy**, Exeter, v. 4, n. 2–3, p. 107–116, 2001.

SAMPAIO, E. *et al.* Desafios da botânica brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal. Belém: Sociedade Botânica do Brasil, 2003. 294 p.

SAVIAN, J. V. *et al.* Effect of sward management on the emissions of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from faeces of sheep grazing Italian ryegrass pastures. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 178, p. 123–128, Apr. 2019.

SCHEMBERGUE, A. **Análise da integração lavoura-pecuária-floresta como medida adaptativa às mudanças climáticas** 2014. Dissertação (Mestrado em Economia) - Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

SCHIRMANN, J. **Balço de carbono e emissão de gases de efeito estufa em campo nativo do bioma Pampa**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/144318>. Acesso em: 05 set. 2018.

SCHÖNBACH, P. *et al.* Grazing effects on the greenhouse gas balance of a temperate steppe ecosystem. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 93, n. 3, p. 357–371, 2012.

SEEBAUER, M. Whole farm quantification of GHG emissions within smallholder farms in developing countries. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 9, n. 3, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/035006>. Acesso em: 08 ago. 2019.

SILVA, F. D. *et al.* Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop-livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 60–69, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.005>. Acesso em: 27 dez. 2019.

SMITH, P. *et al.* Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). *In*: IPCC. **Climate change 2014: mitigation of climate change**. Contribution of working group iii to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. New York: Cambridge University Press, 2014. p. 811–922.

SMITH, P. *et al.* Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences*, Macau, v. 363, n. 1492, p. 789–813, 2008.

SMITH, P. *et al.* Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 118, n. 1–4, p. 6–28, 2007.

SOUSSANA, J. F. *et al.* Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. **Soil use and management**, Oxford, v. 20, n. 2, p. 219–230, 2004.

SOUSSANA, J. F.; LEMAIRE, G. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 9–17, 2014.

SOUZA, W. F. **Intensidade de emissão e potencial de aquecimento global em um sistema integrado de produção agropecuária no Subtropical Brasileiro**. 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/164649>. Acesso em: 24 set. 2018.

STOKER, T. *et al.*(ed.). **Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York: Cambridge University Press, [2014]. xi, 1535 p.

SUN, D. S. *et al.* Grazing depresses soil carbon storage through changing plant biomass and composition in a Tibetan alpine meadow. **Plant, Soil and Environment**, Prague, v. 57, n. 6, p. 271–278, 2011.

THOMPSON, J.; SCOONES, I. Addressing the dynamics of agri-food systems: an emerging agenda for social science research. **Environmental Science & Policy**, Exeter, v. 12, n. 4, p. 386–397, 2009.

TRINDADE, J. P. P. *et al.* Massa de forragem e taxa de acúmulo de campo nativo em sistemas de produção de pecuária familiar da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 26., 2016, Santa Maria. **Anais [...]**. Santa Maria: Associação Brasileira de Zootecnia, 2016. 1-3 p.

TUOMISTO, H. L. *et al.* Development and testing of a European Union-wide farm-level carbon calculator. **Integrated Environmental Assessment and Management**, Pensacola, v. 11, n. 3, p. 404–416, 2015.

VALLIS, I. *et al.* Volatilization of ammonia from urine patches in a subtropical pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Vitória, v. 33, n. 1, p. 97–107, 1982.

VAN DER MOLEN, M. K. *et al.* The growing season greenhouse gas balance of a continental tundra site in the Indigirka lowlands, NE Siberia. **Biogeosciences**, [S.l.], v. 4, n. 6, p. 985-1003, 2007.

VASCONCELOS, K. *et al.* Livestock-derived greenhouse gas emissions in a diversified grazing system in the endangered Pampa biome, Southern Brazil. **Land Use Policy**, Guildford, v. 75, p. 442–448, 2018.

VETTER, S. H. *et al.* Greenhouse gas emissions from agricultural food production to supply Indian diets: Implications for climate change mitigation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 237, p. 234–241, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.024>. Acesso em: 16 out. 2018.

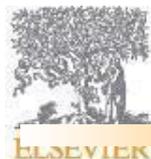
WEERSINK, A.; JEFFREY, S.; PANNELL, D. Farm-Level Modeling for Bigger Issues. **Applied Economic Perspectives and Policy**, Oxford, v. 24, n. 1, p. 123–140, 2002.

WHITTAKER, C.; MCMANUS, M. C.; SMITH, P. A comparison of carbon accounting tools for arable crops in the United Kingdom. **Environmental Modelling and Software**, Oxford, v. 46, p. 228–239, 2013.

WRI- WORD RESEARCH INSTITUTE. **Metodologia do GHG Protocol da Agricultura**: Greenhouse gas protocol. Porto Alegre; São Paulo: WRI Brasil, 2015.

## APÊNDICE

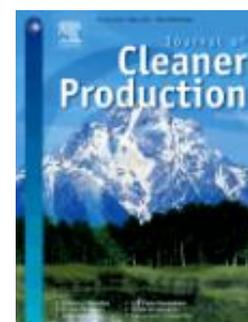
Apêndice 1. Normas para elaboração e submissão de trabalhos científicos à revista Journal of Cleaner Production



### **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**

The International Journal Covering All Aspects of Land Use

**AUTHOR  
INFORMATION  
PACK**



## TABLE OF CONTENTS

●	<b>Description</b>	<b>p.1</b>
●	<b>Audience</b>	<b>p.1</b>
●	<b>Impact Factor</b>	<b>p.1</b>
●	<b>Abstracting and Indexing</b>	<b>p.2</b>
●	<b>Editorial Board</b>	<b>p.2</b>
●	<b>Guide for Authors</b>	<b>p.5</b>

ISSN: 0959-6526

## DESCRIPTION

The **Journal of Cleaner Production** is an international, transdisciplinary journal focusing on Cleaner Production, Environmental, and Sustainability research and practice. Through our published articles, we aim at helping societies become more sustainable.

'Cleaner Production' is a concept that aims at preventing the production of waste, while increasing efficiencies in the uses of energy, water, resources, and human capital.

The **Journal of Cleaner Production** serves as a platform for addressing and discussing theoretical and practical cleaner production, encompassing environmental, and sustainability issues in corporations, governments, education institutions, regions, and societies.

Subject areas include, but are not limited to: Cleaner production and technical processes Sustainable Development and Sustainability Sustainable Consumption Environmental and sustainability assessment Sustainable Products and Services Corporate sustainability and Corporate Social Responsibility Education for Sustainable Development Governance, legislation, and policy for sustainability

## **AUDIENCE**

a. Managers, engineers, designers in all the process and service industries; b. Academic and research scientists specializing in cleaner production, regional

sustainability, and education for sustainable development; c. Consultants, regulatory leaders, policy makers, planners and NGOs.

## **IMPACT FACTOR**

---

2018: 6.395 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2019

## **ABSTRACTING AND INDEXING**

---

Geographical Abstracts  
 Engineering Village - GEOBASE  
 Fluid Abstracts  
 FLUIDEX  
 Scopus  
 INSPEC  
 Science Citation Index Expanded

## **EDITORIAL BOARD**

---

### ***Co-Editors-in-Chief***

**Jiří Jaromír Klemeš**, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic

**Cecília Maria Villas Bôas de Almeida**, Paulista University - Indianópolis Campus, Sao Paulo, Brazil

**Yutao Wang**, Fudan University, Shanghai, China

### ***Executive Editors***

**Bin Chen**, Beijing Normal University, Beijing, China

**Zhifu Mi**, University College London, London, United Kingdom

**Maria Theresa (Maite) Moreira Vilar**, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain

**Chunyan Wang**, University of Michigan School of Environment and Sustainability, Ann Arbor, Michigan, United States

### ***Founder and Editor-in-Chief Emeritus***

**Don Huisin**, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, United States

### ***Associate Editors***

**Kathleen Aviso**, De La Salle University Department of Chemical Engineering, Manila, Philippines

**Giovanni Baiocchi**, University of Maryland at College Park, College Park, Maryland, United States

**Santanu Bandyopadhyay**, Indian Institute of Technology Bombay Department of Energy Science and Engineering, Mumbai, India

**Giorgio Besagni**, Ricerca Sul Sistema Energetico, Power System Development Department, Milan, Italy

**Jun Bi**, Nanjing University, Nanjing, China

**Sandra Caeiro**, Open University, Lisboa, Portugal

**Hua Cai**, Purdue University, West Lafayette, Indiana, United States

**Charbel Jose Chiappetta Jabbour**, Montpellier Business School, Montpellier, France

**Jing-Li Fan**, China University of Mining and Technology, Director of Center for Sustainable Development and Energy Policy Research (SDEP), Beijing, China

**Kannan Govindan**, University of Southern Denmark, Odense, Denmark

**Baoshan Huang**, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, United States

**Mingzhou Jin**, The University of Tennessee Knoxville, Knoxville, Tennessee, United States

**Jin-Kuk Kim**, Hanyang University College of Engineering Department of Chemical Engineering, Seongdong-gu, Korea, Republic of

**Chew Tin Lee**, University of Technology Malaysia, Skudai, Malaysia

**Zhen Leng**, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

**Weidong Li**, Wuhan University of Technology, Wuhan, China

**Mattias Lindahl**, Linköping University, Linköping, Sweden

**Yang Liu**, Linköping University Department of Management and Engineering, Linköping, Sweden

**Jing Meng**, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom

**Hrvoje Mikulčić**, University of Zagreb Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb, Croatia

**Bing-Jie Ni**, University of Technology Sydney School of Civil and Environmental Engineering, Broadway, New South Wales, Australia

**Sandro Nižetić**, University of Split, Split, Croatia

**Paweł Octoń**, Tadeusz Kosciuszko Cracow University of Technology, Krakow, Poland

**Gul Okudan-Kremer**, Iowa State University, Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, Ames, Iowa, United States

**Tomás Ramos**, New University of Lisbon Department of Engineering and Environmental Sciences, Caparica, Portugal

**Panos Seferlis**, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece

**Lei Shi**, Tsinghua University, Beijing, China

**Meisam Tabatabaei**, Mara University of Technology Faculty of Plantation and Agrotechnology, Jasin, Malaysia

**Xin Tong**, Peking University, Beijing, China

**Sharifah Rafidah Wan Alwi**, University of Technology Malaysia Process Systems Engineering Centre, Johor Bahru., Malaysia

**Jin Yang**, China University of Geosciences School of Economics and Management, Beijing, China

**Zuotai Zhang**, Southern University of Science and Technology, Shenzhen, China

**Jian Zuo**, The University of Adelaide, Adelaide, South Australia, Australia

#### ***Honorary Board Members***

**Nicholas Ashford**, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, United States

**Mark Brown**, University of Florida, Gainesville, Florida, United States

**D'Maris Coffman**, University College London School of Construction and Project Management, London, United Kingdom

**Goran Finnveden**, KTH Royal Institute of Technology Department of Sustainable Development Environmental

Science and Engineering, Stockholm, Sweden

**Biagio F. Giannetti**, Paulista University - Indianópolis Campus, Sao Paulo, Brazil

**Ole Jorgen Hanssen**, Ostfoldforskning AS, Kråkerøy, Norway

**Klaus Hubacek**, University of Groningen, Groningen, Netherlands

**Gjalt Huppés**, Leiden University, Leiden, Netherlands  
**Conrad Luttropp**, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden  
**Darrel Reeve**, Cleaner Production Australia, Eltham, Australia  
**Hans Schnitzer**, Graz University of Technology, Graz, Austria  
**Carmen Teodosiu**, Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Department of Environmental Engineering and Management, Iași, Romania  
**Arnold Tukker**, Leiden University, Leiden, Netherlands  
**Sergio Ulgiati**, University of Naples - Parthenope, Napoli, Italy  
**Philip Vergragt**, Tellus Institute, Boston, Massachusetts, United States  
**Yi-Ming Wei**, Beijing Institute of Technology, Center for Energy and Environmental Policy Research, Beijing, China  
**Zhifeng Yang**, Guangdong University of Technology Institute of Environmental and Ecological Engineering, Guangzhou, China

#### ***Academic Board Members***

**Feni Agostinho**, Paulistana University, SAO PAULO, Brazil  
**Jacopo Bacenetti**, University of Milan, Milano, Italy  
**Rupert Baumgartner**, University of Graz, Graz, Austria  
**Vincent Blok**, Wageningen University, Wageningen, Netherlands  
**Frank Boons**, The University of Manchester, Manchester, United Kingdom  
**Yanpeng Cai**, Guangdong University of Technology - University Town Campus, Guangzhou, China  
**Anthony Chiu**, De la Salle University, Manila, Philippines  
**Michel Constantino**  
**Stephen DeVito**, US Environmental Protection Agency, Washington, District of Columbia, United States  
**Xiangzheng Deng**, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research Chinese Academy of Sciences, Beijing, China  
**Javier Dufour Andía**, Rey Juan Carlos University, Madrid, Spain  
**Sandra Duni Ekşioğlu**, Clemson University, Clemson, South Carolina, United States  
**Kai Fang**, Zhejiang University, Hangzhou, China  
**Johannes Fresner**, STENUM Environmental Consultancy and Research Company, Graz, Austria  
**Xavier Gabarrell Durany**, Autonomous University of Barcelona, Barcelona, Spain  
**Shabbir Gheewala**, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand  
**Stefan Gold**, University of Nottingham, Nottingham, United Kingdom  
**Reinout Heijungs**, VU Amsterdam, Amsterdam, Netherlands  
**Gavin Hilson**, University of Surrey Faculty of Business Economics and Law, Guildford, United Kingdom  
**Bart van Hoof**, University of the Andes, Bogota, Colombia  
**Carlo Ingrao**, University of Foggia, Foggia, Italy  
**Vyacheslav Kafarov**, Industrial University of Santander, Bucaramanga, Colombia  
**Evina Katsou**, Brunel University London, Uxbridge, United Kingdom  
**Feng Kuishuang**, University of Maryland at College Park, College Park, Maryland, United States  
**David Kukulka**, University at Buffalo - The State University of New York, Buffalo, New York, United States  
**Feng Li**, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

**Sai Liang**, Beijing Normal University, Beijing, China  
**Wenjie Liao**, Sichuan University, Chengdu, Sichuan, China  
**Gang Liu**, University of Southern Denmark, Odense, Denmark  
**Gengyuan Liu**, Beijing Normal University, Beijing, China  
**Yang Liu**, University of Vaasa, VAASA, Finland  
**Zhi-Yong Liu**, Hebei University of Technology, Tianjin, China  
**Thokozani Majozi**, University of the Witwatersrand, School of Chemical & Materials/Metallurgical Engineering, WITS, South Africa  
**Guozhu Mao**, Tianjin University, Tianjin, China  
**Shen Qu**, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, United States  
**Jaco Quist**, TU Delft, Delft, Netherlands  
**Mohammad Ali Rajaeifar**, Newcastle University, Newcastle Upon Tyne, United Kingdom  
**Joan Rieradevall Pons**, Autonomous University of Barcelona Institute of Environmental Science and Technology, Bellaterra, Spain  
**Matteo V. Rocco**, Polytechnic of Milan, Milano, Italy  
**Malin Song**, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu, China  
**Ramesh Subramoniam**, University of Texas at Austin Department of Information Risk and Operations Management, Austin, Texas, United States  
**Mingxing Sun**, Tsinghua University, Beijing, China  
**Susan Thorneloe**, US Environmental Protection Agency Office of Research and Development, Research Triangle Park, North Carolina, United States  
**Andrea Trianni**, University of Technology Sydney - City Campus, Ultimo, New South Wales, Australia  
**Petar S. Varbanov**, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic  
**Timothy Walmsley**, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic  
**Zhaohua Wang**, Beijing Institute of Technology, Beijing, China  
**Xianlai Zeng**, Tsinghua University, Beijing, China  
**Yingfeng Zhang**, Northwestern Polytechnical University, Xian, China  
**Yue-Jun Zhang**, Hunan University, Changsha, China

#### ***Junior Board Members***

**Syed Awais Ali Shah Bokhari**, Universiti Teknologi PETRONAS Department of Chemical Engineering, Bandar  
**Seri Iskandar**, Malaysia Cassendra Bong Phun Chien, University of Technology Malaysia, Skudai, Malaysia  
**Ivan Bozhikin**, University of National and World Economy, Sofia, Bulgaria  
**Laura Bulgariu**, Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Iasi, Romania  
**Chin Kui Cheng**, University Malaysia Pahang Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, Kuantan, Malaysia  
**Lai Fatt Chuah**, Marine Department Northern Region, Gelugor, Malaysia  
**Luca Coscieme**, University of Dublin Trinity College, Dublin, Ireland  
**Yee Van Fan**, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic  
**Xuexiu Jia**, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic  
**Hesam Kamyab**, Universiti Teknologi Malaysia Razak School of Engineering and Advanced Technology, Kuala Lumpur, Malaysia  
**Jeng Shiun Lim**, University of Technology Malaysia School of Chemical and Energy Engineering, Johor Bahru, Malaysia  
**Stephen Northey**, Monash University, Clayton, Victoria, Australia

**Paula Pérez-López**, Engineering College Paris - Observation, Impact, Energy (OIE) Center, Sophia Antipolis, France

**Yuanbo Qiao**, Shandong University Institute for Studies in County Development, Qingdao, China

**Yuli Shan**, University of Groningen, Groningen, Netherlands

**Wendong Wei**, University of Shanghai for Science and Technology Business School, Shanghai, China

**Minghui Xie**, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, MEP Key Laboratory of Eco-Industry, Beijing, China

**Beijing, China**

**Qian Zhang**, University of Victoria, Victoria, British Columbia, Canada

## **GUIDE FOR AUTHORS**

---

### *Types of paper*

The following types of contribution are published in *The Journal of Cleaner Production*:

*Original article*: Standard research papers of 6000-8000 words in length, with tables, illustrations and references, in which hypotheses are tested and results reported.

*Review article*: Review papers provide an extensive overview of recent developments in specific areas that fall within the scope of the journal. They are expected to have an extensive literature review followed by an in-depth analysis of the state of the art, and identify challenges for future research. Review articles are usually up to 12,000 words and must include a Methods section explaining how the literature for review was selected.

*Technical note*: Concise scientific summaries/reports of approximately 500 words of new products/ technologies of relevance to the field of cleaner production. Illustrations may be included but not company logos.

*Conference Reports*: Reports on major international conferences of particular interest to The Journal of Cleaner Production, approximately 1000-2000 words.

*Book Reviews*: Reviews of approximately 500-1000 words on new books, software and videos relevant to the scope of The Journal of Cleaner Production.

*Letters to the Editor*: Letters designed to clarify or respond to the content of a paper previously published in the Journal or to raise questions about future directions of The Journal of Cleaner Production or other issues that a reader may wish to pose that are relevant to the mandate of the Journal.

## **BEFORE YOU BEGIN**

### ***Ethics in publishing***

Authors have a responsibility to present their work with the intellectual integrity that the scientific community expects. Before submitting a paper for consideration authors should familiarize themselves with the Ethics Toolkit. Authors should ensure that they have written entirely original works, and if they have used the work and/or words of others, these should be appropriately cited or quoted.

Authors should not concurrently submit a paper to more than one journal or primary publication, and should not submit a previously published paper for consideration. For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <https://www.elsevier.com/publishingethics> and <https://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

### ***Declaration of interest***

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/ registrations, and grants or other funding. Authors should complete the declaration of interest statement using this template and upload to the submission system at the Attach/Upload Files step. If there are no interests to declare, please choose: 'Declarations of interest: none' in the template. This statement will be published within the article if accepted. More information.

### ***Submission declaration and verification***

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Crossref Similarity Check. Please note that preprints can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's sharing policy. Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information).

### ***Use of inclusive language***

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Articles should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader, should contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of race, sex, culture or any other characteristic, and should use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, for instance by using 'he or she', 'his/her' instead of 'he' or 'his', and by making use of job titles that are free of stereotyping (e.g. 'chairperson' instead of 'chairman' and 'flight attendant' instead of 'stewardess').

### ***Author contributions***

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. More details and an example

### ***Changes to authorship***

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors before submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only before the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the corresponding author: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors after the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum. Article transfer service This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. More information.

### **Copyright**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases. For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of user license.

### **Author rights**

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information. Elsevier supports responsible sharing Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

### **Open access**

Please visit our Open Access page for more information. Elsevier Researcher Academy Researcher Academy is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars,

downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease. Language (usage and editing services) Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's Author Services.

### **Submission**

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail. Referees Please submit, with the manuscript a list of three qualified, independent, prospective reviewers who could perform quality peer reviews of your document. (Include their full names, affiliations and their current E-mail addresses.) The Journal of Cleaner Production used 'Single-blind' reviewing, where the names of the reviewers are hidden from the Author, but the reviewer knows who the authors are.

## **PREPARATION**

### **Peer review**

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of one independent expert reviewer to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. More information on types of peer review. Use of word processing software It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

### **Article structure**

#### *Subdivision - numbered sections*

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

*Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

*Material and methods*

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

*Theory/calculation*

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

*Results*

Results should be clear and concise.

*Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

*Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

*Appendices*

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, *Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.*

**Essential title page information**

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

**Highlights**

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: example Highlights. Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

### **Abstract**

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. Graphical abstract Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view Example Graphical Abstracts on our information site. Authors can make use of Elsevier's Illustration Services to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

### **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

**Abbreviations** Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

**Acknowledgements** Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

**Formatting of funding sources** List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

**Funding:** This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

**Math formulae** Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

**Footnotes** Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

### **Artwork**

**Electronic artwork** General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
  - Embed the used fonts if the application provides that option.
  - Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
  - Number the illustrations according to their sequence in the text.
  - Use a logical naming convention for your artwork files.
  - Provide captions to illustrations separately.
  - Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
  - Submit each illustration as a separate file.
  - Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision. A detailed guide on electronic artwork is available. You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.
- Formats** If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):
- EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.
  - TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.
  - TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.
  - TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.
- Please do not:
- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
  - Supply files that are too low in resolution;
  - Submit graphics that are disproportionately large for the content.
- Color artwork** Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or online only. Further

information on the preparation of electronic artwork. Figure captions Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

### Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

### References

#### Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged. A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software Most Elsevier journals have their reference template

available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software. Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link: <http://open.mendeley.com/use-citation-style/journal-of-cleaner-production> When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice.

**Reference formatting** There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/ book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

**Reference style Text:** All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa. Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999).... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

**List:** References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication. Examples:

Reference to a journal publication: Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>. Reference to a journal publication with an article number: Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon.* 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>. Reference to a book: Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York. Reference to a chapter in an edited book: Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304. Reference to a website: Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003). Reference to a dataset: [dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>. Journal abbreviations source Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

### **Video**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content

### **Data visualization**

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions here to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

### **Supplementary material**

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

### **Research data**

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project. Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the research data page. Data linking If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described. There are different ways to link your

datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page. For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect. In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

**Mendeley Data** This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to Mendeley Data. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online. For more information, visit the Mendeley Data for journals page.

**Data in Brief** You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for Data in Brief as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to Data in Brief where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal, Data in Brief. Please note an open access fee of 600 USD is payable for publication in Data in Brief. Full details can be found on the Data in Brief website. Please use this template to write your Data in Brief.

**MethodsX** You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple MethodsX articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. MethodsX, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their MethodsX article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be transferred over to MethodsX where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in MethodsX. Full details can be found on the MethodsX website. Please use this template to prepare your MethodsX article.

**Data statement** To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the Data Statement page.

**Submission checklist** When registering names in EES, please always enter full first and full last names. It is hoped that this list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal's Editor for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item. Ensure that the following items are present:

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address
- Full postal address

- Telephone and fax numbers All necessary files have been uploaded
- Keywords • All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes) Further considerations
- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
  - If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes For any further information please visit our customer support site at [service.elsevier.com](http://service.elsevier.com).

#### **AFTER ACCEPTANCE**

##### **Online proof correction**

To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

##### **Offprints**

The corresponding author will, at no cost, receive a customized Share Link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's Author Services. Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

#### **AUTHOR INQUIRIES**

Visit the Elsevier Support Center to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch. You can also check the status of your submitted article or find out when your accepted article will be published.



## VITA

**ANA LUIZA VELAZQUEZ SCHULTZ**, filha de Luiz Felipe Schultz e Rosana Pires Velazquez Schultz, nascida em 19 de dezembro de 1994, em Santana do Livramento/RS. cursou o ensino médio e fundamental no Colégio Santa Teresa de Jesus onde concluiu o segundo grau em 2011. Ingressou no curso Técnico em Agropecuária em 2012 no Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria e finalizou em 2015. Em 2013, ingressou no curso de Zootecnia, na Universidade Federal de Santa Maria. Iniciou atividade voluntária de iniciação científica no Laboratório de Ovinocultura em 2013, sob orientação do professor Sérgio Carvalho. Em 2014, iniciou atividades voluntárias no Laboratório de Ecologia de Pastagens Naturais, sob orientação do professor Fernando Luis Ferreira de Quadros. Formou-se em Zootecnia em janeiro de 2018 e em abril de 2018 ingressou no Mestrado na área de concentração Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - UFRGS, sob orientação do Prof. Dr. Paulo César de Faccio Carvalho.

---