

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

**Uso de índices de vegetação para predição da biomassa e do teor de proteína bruta
em pastagens naturais**

JOANA GASPAROTTO KUHN
Zootecnista/UNIPAMPA

Dissertação apresentada como requisito á
obtenção do título de mestre em Zootecnia

Área de Concentração: Plantas Forrageiras

Porto Alegre, RS, Brasil
Março, 2019.

CIP - Catalogação na Publicação

Gasparotto Kuhn, Joana
Uso de índices de vegetação para predição da
biomassa e do teor de proteína bruta em pastagens
naturais / Joana Gasparotto Kuhn. -- 2019.
100 f.
Orientador: Carolina Bremm.

Coorientador: Martin Alejandro Jaurena Barrios.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Intensificação produtiva. 2. NDVI. 3. RGB. 4.
Senescência. I. Bremm, Carolina, orient. II.
Alejandro Jaurena Barrios, Martin, coorient. III.
Titulo.

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

Joana Gasparotto Kuhn
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: 25/03/2019
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 03/07/2019
Por


CAROLINA BREMM
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador


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


Denise C. Fontana
UFRGS


Fernando A. Lattanzi
INIA Uruguai


Paulo César de Faccio Carvalho
UFRGS


CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

OFEREÇO

Às pessoas de bom coração.

Aquelas que fazem o bem e espalham luz por onde passam.

DEDICO

Á minha mãe; que não me criou como princesa, que sempre comprou mais livros que brinquedos, que me ensinou a não esperar o príncipe no cavalo branco, que me explicou sobre as durezas da vida, e principalmente por seus exemplos de força, de mulher, de guerreira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à todos que cruzaram meu caminho durante a construção desta dissertação.

Em especial à minha musa inspiradora, minha orientadora Prof^a PhD Carolina Bremm. Se alguém nesse mundo merece o inatingível, é ela. Pessoa com o maior coração que já conheci, que transforma o ambiente com um sorriso, impressiona com a inteligência e conquista com o carisma. Não tenho palavras para agradecer tudo o que fizeste por mim! Em especial ao meu co-orientador, Dr. Martin Jaurena. Se alguém pisa onde os bravos não ousam, é ele. Meu exemplo não só pelo bom coração, mas por unir esforços em prol de uma pecuária baseada em campo natural que atenda tanto à pesquisa, quanto à extensão. Obrigada por acreditar em mim!

Em especial aos meus dois braços direitos, o brasileiro e o uruguayo. Msc. Fabiane Quevedo da Rosa e Saulo Díaz. “*Tchê Fabii*”, lembrarei sempre dessa parceira de todas as horas. Obrigada! Levarei sempre tuas frases como lições gênio da estimativa de massa uruguayo! Obrigada “*mi gran amigo*” Saulo!

Em especial à minha família. Vocês que sempre apoiaram minhas andanças e acreditaram em mim, mesmo estando longe e perto. É bom ver o quanto já andei e o quanto espero andar nos olhos de cada um quando chego em casa. Quero poder dar ainda mais orgulho! Obrigada por tudo!

Em especial aos meus colaboradores brasileiros. O Prof^o Dr. Tales Tiecher. O Prof^o Dr. Cimélio Bayer. O Prof^o Dr. Christian Bredemeier. Vocês que foram dando suporte, confiando e disponibilizando tempo para que conseguíssemos toda essa base de dados. Lembrarei sempre das portas que me abriram, da interdisciplinaridade. Espero retribuir à altura da confiança. Obrigada!

Em especial aos meus colaboradores estrangeiros. O primeiro, Dr. Fernando Lattanzi. O segundo, Prof PhD Emilio Laca.

Prof PhD Emilio Laca... Emilio... minha admiração por ti vai até o espaço e volta milhões de vezes. Nunca havia encontrado alguém assim. Magnífico. Com um raciocínio sem igual. Obrigada por me ensinar sobre o tempo. Lhe tenho como exemplo profissional e pessoal. *Sos indescribable*.

Em especial aquele que desbravou horizontes e entendeu as entrelinhas da ciência. Obrigada por tua coragem e olhos no “além” Prof Dr. Paulo Carvalho. Obrigada por tua persistência e espírito de buscar o novo. Te admiro e acho que te entendo. Em frente sempre!

Em especial ao Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo. Que crescimento. Que visão. Que perspectiva. Tudo bem que às vezes eu divergia em raciocínios simples, mas unir “esse lote de gente” que forma o GPEP e que pensa o pastejo me deu uma “bagagem” que não se encontra em qualquer lugar! Obrigada!

Em especial aos bolsistas/voluntários do GPEP e IRGEB geração 2017/2018, e aos mestrandos/doutorandos/pós-docs do GPEP, INIA e IRGEB geração 2017/2018.

Em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, UFRGS, na pessoa do Coordenador Danilo Streit, e em nome dele à CAPES/MEC por lutarem pelo melhor da pesquisa em nosso país com poucos recursos. Obrigada pelas oportunidades e portas abertas!

Certamente algo maior nos direciona ou nos conduz por certos caminhos, cada pessoa com sua crença denomina à sua maneira, eu chamo simplesmente de predestinação. Agradeço a essas circunstâncias do caminho pelas vivências até hoje.

“Soñar el sueño imposible, luchar contra el enemigo invencible, correr donde valientes no se atrevieron, alcanzar la estrella incanzable. Ese és mi destino” Dom Quixote,
Miguel de Cervantes

“...Certamente, não há forma mais barata e eficiente de fornecer à humanidade nutrientes nobres que estão presentes na carne e no leite, oriundos de alimentos que a humanidade jamais consumirá, as pastagens...” Prof^o Hungate, Universidade de Aberdeen/Escócia

Uso de índices de vegetação para predição da biomassa e do teor de proteína bruta em pastagens naturais¹

Autor: Joana Gasparotto Kuhn

Orientadora: PhD Carolina Bremm

Co-Orientador: Dr Martin Alejandro Jaurena Barrios

Resumo: A base do manejo das pastagens naturais é conciliar as demandas nutricionais dos animais com a manutenção do potencial produtivo das plantas forrageiras. Ao serem estudadas sob pastejo, buscando otimizar conservação e produção, testa-se principalmente, a influência de diferentes intensidades de pastoreio e níveis de intensificação com utilização de insumos. Este estudo foi conduzido nas estações experimentais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Brasil (área experimental 1 – AE1), e do Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria/INIA Tacuarembó, Uruguay (área experimental 2 – AE2), no período de nov/2017 a set/2018. O objetivo foi estimar a biomassa, biomassa verde e o teor de proteína bruta das pastagens naturais através do uso de ferramentas de sensoriamento remoto, imagem digital e índices de vegetação. Na AE1 acompanhou-se 5 tratamentos: manejo por distintas ofertas de forragem de 1, 2, 3, 4 kg MS/ha para cada kg PV, mais um tratamento de controle da estrutura ótima do pasto, manejado por altura e denominado ‘controle total da estrutura’. Na AE2 acompanhou-se 3 tratamentos: altura do pasto em 8-10 cm, sem aplicação de insumos; altura do pasto em 8-10 cm com fertilização na primavera; altura do pasto em 8-10 cm com fertilização na primavera e introdução de *Lotus Angustissimus*. Nos 8 tratamentos, em suas duas repetições, estabeleceu-se 5 subníveis entre 5% - 95% de percentual de biomassa verde, dados pela avaliação visual de sua proporção em cada unidade experimental, por estação do ano, onde avaliou-se duas amostras por subnível em cada tratamento, totalizando 640 amostras. Em cada amostra de 0,25m² realizou-se identificação de espécies, captura de imagem com Iphone 6s®, levantamento de NDVI via GreenSeeker®, corte manual da forragem para determinação da massa de forragem (kg MS/ha). Destas, 320 amostras foram separadas manualmente entre material verde e senescido, com posterior análise de nitrogênio. As imagens foram processadas pelo Software R® para identificação dos valores dos pixels RGB (*red, green and blue*) das imagens. O método estatístico utilizado foi a regressão dos mínimos quadrados. Obteve-se coeficiente de determinação (R^2) de 0,37 para biomassa e 0,69 para biomassa verde (Capítulo II), e $R^2 = 0,63$ para proteína bruta total (Capítulo III), considerando NDVI, RGB, altura do pasto, classificações de pixels e espécies forrageiras. Os modelos gerados possibilitam monitorar a qualidade do ambiente pastoril, contribuindo para uma melhor utilização das áreas sob pastejo animal.

Palavras – chave: intensificação, NDVI, RGB, senescência

¹ Dissertação de mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (100 p.) Março de 2019.

Use of vegetation indices for biomass and crude protein prediction in natural grasslands²

Author: Joana Gasparotto Kuhn

Advisor: PhD Carolina Bremm

Co-Advisor: Dr Martin Alejandro Jaurena Barrios

Abstract: The basis of management of natural grasslands is to reconcile the nutritional demands of the animals with the maintenance of the productive potential of plants, which, in studies on forage quality, are guided according to the grazing intensity under different levels of intensification. This study was conducted at the experimental stations of the Federal University of Rio Grande do Sul / UFRGS, Brazil (experimental area 1), and the National Institute of Agricultural Research / INIA Tacuarembó, Uruguay (experimental area 2), from November 2017 to September of 2018, aiming to estimate the biomass and green biomass, as well as the crude protein content of the natural grasslands with the use of tools of the remote sensing, digital image and vegetation indices. Five treatments were conducted in experimental area 1: management by different forage allowances of 1, 2, 3, 4 kg DM / ha for each kg PV, and a treatment based on the optimal sward structure, managed by sward height and called 'total structure', all without the use of inputs. In the experimental area 2 were conducted three treatments: management by sward height without application of inputs; management by sward height with intensification by fertilization in two stages; management by sward height with fertilization and introduction of *Lotus Angustissimus*. In addition to the treatments, sub-levels ranging from 5% to 95% of green material were established, based on the visual evaluation of dominant green material proportions in the experimental units, in each season of the year. Identification of species, image capture with Iphone 6s, NDVI via GreenSeeker, manual cutting of forage to determination of forage mass (kg MS/ha), were performed in each 0.25m² sample. Of these, 320 samples were manually separated between green and senesced material, with subsequent nitrogen analysis. The images were processed by the R Software to identify the values of the RGB (red, green and blue) pixels of the images. The statistical method used was Partial Least Squares regression. Coefficient of determination (R^2) of 0.37 for biomass and 0.69 for green biomass (Chapter II) was obtained, and $R^2 = 0.63$ for total crude protein (Chapter III), considering NDVI, RGB, sward height, pixel classifications and forage species. The generated models allow to monitor the quality of the pastoral environment, contributing to a better use of the areas under animal grazing.

Keywords: intensification, NDVI, RGB, senescence

² Master's dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, University Federal of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (100 p.) March, 2019.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 MODELO CONCEITUAL	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Pastagens naturais do Bioma Pampa.....	17
2.1.1 Biomassa verde e senescida.....	18
2.1.2 Relação entre biomassa verde e senescida com intensidade de pastejo ...	20
2.2 Índice de vegetação.....	22
2.2.1 Monitoramento de vegetação via índice de vegetação.....	22
3 HIPÓTESE DE ESTUDO	24
4 OBJETIVO GERAL	24
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
CAPÍTULO II.....	25
MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS NA AVALIAÇÃO DA BIOMASSA VERDE DE PASTAGENS NATURAIS EM EXPERIMENTOS DE LONGO PRAZO	26
1. INTRODUÇÃO.....	26
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3. RESULTADOS	36
4. DISCUSSÃO.....	40
5. CONCLUSÃO.....	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
CAPÍTULO III	47
MODELOS DE ESTIMATIVA DO TEOR DE PROTEÍNA BRUTA DAS PASTAGENS NATURAIS EM EXPERIMENTOS DE LONGO PRAZO	48
1. INTRODUÇÃO.....	48
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3. RESULTADOS	55
4. DISCUSSÃO.....	58
5. CONCLUSÃO.....	62
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
10 APÊNDICES	77
11 VITA	104

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Descrição do modelo de validação cruzada para biomassa em pastagem natural (kg MS/ha), realizada pelo método NIPALS.....35

Tabela 2. Descrição do modelo de validação cruzada para biomassa verde (%) em pastagem natural, realizada pelo método NIPALS.....37

CAPÍTULO III

Tabela 1. Análise descritiva das variáveis dependentes, conforme tratamentos utilizados nas duas áreas experimentais avaliadas.....54

Tabela 2. Fatores considerados na análise com o método Partial Least Square para Proteína Bruta Total (%) em pastagem natural do bioma Pampa.55

RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Modelo conceitual geral com destaque aos pontos de relevância apresentados nos capítulos II e III.....14

CAPÍTULO II

Figura 01. Representação das áreas experimentais 1 (Brasil) e 2 (Uruguai), com o detalhamento dos tratamentos avaliados em cada área experimental.....27

Figura 2. Ilustração esquemática da medição baseada em e GreenSecker e Smartphone. (A) GreenSecker é usado para obter valores de NDVI. (B) Todas as luzes visíveis são capturadas em uma câmera de smartphone, que é usado para obter valores de RGB.....28

Figura 3. Triângulo de cores utilizado como parâmetro na classificação das classes de cores extraídas das imagens amostradas.....31

Figura 4. Imagem referente a amostragem realizada no potreiro com manejo de oferta de forragem em 1kg MS para cada kg de PV no verão, com estimativa visual da porcentagem de verde em 70%.....34

Figura 5. Imagem de área manejada em estrutura total no verão, com estimativa visual da porcentagem de verde em 60%.....35

Figura 6. Relação dos fatores X e Y dado pela análise de Partial Least Square.....36

Figura 7. Relação dos fatores X e Y dado pela análise de Partial Least Square.....37

CAPÍTULO III

Figura 1. Imagens descritiva das áreas experimentais 1 no Brasil e 2 no Uruguai com seus respectivos tratamentos.....48

Figura 2. Imagem capturada do quadro amostral (0,25m²) com 600x600 pixels após corte de excessos e pronta para classificação.....50

Figura 3. Proteína Bruta Total (PBTtotal) da pastagem natural, após validação cruzada com a análise de Partial Least Square.56

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Observada a estimativa de crescimento populacional para cerca de 9 bilhões de habitantes em 2050 (Bank, 2008), é imprescindível que encontremos soluções para os desafios de alimentar a população mantendo os serviços ecossistêmicos.

Neste aspecto, tem-se a agropecuária como uma ferramenta capaz de suprir a necessidade de abastecimento adicional de alimentos, calculado em 50%, uma vez que estes incrementos de produção se darão com mais produtividade do que com aumento da área explorada (FAO, 2015).

As mudanças nos padrões alimentares contribuem com o aumento da exigência dos consumidores em relação a qualidade e segurança alimentar do que consomem, evidenciando a relevância de frisar pela produção sustentável; alcançada através de alimentos produzidos com baixo uso de recursos e de modo que as emissões de gases à atmosfera sejam mínimos.

Combinando a necessidade de maior produção de alimentos sustentáveis com a redução de emissões negativas para a atmosfera, tem-se na pecuária uma ferramenta estratégica, visto que esta representa até metade do potencial de mitigação de gases de efeito estufa nos setores de agricultura, silvicultura e uso da terra (Herrero et al., 2016).

Essa necessidade acentua o papel da produção pecuária oriunda de sistemas pastoris (Overbeck et al., 2007), ou seja, advindos de um ecossistema (Wardle, 2016) campestre baseado em pastagens naturais pastejadas por herbívoros domésticos desde o princípio do século XVII (Soriano, 1991).

Considerada como um recurso forrageiro espacialmente heterogêneo, as pastagens naturais são compostas por um complexo mosaico de espécies, o qual se relaciona, principalmente, com a variabilidade dos solos (Berretta et al., 2000) e o pastejo seletivo dos animais (Montossi et al., 2000), gerando alta variabilidade, tanto temporal em termos de produtividade (Wagner et al, 2013; Guido et al., 2014) e composição (Rodriguez et al, 2003), quanto espacial (Baeza et al, 2010; Guido et al., 2014) em variação na composição de espécies (Lezama et al, 2006).

Salienta-se através dessas premissas, a importância do conhecimento científico gerado (Quadros & Borba, 2009), expresso através da possibilidade do planejamento forrageiro, uma vez que permite potencializar produção e conservação conforme a variabilidade do recurso forrageiro, englobando sustentabilidade e eficiência econômica.

Possibilidade alcançada através do acompanhamento das características espaciais e temporais pelo monitoramento remoto das pastagens naturais com capacidade de diagnosticar como, por exemplo, alterações na estratégia de manejo, evitando degradação (Mu et al., 2013).

Une-se assim uma pecuária mais precisa (Laca, 2008), cujo objetivo inclui intensificar a produção de forma sustentável, através de informações diretas em linguagem simples, que possibilite que a pecuária baseada em pastagens nativas passe a ser objeto de anejo produtivo, visto o ecossistema em que se encontra, a capacidade com que beneficia o planeta.

Portanto, a presente pesquisa busca gerar modelos estimativa de qualidade e composição de biomassa em pastagens naturais do Bioma Pampa por meio de ferramentas de sensoriamento remoto, para que as tomadas de decisão a campo sejam baseadas em metodologias práticas, com possibilidade de se estabelecer um planejamento forrageiro para as pastagens naturais conforme as variações de produtividade e qualidade ao longo das estações do ano.

2 MODELO CONCEITUAL

O crescimento das plantas e a concentração de nutrientes é explicado fundamentalmente por vários processos fisiológicos e ecossistêmicos, dados principalmente pelo teor de clorofila, capacidade fotossintética da planta, tempo de duração de vida da folha, eficiência de uso e produtividade primária. Fatores determinantes da concentração de nitrogênio foliar (N) ao nível de folha ou dossel (Bakker et al., 2011; Evans, 1989; Green et al., 2003; Kergoat et al., 2008; Reich, 2012; Reich et al., 1999; Wright et al., 2004).

Determinar o teor de nutrientes disponível é um dos principais balizadores da produtividade animal em pastagens heterogêneas, uma vez que os resíduos vegetais e animais são importantes fontes de nutrientes para as plantas forrageiras (Sollenberger et al, 2002; Dubeux Jr. et al, 2004).

A medida que o manejo é intensificado devido a maior produtividade primária da pastagem, determinar estes teores de nutrientes são ainda mais relevantes no planejamento forrageiro, já que auxiliam na determinação das necessidades de realocação ou de suplementação conforme a categoria animal, contribuindo para a pecuária de precisão.

Em virtude da variabilidade de formas de utilização das pastagens naturais, utilizou-se duas áreas experimentais, AE1 e AE2, no Brasil e no Uruguai, respectivamente. Na AE1 acompanhou-se 5 tratamentos: manejo por ofertas de forragem de 1, 2, 3, 4 kg MS/ha para cada kg PV, sem utilização de insumos e o tratamento de disponibilidade de estrutura ótima para pastejo, denominada ‘estrutura total’³ manejada com 8-12 cm de altura e sem utilização de insumos.

Na AE 2 acompanhou-se 3 tratamentos: altura do pasto em 8-10 cm sem aplicação de insumos; altura do pasto em 8-10 cm com fertilização na primavera e por fim, altura do pasto em 8-10 cm com fertilização com introdução de *Lotus Angustissimus*.

³ Baseado em um manejo prévio que visa a uniformização da estrutura, neste caso, utilizando roçadeira mecânica com altura de corte em 8 - 12 cm.

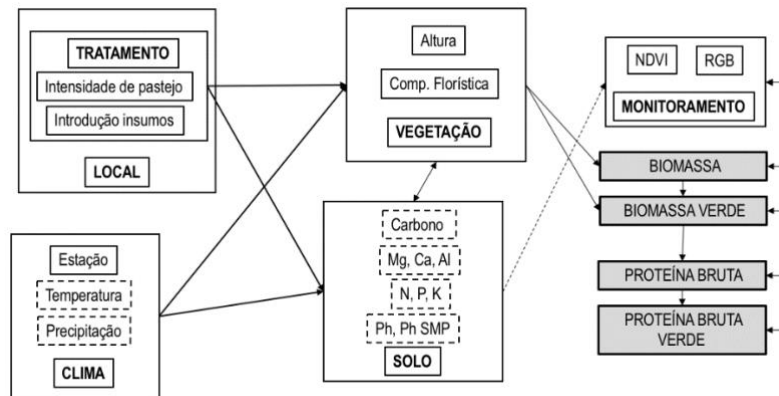


Figura 1. Modelo conceitual geral com destaque aos pontos de relevância apresentados nos capítulos II e III.

Nos 8 tratamentos, as avaliações consistiram em estabelecer 5 subníveis de percentual de biomassa verde que variaram entre 5% - 95%, conforme avaliação visual, em cada estação do ano, buscando visualizar o possível reflexo destes percentuais com o teor de proteína bruta disponibilizado para seleção dos animais (Bonnet et al., 2015), devido a alta correlação com valores de nitrogênio (Santos et al., 2013).

Quando referimo-nos a nitrogênio e proteína bruta da vegetação disponível à dieta animal, impossível seria desconsiderar a estrutura do pasto (Trindade et al., 2016), que é avaliada principalmente pela altura, visto sua praticidade, precisão e relação com os parâmetros voltados à massa de forragem (Mezzalira et al., 2014).

Portanto, com o objetivo de gerar informações para a maior produtividade animal através do uso pastagens naturais, associou-se dois índices, RGB (Baresel et al., 2017) e NDVI (Rouse et al., 1974).

Estes índices contribuem ao diagnóstico da atividade fotossintética das plantas, uma vez que possibilitam compreender os valores do espectro visível e do infravermelho próximo, cuja capacidade de identificar a vegetação verde e senescida através da classificação de imagens RGB complementa os valores de reflectância captados pelo NDVI.

Dada de maneira prática e instantânea, esperamos que esta complementação se correlacione com a quantidade de biomassa e biomassa verde, assim como teores de proteína bruta das pastagens naturais, para que assim viabilizem informações de diagnóstico e monitoramento da vegetação capazes de auxiliar na tomada de decisão sobre o planejamento forrageiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pastagens naturais do Bioma Pampa

As pastagens do bioma Pampa abrangem a metade sul e oeste do Rio Grande do Sul, com a paisagem dominada pela vegetação campestre e estendem-se ao sul e a oeste pela República Oriental do Uruguai e algumas províncias argentinas, sendo a região inteira, desde Bahia Blanca na Argentina até Porto Alegre no Brasil, denominada “Pastizales del Rio de La Plata”, com 760.000 km² de extensão (Pillar & Lange, 2015).

Estes ecossistemas campestres também são conhecidos como campos nativos, (Carvalho, Maraschin & Nabinger, 1998) campos naturais e/ou pastizales naturales (Bilenca & Miñarro, 2004) e até mesmo pastagens naturais (Nabinger et al., 2009). Ocupam cerca de 13,7 milhões de hectares no sul do Brasil, cerca de 2% do território brasileiro (Guido et al., 2014), 12,4 milhões de hectares no Uruguai, constituindo mais de 75% do território uruguaio (Guido et al., 2014) e na Argentina, ocupa cerca de 87% da superfície territorial (Guido et al., 2014).

Estas pastagens do Brasil, Uruguai e noroeste da Argentina apresentam níveis altos de biodiversidade de espécies (Overbeck et al., 2007) visto a marcada heterogeneidade em termos de tipos de comunidades vegetais. Compreendem um conjunto diversificado de espécies e tipos funcionais de plantas (Soriano et al., 1992) que estão relacionadas com a capacidade de resistência e resiliência (Vogel, Scherer-Lorenzen, & Weigelt, 2012) quando pastejadas (Pizzio et al., 2016).

Dito isto, ressalta-se também a capacidade dessas pastagens em manter sua diversidade florística (Harpole et al., 2016), pela sua fisionomia, predominada por relevo de planície, e determinada principalmente pela coexistência de gramíneas perenes: as com crescimento de verão (C4), e um grupo secundário de espécies intersticiais, que incluem gramíneas C3 e arbustos (Lezama & Paruelo, 2016) com acúmulo substancial de biomassa no inverno (Modernel et al., 2016).

Dentre as espécies, destaca-se os gêneros *Poaceae*, *Asteraceae*, *Cyperaceae*, *Fabaceae*, *Rubiaceae*, *Apiaceae* e *Verbenaceae* (Brasil, 2014) que geralmente formam um estrato inferior de gramíneas e um estrato superior de arbustos e gramíneas altas (Soriano et al., 1992) de modo que, considerando distintas intensidades de pastejo, podem alterar a composição florística, ou seja, toda a diversidade de uma comunidade (Thurrow et al., 2009).

2.1.1 Biomassa verde e senescida

Do ponto de vista do manejo, é importante entender o significado de forragem, ou seja, montante que corresponde às partes das plantas que podem prover nutrientes para animais em pastejo ou que podem ser colhidas para proverem alimento (Allen et al., 2011). Isso para explicar que em uma pastagem utilizada sob pastejo, a matéria seca que não é consumida senesce, passando a constituir a fração de material senescido do pasto, quando então a relação clássica entre acúmulo de material senescido e perdas se estabelece (Carvalho et al., 2009).

Este material senescido, que não foi ingerido na desfolha e apresenta pouca capacidade de prover nutrientes, pode muitas vezes ser empiricamente denominado perda de forragem, visto que ainda é pouco conceituada, mesmo pelas referências mais utilizadas da área (Allen et al., 2011; Hodgson, 1979; Thomas, 1980; Pain & Menzi, 2011).

Esta relação é importante na ciclagem de nutrientes e na dinâmica da matéria orgânica nos sistemas com pastagens, que podem ser significativamente diferentes, caso exista ou não pastejo com animais, devido aos efeitos diretos do animal nos resíduos senescidos (Rossello, 1992).

É importante ressaltar na dinâmica de vegetação que o efeito do pastejo pelos animais é dependente da intensidade utilizada, visto as distintas estratégias das plantas submetidas integralmente sob efeitos bióticos (plantas, animais, etc.) e abióticos (solos, radiação, clima, etc.), em manterem-se em equilíbrio, e assim, contribuindo para a sustentabilidade dos ecossistemas campestres (Nabinger, 2006).

Isto posto, a própria gestão do animal em seu ambiente de pastejo possibilita compor um contexto mais complexo do que a simples determinação, por exemplo, do tipo animal (demanda e nicho alimentar), da lotação (intensidade de pastejo), por exemplo (Carvalho et al., 2009).

Portanto, a associação de fatores, intensidade de pastejo e nível de intensificação contrastam e diferenciam os processos fisiológicos que levam a distintas produções e perdas de forragem, visto que mantidas verticalmente pelos caules, as folhas das plantas são os órgãos da fotossíntese (Taiz & Zaiger, 2017), determinantes dos nutrientes da vegetação.

Os nutrientes da vegetação dependem da energia da luz capturada e absorvida, influenciando as taxas fotossintéticas e assim, o crescimento do dossel (Taiz & Zeiger, 2006), tendo em vista que o trifosfato adenosina (ATP) e o fosfato de dinucleotídeo de

nicotinamida adenina (NADPH₂) formados pela fotossíntese participam ativamente da conversão do dióxido de carbono (CO₂) em compostos orgânicos.

Neste sentido, o aumento de carbono (C) nas plantas é devido ao produto da radiação absorvida fotossinteticamente ativa (APAR) pela vegetação e a eficiência com a qual essa radiação pode ser convertida em biomassa (Monteith, 1972), e portanto, as plantas normalmente competem pela luz solar.

Assim, quando há competição entre plantas, um dos mecanismos para aumentar a interceptação da radiação incidente é o aumento da estatura da planta, a qual deve investir nitrogênio para a alongação de colmos, acentuando o efeito de diluição do N, pois estas estruturas não possuem capacidade de realizar fotossíntese e, geralmente apresentam baixa concentração de nitrogênio (Lemaire et al, 2008).

Compreendendo então que plantas com maiores estaturas podem sombrear as demais, as folhas sombreadas por outras folhas estão expostas a níveis mais baixos de luz e à qualidade de luz diferente em relação às folhas acima delas, e com taxas fotossintéticas muito mais baixas (Taiz & Zeiger, 2006), e portanto, pouca radiação fotossinteticamente ativa (PAR) penetra a fase interior do dossel.

Também, folhas de sombra, ou folhas encobertas e sem efeito direto da radiação tem mais clorofila total por centro de reação, onde a razão entre clorofila *a* e *b* é mais alta, forma geralmente folhas mais finas do que as folhas expostas ao sol. Esta por sua vez, tem mais rubisco e um pool de componentes do ciclo da xantofila maior que as folhas de sombra (Taiz & Zeiger, 2006).

Desta maneira, as plantas adaptaram, com o passar do tempo, seus ciclos de vida a sazonalidades climáticas, desenvolvendo um ciclo de atividade-dormência que alterna um período ativo para o crescimento e a fotossíntese com um período inativo para a sobrevivência através de desfavoráveis condições, como a desfolha por pastoreio (Estiarte & Peñuelas, 2015).

Neste sentido, o balanço de nutrientes, como o carbono e os pigmentos fotossintéticos como a clorofila, podem degradar-se, formando assim tecidos senescentes (Park et al, 1973). Estes mecanismos podem iniciar em função de fatores externos, como o estresse hídrico, luminosidade, alterações térmicas, níveis aumentados de etileno ou a combinação destes fatores (Keenan & Richardson, 2015).

Assim, na senescência, o conteúdo da folha que foi construído pela fotossíntese durante o crescimento é mobilizado para possibilitar um novo crescimento e transferido para desenvolver sementes para a próxima geração, ou são armazenados em raízes, bulbos

ou outras partes da planta para proporcionar crescimento nas estações futuras (Penfold & Buchanan-Wollaston, 2014).

Portanto, o estágio fenológico de senescência pode ser distinguido do restante dos estádios de maneira observável, visto a cor da folha mudar do verde escuro comum para o verde pálido, para o amarelo e, finalmente, para o marrom (Cai et al., 2016) e deste modo, dada a nossa capacidade de observar estas pistas visuais no espectro visível, seria natural considerar o uso de imagens digitais de processamento para análise de senescência das folhas.

2.1.2 Relação entre biomassa verde e senescida com intensidade de pastejo

O fluxo de nutrientes na pastagem afeta diretamente a produtividade de forragem e consequentemente do animal em pastejo. Além disto, pode ser a diferença entre um sistema em equilíbrio e um sistema que caminha para o processo de degradação. Quando a saída de nutrientes do ecossistema da pastagem é maior que a entrada dos mesmos, ocorre inevitavelmente a perda da produtividade ao longo do tempo.

Assim, são necessárias não apenas medidas de manejo que reduzam as perdas de nutrientes do ecossistema, mas também medidas efetivas que aumentem o suprimento de nutrientes para aumento da produtividade primária e consequentemente da produtividade animal. Entretanto, mais importante que o aumento de produtividade da pastagem é a contribuição dessas medidas para o aumento da sustentabilidade da exploração.

Os animais são atraídos por áreas com elevada concentração de nutrientes, e as memorizam para utilizá-las mais frequentemente (Launchbaugh & Howery, 2005), tornando áreas de menor atratividade menos exploradas, se estabelesem áreas de rejeição ao pastejo, formando uma condição de mosaico heterogêneo na vegetação (Carvalho et al., 2004).

Nestas comunidades vegetais, denominadas heterogêneas ou complexas, em situações de elevada oferta de forragem, os animais retiram uma dieta bem superior à média encontrada no pasto, posto que exploram a heterogeneidade vegetal, selecionando o que mais atrai e assim, beneficiando-se dela (Bailey, 2005).

Dentro desse aspecto de beneficiamento, estudos concluíram que mudanças de baixa para alta intensidade de pastejo não alteram o efeito sobre a riqueza de espécies, mas em relação a diversidade, observa-se redução através de efeitos sobre a uniformidade (Pizzio et al., 2016).

A variação na intensidade de pastejo condiciona diferentes quantidades de matéria seca ou resíduo por área (Moojen & Maraschin, 2002), da mesma maneira que a maior contribuição de espécies com concentrações relativamente altas de nutrientes também aumentam a qualidade do mantillo e influenciam na sua taxa de decomposição (Russelle, 1992).

O papel de fixadores de nitrogênio (N) são então fundamentais em sistemas de produção de baixa utilização de insumos, onde notadamente Ledgard (2001) destaca que a sustentabilidade a longo prazo de sistemas de baixa utilização de insumos está ameaçada se não houver introdução de leguminosas, uma vez que a leguminosa participa em 30% ou mais na composição botânica da pastagem, a fixação simbiótica pode atender a maior parte da demanda de N não apenas para leguminosa, mas também para a gramínea associada (Russelle, 1996).

Com esse aumento da presença de leguminosas a variação da proporção de N remanescente utilizada em novo crescimento que varia entre espécies (Thornton et al, 1993) e época do ano (Bausenwein et al, 2001), é maior, mas em média, aproximadamente 50% do N contido no tecido senescente é remobilizado para crescimento de novos tecidos (Thomas, 1992).

Este material rejeitado no pastejo e que retorna ao solo é um dos aspectos básicos determinantes da manutenção dos níveis de fertilidade e da conservação do solo (Carvalho et al., 2009). Apesar da importância agrônômica e ecológica do material senescido na pastagem, são escassos os trabalhos que avaliam a qualidade desta fração (Heringer & Jacques, 2002).

Do ponto de vista dos nutrientes e dos níveis de intensificação, considera-se que à medida que aumenta os níveis de adubação nitrogenada, observa-se uma diminuição da reflectância em todos os comprimentos de onda da região do visível, devido ao aumento da quantidade de folhas e cloroplastos para interagir com a radiação (Jensen et al., 1990).

Já o nutriente pentóxido de difosforo (P_2O_5), quando se encontra ausente no substrato, ou não foi fornecido na adubação em quantidade suficiente, impede que o sistema radicular das plantas apresente desenvolvimento adequado, especialmente sobre as raízes secundárias, reduzindo assim, a capacidade da planta em absorver água e nutrientes.

A união destes fatores complementa características que definem o sistema produtivo sob pastagem natural, uma vez que as diferentes espécies vegetais se

comportam de maneira distinta, afetando a qualidade da biomassa, que também varia no espaço e no tempo (O'Regain & Schwartz, 1995).

2.2 Índice de vegetação

O índice de vegetação utilizado no sensoriamento remoto, é a ciência e a arte de obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação (Lillesand, 2015).

2.2.1 Monitoramento de vegetação via índice de vegetação

Diferentes materiais como vegetação, água e solo exposto refletem proporções diferentes de energia nas regiões do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, assim como diferenças na refletividade podem ser utilizadas para discriminação de espécies vegetais e condições em que a planta se encontra (Muhammed & Larsolle, 2003).

Associando técnicas de reflectância com a linearidade da reflectância entre a quantidade de radiação fotossintética ativa (PAR) interceptada e a matéria seca total produzida por um dossel vegetal, podemos estabelecer critérios temporais, espectrais e espaciais de maneira a diagnosticar e monitorar a coberturas vegetal do Bioma Pampa (Fonseca et al, 2006).

Uma das formas de acompanhar os processos da dinâmica de vegetação é mediante o *Normalized Difference Vegetation Index*-NDVI (Rouse et al., 1973) que tem sido associado a biomassa vegetal e ao teor de clorofila nas folhas (Grohs et al., 2009) por meio da radiação refletida pelo dossel e a radiação incidente das bandas do infravermelho próximo (ρ_{nir}) e vermelho (ρ_{red}) (Janssen, 2001) obtida com sensores remotos.

O NDVI baseado em satélite é influenciado por fatores relacionados à cobertura vegetal, como as condições atmosféricas (por exemplo, nuvens e variáveis específicas do caminho atmosférico, aerossóis, vapor de água), geometria do satélite e calibração (visão e ângulos solares), bem como fundos do solo e dossel das culturas (Holben, 1986; Justice et al., 1991).

Em contrapartida, essas complicações podem ser evitadas usando o sensor óptico proximal portátil GreenSeeker® para medir NDVI, pois ele não apresenta os efeitos

perturbadores de interferência atmosférica e geometria do satélite uma vez que é realizada acima das culturas (Govaerts, 2010).

Porém, o NDVI dos sensores baseia-se na média obtida da área amostrada, ou seja, a reflectância da Biomassa verde no NDVI é maior que a senescida, visto que a forragem senescida apresenta diferente espectro de reflectância (Castiglia, 2006) comparado com a Biomassa verde, fator que leva a valores mais baixos nos índices de vegetação (Roth & Streit, 2017).

Por outro lado, a estimativa da biomassa utilizando um conjunto de dados de amostras de campo e dados de detecção remota correspondentes temporalmente pode refletir com precisão as características de distribuição temporal e espacial da vegetação de pastagens e explorar a variação interanual da biomassa em diferentes tipos de pastagens (Jin et al., 2014).

Assim, torna-se importante realizar a complementação de outras técnicas, como NDVI e vermelho, verde e azul - RGB, (do inglês “*red, green, blue*”) uma vez que é esta última a representação de cores no espectro visível (VIS = 400-700 nm) como percebido pelo olho humano (Petach et al., 2014), em câmeras digitais convencionais.

A técnica de classificação RGB consiste em atribuir um valor de RGB para cada pixel de uma imagem a uma das classes, testados antes apenas em monocultivos e florestas, exigindo em condições de campo com pastagens naturais variáveis, avaliar seu potencial de uso (McRoberts et al., 2016).

Reconhecendo a abrangência de espaço e oportunidade para elevar a economicidade dos sistemas de produção pecuária via aumento de produtividade das pastagens, pensa-se logo na intensificação dos sistemas de maneira que a máxima eficiência produtiva minimize a sub ou sobre utilização da pastagem entre estações do ano e ao longo do tempo (Guido et al., 2014).

Portanto, um planejamento forrageiro, para a pecuária de precisão, ou ainda, o pastoreio de precisão favorece a integração de tecnologias de informação e comunicação com conhecimento a fim de melhorar a produção, com dois objetivos principais minimizar o sobre-pastejo de áreas sensíveis e maximizar a qualidade do pasto (Laca, 2009).

3 HIPÓTESE DE ESTUDO

O uso de sensoriamento remoto por meio do índice de vegetação NDVI e imagens RGB, permite diagnosticar proporções de biomassa verde e senescida e o teor de proteína bruta em pastagens naturais manejadas sob níveis de oferta de forragem e intensificação produtiva.

4 OBJETIVO GERAL

Gerar modelos de predição de biomassa e teor de proteína bruta em pastagens naturais por meio de índices de vegetação.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Correlacionar proporções de biomassa e biomassa verde em pastagem natural com índices de vegetação (NDVI, NDI_{gb} e NDI_{gr}) e imagens RGB.

Desenvolver um modelo de estimativa de proteína bruta em pastagem natural, com base na estrutura do pasto e utilização de índices de vegetação NDVI, NDI_{gb} e NDI_{gr}.

CAPÍTULO II
**Métodos não destrutivos na avaliação da biomassa verde de pastagens naturais em
experimentos de longo prazo⁴**

⁴ Artigo elaborado de acordo com as normas da revista Journal of Photogrammetry and Remote Sensing (ISSN 0924-2716; Qualis A1; Impact Factor: 6,38)

MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS NA AVALIAÇÃO DA BIOMASSA VERDE DE PASTAGENS NATURAIS EM EXPERIMENTOS DE LONGO PRAZO

Joana Gasparotto Kuhn^{1*}; Carolina Bremm¹; Martin Alejandro Jaurena²; Fernando Lattanzi²; Fabiane Quevedo da Rosa¹; Paulo César de Faccio Carvalho¹; Emilio Andrés Laca³

¹Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

²Instituto Nacional de investigação Agropecuária, Tacuarembó, Uruguay

³Plant Science, University of California, Davis, CA, Estados Unidos

E-mail para correspondência: joanagk@hotmail.com

Resumo: As pastagens heterogêneas do Bioma Pampa são caracterizadas pela diversidade de espécies, gramíneas e leguminosas, as quais constituem a base da dieta para animais em pastejo. Reconhecer a qualidade dessas forrageiras, por meio da porcentagem de matéria verde presente nestas pastagens é uma maneira de otimizar os recursos forrageiros e maximizar o desempenho animal. Neste trabalho, avaliou-se 8 manejos de pastagem natural: 1, 2, 3 e 4 kg de matéria seca (MS)/kg de peso vivo (PV), controle de estrutura via altura do pasto, altura do pasto em 8-10 cm sem fertilização, altura do pasto 8-10 cm fertilizado e altura do pasto em 8-10 cm fertilizado com introdução de *Lotus angustissimus*, cujo objetivo foi verificar a relação entre porcentagem de Biomassa verde e proteína bruta com dados do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) obtidos com sensor ativo de superfície e classificação de imagens RGB. Os dados foram coletados de nov/2017 a set/2018 nas Estações Experimentais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, e Glencoe, pertencente ao INIA Tacuarembó, Uruguai, ambas áreas manejadas pelo método de pastejo contínuo e taxa de lotação variável para ajuste das ofertas de forragem ou alturas preconizadas. Realizaram-se cinco cortes em cada unidade experimental, totalizando dez amostras por tratamento, em cada estação do ano (n=640). A avaliação da biomassa total foi estratificada em massa de Biomassa verde (MV) e senescida (MM), separadas manualmente. As imagens foram classificadas com o programa estatístico R®, com os índices NDI_{gb} e NDI_{gr} criados, juntamente com NDVI, onde apresentaram pelo método estatístico de regressão dos quadrados mínimos um percentual de explicação de 69% ($R^2 = 0,69$). Portanto, o reconhecimento da biomassa e biomassa verde por meio da utilização de índices de vegetação é promissor.

Palavras-chave: NDVI, Bioma Pampa, RGB, Senescência

1. INTRODUÇÃO

A produção de alimentos, como a carne, alinhada à conservação do ecossistema, tem instigado cada vez mais a inovação, uma vez que os benefícios associados as técnicas de precisão busquem otimizar os serviços ecossistêmicos, por exemplo, ao passo que a área produtiva essencialmente permaneça a mesma.

40 Neste contexto, torna-se desafiador desenvolver técnicas que acompanhem
41 processos altamente variáveis dentro e entre vegetações, como o caso de parâmetros
42 qualitativos da pastagem heterogênea, visto diferenças na composição e maturidade de
43 espécies, fatores climáticos, entre outros (Pullanagari et al., 2012).

44 Portanto, o monitoramento de ecossistemas pastoris, formados por componentes
45 bióticos e abióticos, cujo equilíbrio depende a sustentabilidade do planeta (Briske and
46 Heitschmidt, 1991), vai além da própria gestão do animal em seu ambiente de pastejo,
47 pois passa a compor um contexto mais complexo do que a simples determinação, por
48 exemplo, do tipo animal (demanda e nicho alimentar), da taxa de lotação (intensidade de
49 pastejo) por exemplo (Carvalho e Battello, 2009).

50 Neste sentido, acompanhar a composição da dieta disponível ao animal possibilita
51 garantir níveis consistentes de produção animal, uma vez atendidos os requisitos de
52 produção vs conservação (Carvalho e Batello, 2009), para uma pecuária mais precisa
53 (Laca, 2008).

54 Em virtude da avaliação visual da massa de forragem em pastagem ter baixo custo
55 e ser rápida, mas também subjetiva, tendenciosa e algumas vezes inconsistente quando
56 avaliada por pessoal não treinado (Martin et al., 2005; Edirisinghe et al., 2012; Moffet et
57 al., 2012), há uma necessidade de uso de métodos acurados e viáveis economicamente
58 para estimar a forragem disponível, especialmente em pastagens heterogêneas.

59 Atualmente, os dados hiperespectrais *in situ* são considerados uma das mais
60 avançadas tecnologias de sensoriamento remoto para discriminação de vegetação em
61 nível de espécie e suas medições foram obtidas com sucesso para extrair e entender perfis
62 espectrais de espécies como na revisão de (Adam et al., 2010) citando árvores e grupos
63 de até cinco espécies de gramíneas; como árvores decíduas, arbustos perenes e herbáceas
64 perenes (Roth et al. 2015) e *Festuca sp.* e *Tremeda sp.* (Shoko e Mutanga, 2017).

65 Estudos concluem a relação entre o conteúdo foliar de nutrientes e os dados
66 hiperespectrais (Green et al., 1998; Kumar et al., 2001), com sucesso comprovado na
67 ligação do nitrogênio foliar à imagem hiperespectral (Mutanga et al., 2004; Ollinger et
68 al., 2011).

69 Neste contexto, através da associação de dois índices, RGB – *red, green and blue*
70 - (Baresel et al. 2017) e NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index* - (Rouse et al.
71 1974), pode-se contribuir ao diagnóstico da atividade fotossintética das plantas, uma vez
72 que folhas verdes e saudáveis possuem maior reflectância no infravermelho próximo e no
73 verde, valores do espectro eletromagnético que compreendem os comprimentos de onda

74 do visível (0,4 – 0,7 μm), dados pelo RGB e do infravermelho (0,7 - 1000 μm), dados
75 pelo NDVI.

76 Portanto, objetivo do presente estudo foi gerar modelos de estimativa de biomassa
77 e biomassa verde baseados em índices de vegetação em pastagens naturais.

78

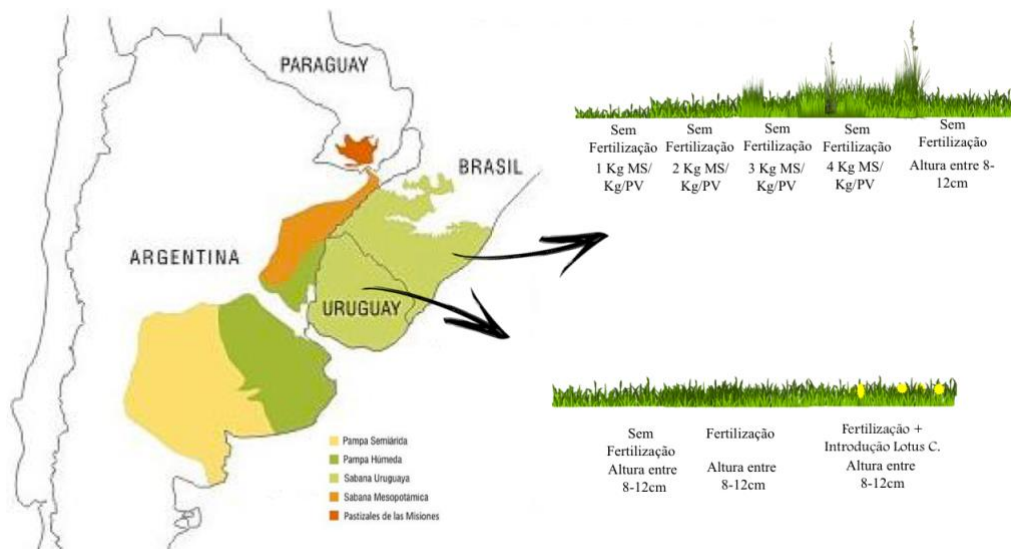
79 2. MATERIAL E MÉTODOS

80 Foram utilizados 8 tratamentos em duas áreas experimentais neste estudo: no
81 Brasil (Área Experimental 1 – AE1) e no Uruguai (Área Experimental 2 – AE2). As
82 avaliações realizaram-se na primavera de 2017, no verão, outono e inverno de 2018, nos
83 respectivos dias: 23/11; 05/03; 09/05 e 13/09 na área experimental 1 e nos dias 14/11;
84 15/02; 07/05 e 11/09 na área experimental 2.

85 A AE1 (**Figura 1**) está situada na Estação Experimental Agrônômica da
86 Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), no município de Eldorado
87 do Sul, na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil
88 (30°05'27''S, 51°40'18''W e 46 m de altitude). De acordo com a classificação climática
89 de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com temperatura média
90 do mês mais quente superior a 22°C.

91 Os 5 tratamentos avaliados na EEA-UFRGS são compostos por uma área de 64
92 ha, com duas repetições, conduzido desde 1986 com níveis fixos de oferta de forragem
93 disponibilizados a bovinos ao longo do ano (1, 2, 3 e 4 kg de matéria seca (MS)/kg de
94 peso vivo (PV)) e em 2016 foi implementado um tratamento com controle de estrutura
95 para potencializar a ingestão de forragem de bovinos com base em altura ótima, 12 cm
96 (Gonçalves et al., 2009).

97 O método de pastoreio é contínuo com taxa de lotação variável (Mott and Lucas,
98 1952) para ajuste da oferta de forragem e/ou altura preconizada, dados pelas relação entre
99 massa de forragem e quilos de peso vivo animal por unidade de área em pastagem por
100 unidade de tempo (Allen, 2011).



101
102 **Figura 1.** Representação das áreas experimentais 1 (Brasil) e 2 (Uruguai), com o detalhamento
103 dos tratamentos avaliados em cada área experimental.

104
105 A AE2 (**Figura 1**) está localizada na Estação Experimental Glencoe do Instituto
106 Nacional de Investigación Agropecuaria (Glencoe-INIA), região de pecuária basáltica no
107 departamento de Paysandú, no Uruguai (32° 00' 24'' S, 57° 08' 01'' W e 124 m de
108 altitude). De acordo com a classificação climática de Köppen apresenta clima Cfa,
109 temperado com temperatura média de 17°C durante o ano, sendo a oscilação de 44°C no
110 verão à -11°C no inverno (extremos de temperatura registrados nos últimos 50 anos).

111 A AE2 é composta por 53 ha, com duas repetições, conduzidas desde 1995 com
112 níveis fixos de oferta de forragem disponibilizados a bovinos ao longo do ano (8 kg MS/ha
113 para 100 Kg PV), e desde 2011 com disponibilidade de pasto baseada na altura (8 – 12
114 cm). As unidades experimentais com e sem fertilização na AE2 consistem em 4 unidades
115 experimentais medindo 2 ha, e a unidade experimental com introdução de *Lotus*
116 *Angustissimus* compreende 45 ha. O método de pastoreio é contínuo com taxa de lotação
117 variável (Mott and Lucas, 1952) para ajuste da altura preconizada.

118 Os 3 tratamentos avaliados em Glencoe-INIA foram: sem fertilização e com
119 manejo pela altura (8 – 12 cm); fertilização no início do outono com 40 kg/ha (P₂O₅) e 50
120 kg/ha (N) e no início da primavera com 50 kg/N/ha e manejado pela altura (8 – 12 cm); e
121 fertilização com introdução de *Lotus sp.* (densidade de sementeira 3kg/ha, com
122 inoculação simples e refertilização a cada dois anos com NPK (100-25-33), sendo
123 ressemeadura natural), manejado por altura do pasto (8 – 12 cm).

124

125 2.1. ESTIMATIVA VISUAL DA AREA

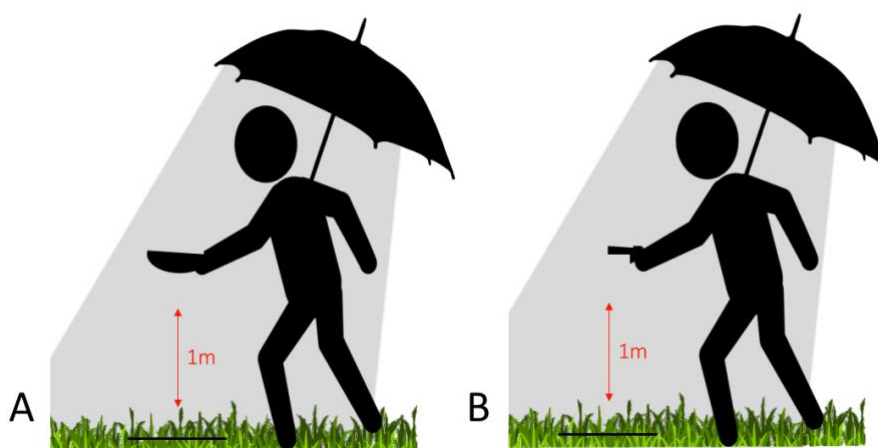
126 Em todos os tratamentos utilizou-se as mesmas avaliações, constituídas por vinte
127 amostras de cinco distintos percentuais de biomassa verde na cobertura do solo (igual ou
128 maior que 5%, menor ou igual que 95%) estabelecidos por visualização geral da área
129 amostral do tratamento.

130 Posterior estimativa visual da forragem presente na área do quadro (0,25m²) dada
131 em Kg MS/ha, realizou-se identificação das principais espécies pela técnica de Blaun-
132 Blanquet com escala de abundância proposto por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974).
133 As avaliações foram realizadas pelos mesmos avaliadores em ambas Estações
134 Experimentais, e em todas as estações do ano.

135

136 2.2. CAPTURA DE IMAGEM

137 Em cada um dos oito tratamentos foram capturadas vinte imagens digitais por
138 estação do ano após as avaliações de forragem. As imagens delimitadas pelo quadro
139 (0,25m²) foram capturadas a 1 metro de altura com câmera digital 12 mega pixels (MP)
140 com o uso do Iphone 6S® (Apple Inc., Cupertino, CA, USA) na configuração de
141 resolução 1280 x 720 pixels a fim de obter mesmo número de pixels por cm² em todas as
142 imagens, como método de calibração padronizado e consistente para o estabelecimento
143 de observação (Inoue et al., 2015). Também, relacionando com a padronização da
144 imagem, ao lado do quadro amostral posicionou-se uma paleta de cores com seus
145 respectivos valores de banda RGB (do inglês: *red, green and blue*).



146

147

148 **Figura 2.** Ilustração esquemática da medição baseada em e GreenSeker e Smartphone. (A) GreenSeker é
149 usado para obter valores de NDVI. (B) A radiação com comprimento de onda do visível é capturada em
150 uma câmera de smartphone, que é usado para obter valores de RGB.

151

152 Previamente ao início do projeto, capturou-se imagens em diferentes horários do
153 dia a fim de identificar um possível efeito de luminosidade sobre as imagens, onde uma
154 cobertura de nylon preta com tonalidade única, acima da câmera fotográfica, uniformizou
155 a luminosidade. As avaliações seguiram a metodologia da não influência da luminosidade
156 (Linkosalmi et al., 2016).

157

158 2.3. NORMALIZAÇÃO E SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS

159 As imagens foram cortadas com PhotoScape X®, delimitando as arestas da área
160 imageada do quadro (0,25m²), o que gerou imagens com diferentes quantidades de pixels.
161 Para padronizar reduziu-se as imagens para 600x600px.

162 As imagens foram nominadas por estação do ano seguido da unidade experimental
163 (UE) e número da imagem, todas as informações sem espaço entre letras, que deveriam
164 sem minúsculas e sem acento, para posterior análise. Utilizou-se o pacote “Library” do
165 software R® (R Development Core Team 2015) para manter um formato de imagem
166 idêntico em todas as 640 imagens capturadas, optando pelo salvamento em “*Portable*
167 *Network Graphics*” (PNG), que permite comprimir as imagens sem perda da qualidade.

168 Cada imagem possui um valor para R, G, e B, com o mesmo pacote gerou médias
169 de 3 covariâncias entre as imagens: fila, coluna e camada. Observando que estes grupos
170 de imagens, apesar do controle da luminosidade, ainda apresentavam diferentes
171 saturações, testou-se os pacotes “sp (Evans, 2018)” e “SpatialEco (Evans, 2018)”.

172 Utilizou-se sequência rasters, pacotes com três camadas, e posteriormente testou-
173 se a associação dos pacotes “SpatialEco (Evans, 2018)” e que, com o uso dos rasters,
174 transformou as variáveis em números, segundo a estrutura dos objetos (função *str*).
175 Observou-se alta correlação entre as camadas, permitindo o uso de apenas um canal.

176 Outro teste com pacote “k-means (Forgi et al, 2017)”, experimentando 16, 8 e 4
177 grupos de associações de cores, chamados clusters. Obteve-se melhor resultado, visto que
178 assim foi possível reconhecer onde o determinado pixel da imagem se encontrava no
179 grupo de pixels.

180 Com isso, a classificação em clusters apresentou, porém, em cada imagem, um
181 conjunto de clusters diferentes, o que dificultaria gerar um valor total geral. Ex:

182

183 Picture 1 -> 16 k means -> Center 1
184 Picture 2 -> 16 k means -> Center 2
185 ...
186 Picture 100 -> 16 k means -> Center n

187

188 Portanto, verificou-se que para gerar um código por imagem, utilizando-se o
189 pacote “K colours”, que destacou 16 cores centrais para unir os pixels iguais dentro do
190 grupo da imagem RGB, ou seja, gerou-se um gráfico 3D, visto as imagens serem em 3
191 camadas.

192 Normalizou-se os pixels com “color correction”, onde cada canal foi dividido pela
193 soma de todos os canais, visto que as fotos apresentavam diferentes efeitos de luz (pixels
194 com mais luz estavam próximo aos valores de 255, e com menos luz estavam mais
195 próximo ao 0, visto a associação de cada *pixel* com três valores inteiros entre 0 e 255,
196 cada qual indicando qual a intensidade de vermelho, verde e azul nesse ponto da imagem,
197 esquema de cor onde um *pixel* branco tem $RGB = (255, 255, 255)$ enquanto
198 um *pixel* negro tem $RGB = (0, 0, 0)$, considerando imagens de 8bits) e com a
199 normalização os canais foram iguais a 1.

200 A normalização foi calculada também para enfatizar o verde, componente em
201 pixels RGB e minimizar o efeito de inconsistência na iluminação entre diferentes imagens
202 (Mayer and Neto, 2008). Usando relações simples, como G / R , $G / (R + B)$ e assim por
203 diante, a relação com o conteúdo de clorofila ou parâmetros relacionados pode não ser
204 linear e valores extremamente altos ou baixos, bem como divisões frequentes por 0 podem
205 ocorrer (Baresel, 2016).

206 Assim, a maioria dos índices representa índices de diferença normalizados, que
207 são limitados ao intervalo de 1 a +1. Índices normalizados podem ser baseados em 2 ou
208 3 canais de cores; o "índice de diferença normalizado" de Woebbecke et al. (1995) (NDI)
209 é a medida mais utilizada de copas de plantas e descreve a relação verde / vermelho:

210 A fórmulas testadas foram:

211

$$212 \quad R = R / \sum R+G+B \quad G = G / \sum R+G+B \quad B = B / \sum R+G+B$$

213

214 Onde, a banda R é expressa pelos pixels da banda R dividido pela soma das bandas
215 RGB; onde a banda G é expressa pelos pixels da banda G dividido pela soma das bandas

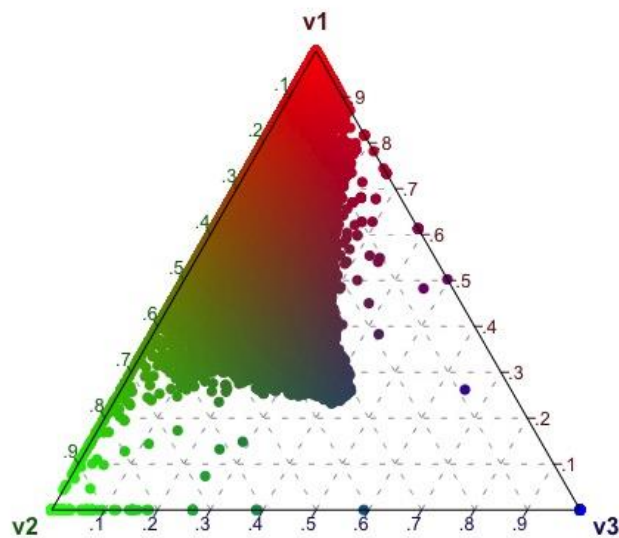
216 RGB e onde a banda B é expressa pelos pixels da banda B dividido pela soma das bandas
217 RGB.

218 Segmentou-se as imagens com um nível crítico calculado com o pacote “EBImage
219 (Pau et al, 2012)”. Destas análises de cores básicas das imagens calculou-se dois índices
220 de diferença normalizada: $NDI_{gr} = G+R$, proposto por Baresel (2016) e $NDI_{gb} = G+B$,
221 com valores igual ou maiores que 1 para NDI_{gb} e igual ou maiores que 0 para NDI_{gr} , a
222 classificação consideraria verde, e quando inferior ao nível crítico, seria classificado
223 como não verde.

224

225 2.4. ANÁLISE DE CORES

226 Em cada imagem normalizada recortou-se os três espectros com os valores das
227 bandas RGB em uma série de classes, gerando extremidades com cores semelhantes no
228 formato de triângulo (**Figura 3**), com uma distância de $0,2 \pm 0,2$ pixel para cada classe, o
229 que culminou em ± 80 classes. Posterior a isso, idetificou-se o número de pixels dentro de
230 cada classe, por exemplo o pixel RGB 4.5.1 é dado por R 4, G 5 e B 1 nas classes V1, V2
231 e V3, respectivamente.



232

233

234 **Figura 3.** Triângulo de cores utilizado como parâmetro na classificação das classes de cores
235 extraídas das imagens amostradas, onde V1 é igual ao vermelho, V2 ao verde e V3 ao azul.

236

237 As duas variáveis, NDI_{gr} e NDI_{gb} , foram baseadas na proporção dos pixels
238 conforme a banda de interesse, ou seja, todas as proporções de cada classe geradas
239 anteriormente estão baseadas nestes índices. Por fim, se contabilizou o número total de

240 pixels de cada classe, por meio da soma dos pixels e divisão de cada um deles, tornando
241 cada classe uma variável com composição de cor.

242 Em resumo, os pixels que pertencem para cada planta, em cada folha foram então
243 usados como um modelo para extrair a intensidade do pixel de todas as bandas
244 hiperespectrais. Isto gerou uma reflectância média do espectro das folhas para cada
245 planta.

246

247 2.5. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA

248 O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi avaliado através
249 do sensor remoto ativo de superfície, GreenSeeker®, com dez amostragens por UE de
250 cada tratamento.

251 NDVI é calculado como:

252

$$253 \text{NDVI} = (R_{\text{NIR}} - R_{\text{VIS}}) / (R_{\text{NIR}} + R_{\text{VIS}})$$

254

255 O sensor foi posicionado entre 85 e 115 cm acima e paralelamente à superfície do
256 dossel. A leitura foi realizada sobre uma área de 0,25 m² e, considerando que o sensor
257 realiza a leitura de um ponto a cada 0,1 segundo, foram geradas, nesta área,
258 aproximadamente 100 medições de NDVI, onde trabalhamos com a média geral de NDVI
259 da área amostrada pelo equipamento.

260

261 2.6. ANÁLISE LABORATORIAL DE BIOMASSA, BIOMASSA VERDE E 262 SENESCIDA

263 Com o intuito de comprovar as relações obtidas entre NDVI e RGB com
264 parâmetros reais das unidades amostrais, optou-se por realizar a separação manual de
265 biomassa verde e senescida de metade das amostras (n = 320). Para os valores de
266 biomassa utilizou-se as demais amostras e a soma da biomassa verde e senescida das
267 amostras separadas (n =640).

268

269 2.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

270 Com o software estatístico JMP (v.14) utilizou-se a análise de regressão *Partial*
271 *Least Square* (PLS) que consiste em uma análise multivariada que classifica as variáveis
272 dependentes e independentes em um número reduzido de combinações lineares. A
273 regressão PLS relaciona a matriz *X* (composta por variáveis de processo *x*) à matriz *Y*

274 (composta por variáveis dependentes y), permitindo analisar dados com colinearidade,
 275 elevados níveis de ruído e desequilíbrio entre o número de variáveis e observações. Tal
 276 regressão gerou um conjunto de parâmetros que forneceram informações sobre a estrutura
 277 e comportamento de X e Y , o que corrobora para sua ampla aplicação em procedimentos
 278 de seleção de variáveis (Wold; Sjöström; Eriksson, 2001).

279 Os fundamentos matemáticos da regressão PLS consideram uma matriz X , de
 280 dimensão $(K \times N)$, e uma matriz Y , de dimensão $(M \times N)$, na qual K denota o número de
 281 variáveis de processo, representando a observação i para cada variável resposta m . A
 282 regressão PLS gera A variáveis latentes (combinações lineares) t_a ($a= 1, 2, \dots, A$) a partir
 283 das variáveis originais, as quais são usadas com propósitos de predição e controle de
 284 processo (Wold; Sjöström; Eriksson, 2001).

285 Os parâmetros da regressão PLS utilizados foram estimados através do algoritmo
 286 NIPALS, sugerido por Geladi and Kowalski (1986). O método NIPALS funciona
 287 extraíndo um fator por vez. Seja $X = X_0$ a matriz centralizada e escalonada dos preditores
 288 e $Y = Y_0$ a matriz centralizada e escalonada dos valores de resposta. O método PLS
 289 começa com uma combinação linear $t = X_0 w$ dos preditores, onde t é chamado de vetor
 290 e seu peso associado. O método PLS prevê X_0 e Y_0 por regressão em t :

291

$$292 \quad = t p', \text{ onde } p' = (t't)^{-1} t' X_0$$

$$293 \quad = t c', \text{ onde } c' = (t't)^{-1} t' Y_0$$

294

295 Os vetores são chamados de X e Y , respectivamente.

296 A combinação linear específica $t = X_0 w$ é a que possui máxima covariância $t'u$ com
 297 alguma combinação linear de resposta $u = Y_0 q$. Outra caracterização é que os pesos X e
 298 Y , w e q , são proporcionais aos primeiros vetores da esquerda e da direita da matriz de
 299 covariância $X_0' Y_0$. Ou, equivalentemente, os primeiros autovetores de $X_0' Y_0 Y_0' X_0$ e
 300 $Y_0' X_0 X_0' Y_0$, respectivamente.

301 Isso explica como o primeiro fator PLS é extraído. O segundo fator é extraído da
 302 mesma maneira substituindo X_0 e Y_0 pelos resíduos X e Y do primeiro fator:

303

$$304 \quad X_1 = X_0 -$$

$$305 \quad Y_1 = Y_0 -$$

306

307 Esses resíduos também são chamados de blocos X e Y deflacionados. O processo
308 de extrair um vetor e esvaziar as matrizes de dados é repetido para quantos fatores
309 extraídos forem desejados.

310 Análise foi realizada para as variáveis resposta biomassa verde e proporção de
311 verde, considerando os índices NDVI, NDVI*NDVI, NDIgr, NDIgr*NDIgr,
312 NDIgb*NDVIGb, e as classes geradas com dados RGB como variáveis de processo. Para
313 validação cruzada do modelo, utilizou-se o menor valor PRESS (*Prediction error sum of*
314 *squares*) e nível de significância ($P < 0,05$) dado pelo Partial Least Square, onde observou-
315 se o efeito dos fatores segundo teste van der Voet T^2 , que testa se modelos com diferentes
316 números de fatores extraídos diferem significativamente do modelo ótimo; R^2Y é a
317 porcentagem da variação Y explicada pelo fator especificado. Um componente com um
318 R^2Y grande explica uma grande quantidade da variação nas variáveis Y; R^2Y cumulativo
319 é a porcentagem da variação Y explicada pelo modelo com o número de fatores fornecido.
320 Esta é a soma dos valores de R^2Y para $i = 1$ para o número de fatores fornecido, uma vez
321 que Q^2 e R^2Y cumulativa medem a capacidade preditiva do modelo, mas de maneiras
322 diferentes.

323

324 3. RESULTADOS

325 3.1. Biodiversidade da vegetação

326 Por se tratar de avaliações em pastagem heterogênea, ao total foram identificadas
327 144 espécies vegetais ao longo das avaliações nas duas áreas de referência, destas destaca-
328 se principalmente poaceas e fabaceas (**Figuras 4 e 5**).

329

330

331

332

333

334

335

336 **Figura 4.** Imagem referente a amostragem realizada na
337 unidade experimental com manejo de oferta de forragem
338 em 1kg MS para cada kg de PV no verão, com estimativa
339 visual da porcentagem de verde em 70%.





Figura 5. Imagem de área manejada em estrutura total no verão, com estimativa visual da porcentagem de verde em 60%.

350 A presença de espécies dentro das amostras comporta-se de maneira distinta
 351 conforme o tratamento, por exemplo, na **Figura 4** a descrição da composição de espécies
 352 foi: 50% *Paspalum notatum*; 15% *Andropogon lateralis*; 10% *Eragrostis nensi*; 10%
 353 *Piptochaetium montevidense*; 5% *Axonopus affins*; 5% *Gamochaeta spicata*; 5%
 354 *Schevrelia acuminata*, e na **Figura 5** a descrição da composição de espécies foi: 40%
 355 *Andropogon lateralis*; 15% *Axonopus affins*; 15% *Centella asiática*; 10% *Paspalum*
 356 *notatum*; 10% *Cyperus sp*; 5% *Eringhium horridum*; 5% *Juncus sp*.

357

358 3.2. Biomassa e índices de vegetação

359 Observa-se que a contribuição das classes de pixels RGB e do NDVI apresentou
 360 influência na predição acumulada para biomassa, com coeficiente de determinação de
 361 37,17% (**Tabela 1**).

362

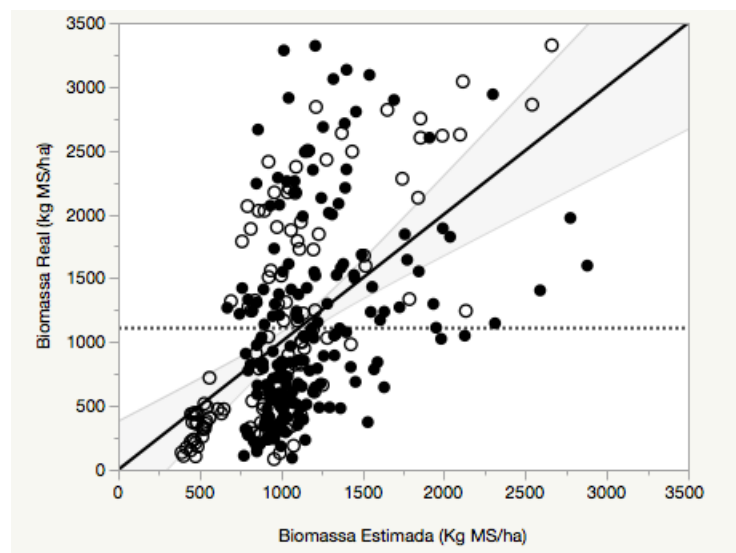
363 **Tabela 1.** Descrição do modelo de validação cruzada para biomassa em pastagem natural
 364 (kg MS/ha), realizada pelo método NIPALS.

Biomassa (Kg MS/ha)						
Número de fatores	Variáveis	PRESS	Van der Voest T ²	Prob > van der Voet T ²	R ² Y	Acumulado R ² Y
0		1,003257	7,984731	<0,0001	0,00000	0,000000
1	RGB2.9.1	0,910823	0,307404	0,8110	0,206009	0,0206009
2	RGB1.10.1	0,910120	0,944637	0,4100	0,048064	0,254073
3	RGB2.8.1	0,893401	0,087462	0,8760	0,045109	0,299181
4	RGB1.9.1	0,891149	0,132426	0,7770	0,039761	0,338943
5	RGB3.8.1	0,888301	0,092234	0,7550	0,011970	0,350913
6	NDVI	0,885949	0,000000	1,0000	0,020829	0,371742

365 Da validação cruzada da análise destes dados gerou-se uma regressão linear
366 (**Figura 6**) entre os valores reais e os preditos de biomassa (kg MS/ha), onde se observa
367 que os dados da área experimental 2 apresentam valores iguais e inferiores a 500 kg
368 MS/ha, assim como uma dispersão homogênea na área experimental 1.

369 O modelo gerado é representado por: Biomassa (kg MS/ha) = 145,79 + (66165,77
370 * RGB2.9.1) + (56113,29 * RGB1.10.1) + (284669,54 * RGB2.8.1) + (104464,04 *
371 RGB1.9.1) + (-21965,12 * RGB3.8.1) + (1231,76 * NDVI), com coeficiente de
372 determinação de 0,37 ($R^2=37\%$).

373



374

375 **Figura 6.** Relação dos fatores X e Y dado pela análise de Partial Least Square, onde • são dados da área
376 experimental 1 e ° da área experimental 2.

377

378 3.3. Biomassa verde e índices de vegetação

379 Para a variável percentual de biomassa verde, observa-se maior contribuição (R^2
380 = 46,29%) do NDVI no modelo de estimativa (**Tabela 2**).

381 Os índices NDIgr e NDIgb, e classes RGB também compuseram o modelo, com
382 coeficiente de determinação acumulado de 0,69 ($R^2 = 69,51$).

383

384 **Tabela 2.** Descrição do modelo de validação cruzada para biomassa verde (%) em
385 pastagem natural, realizada pelo método NIPALS.

386

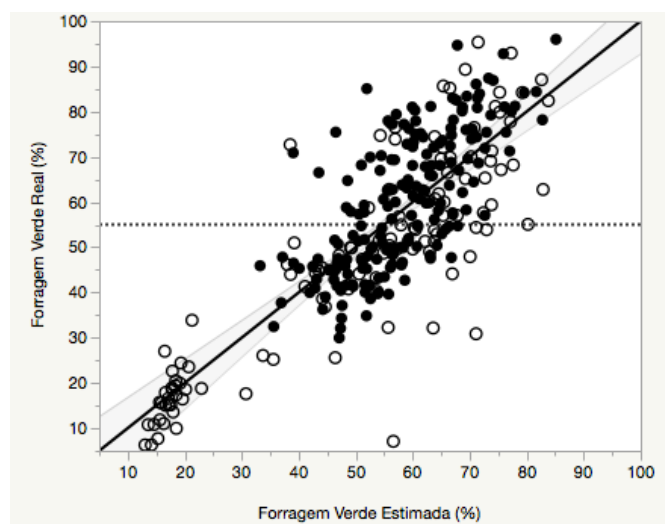
387

Biomassa verde (%)						
Número de fatores	Variáveis	PRESS	Van der Voest T ²	Prob > van der Voet T ²	R ² Y	Acumulado R ² Y
0		1,003257	47,721747	<,0001	0,00000	0,000000
1	NDVI	0,750792	17,914595	<,0001	0,462877	0,462877
2	NDIgr	0,695897	5,911737	0,0150	0,080088	0,542965
3	NDIgr*NDIgr	0,671482	3,787350	0,0460	0,057918	0,600884
4	NDIgb	0,652432	0,362407	0,2750	0,048358	0,649241
5	RGB4.5.3	0,633513	0,00459	0,6690	0,021224	0,670465
6	NDIgb*NDIgb	0,622473	0,000459	0,9820	0,017527	0,687992
7	RGB4.4.4	0,622258	0,000000	1,0000	0,007107	0,695078

388

389 A explicação com 7 fatores definidos pelo método estatístico permitiu gerar o
 390 modelo: Biomassa verde (%) = -3.49 + (70,66 * NDVI) + (16,83 * NDIgr) + (9,44 *
 391 "NDIgr*NDIgr") + (7,77 * NDIgb) + (-17,61 * RGB4.5.3) + (1,85 * "NDIgb*NDIgb") +
 392 (-1,58 * RGB4.4.4), com percentual de variação explicado pelo cumulativo de Y = 69%.

393 Na Figura 7 observa-se a relação entre biomassa verde observada (%) e os valores
 394 preditos pelo modelo.



395

396 **Figura 7.** Relação entre valores observados de percentual de biomassa verde e preditos pelo modelo Partial
 397 Least Square, onde ● são dados da área experimental 1 e ○ da área experimental 2.

398

399 O comportamento linear estabelecido pelo método estatístico permite verificar
 400 valores inferiores a 30% de biomassa verde na área experimental 2, porém uma dispersão
 401 similar nas proporções superiores a 40% de biomassa verde entre as duas áreas
 402 experimentais.

403

404
405
406
407
408
409

4. DISCUSSÃO

4.1 Predição de biomassa

410 A biomassa de pastagens naturais é constituída por um conjunto de espécies com
411 ciclos produtivos diferentes, C3 e C4, em um mesmo ambiente, aqui com destaque para
412 *Andropogon lateralis*, *Axonopus afins* e *Paspalum notatum*, fazendo com que o
413 dinamismo do processo de ganho de matéria seca e perdas por envelhecimento e
414 decomposição não sejam independentes e ocorram de maneira contínua e simultânea
415 (Bircham e Hodgson, 1983), mostrando a importância da avaliação instantânea.

416 O coeficiente de determinação de 37% para estimativa de biomassa com base nos
417 índices de vegetação e classes de RGB permite verificar a relação complexa da taxa de
418 crescimento e acúmulo de biomassa das culturas (Gastal and Lemaire, 2002). Uma vez
419 que o processo da perda de compostos da planta, ácido ribonucleico (RNA), clorofila e
420 proteínas, incluindo as enzimas (Salisbury and Ross, 1992), provoca uma mudança de cor
421 no tecido foliar e redução de aproximadamente 50% de seu peso, passando a ser
422 compostos senescentes (Wilhelm and Mares Martins, 1977) os tecidos que se tornassem
423 amarelados, podendo ser identificados pelo espectro visível detalhadamente.

424 Essa perda de coloração diagnosticada pelos índices de vegetação NDVI, NDIRg,
425 NDIRb e as respectivas classes RGB criadas permite concordar com Meneses et al. (2001),
426 uma vez que na vegetação sadia a resposta espectral do vermelho e do infravermelho
427 próximo (red edge – borda do vermelho) é mais abrupta, ao contrário ocorre na vegetação
428 estressada, com deslocamento em direção aos menores comprimentos de onda.

429 O amplo espectro avaliado pela associação destes índices sobre a biomassa avaliada
430 (Figura 6) possibilita verificar valores inferiores a 500 kg/MS/ha na área experimental 2,
431 uma vez que no verão a precipitação pluviométrica foi inferior a 50mm/mês, diminuindo
432 a quantidade de folhas verdes para reflectância.

433 Por se tratar da amostra como um todo, contendo biomassa verde e senescida, a
434 biomassa também é afetada pela diferença de qualidade nutricional (Haydock & Shaw,
435 1975) das espécies forrageiras constituintes, um reflex do efeito da lotação animal, dada
436 pelos tratamentos, e a introdução de insumos, sobre o balanço entre as mudanças na taxa

437 de crescimento de novos tecidos e a taxa de desaparecimento de tecidos maduros
438 (Carambula, 1996).

439 A análise de validação cruzada para biomassa (Figura 6) expressa esse
440 comportamento de dispersão dos dados, uma vez que os tratamentos na área experimental
441 1, para prever biomassa em situações de oferta de forragem possibilitam observar
442 perfis após atingirem a maturidade, no tratamento 4 kg MS/kg PV, que tende a assumir
443 um número relativamente constante de folhas verdes e a maturidade (Hodgson, 1990).

444 Portanto, este estudo de imagens para diagnosticar a biomassa composta de
445 inúmeras espécies é inovador, uma vez que em diferentes níveis espaciais, as resoluções
446 médio-espaciais associadas com NDVI chegaram a apenas 30 m do solo (Langley et al.,
447 2001), e não permitem alcançar em nível de espécies (centímetros), a constituição da
448 biomassa, por estas serem pequenas (Lu & He, 2017), vistas espacialmente.

449

450 *4.2 Predição de Percentual de biomassa verde*

451 Associar os índices de vegetação para planejamento de sistemas produtivos, que
452 diferem de piquete para piquete pela intensidade de pastejo, por exemplo, possibilita
453 alcançar um espectro de comprimento de onda amplo, que vai do azul (400nm-540nm)
454 ao infravermelho (700-800nm).

455 Isso permite verificar a pouca influência da altura do pasto, nesta base de dados,
456 que ao gerar sombreamento reduz a interceptação de luz pela planta ocorrendo a
457 diminuição da reflectância da luz azul em planta e alteração da luz vermelha (600-700
458 nm) e infra-vermelha (700-800 nm) (Gautier et al., 1999) já que esta variável não entrou
459 no modelo.

460 Isso condiz com o poder de predição da biomassa verde ser 69%, com maior
461 influência vermelho e infravermelho próximo do NDVI e NDIgr, cuja absorção de energia
462 é pequena, tornando a reflectância alta, resultado da interação da energia incidente com a
463 estrutura do mesófilo esponjoso, de maneira que quanto mais lacunosa for a estrutura
464 interna foliar, maior espalhamento interno e, portanto, maior reflectância (Meneses et al,
465 2001).

466 Portanto, essa dependência de espécie no constituinte folha é menos afetada em
467 áreas com menor oferta de forragem, do que em áreas com pastejo leve a moderado que
468 geram áreas com estrutura de vegetação heterogênea (Modernel et al., 2016) e com maior

469 emissão de perfilhos de distribuição equilibrada da massa seca entre perfilhos e o colmo
470 principal (Carambula, 1996). A menor dispersão de valores na área experimental 1 está
471 relacionada com a competição por luz, uma vez que esta aumenta, ocorre diminuição na
472 razão vermelho:infra-vermelho dentro do dossel e, conseqüentemente, diminuição no
473 comprimento do pecíolo e do tamanho das folhas (Lemaire & Chapman, 1996).

474 Observou-se complementariedade das classes de RGB no diagnóstico de
475 percentual de biomassa verde, variando conforme a coloração predominante de RGB.
476 Observa-se maior contribuição das classes cujo valor de G (verde) possua uma amplitude
477 maior, seguido de R (vermelho) nas combinações de intensidade, enfatizando uma relação
478 direta entre a biomassa verde dada pelos índices NDVI, ND_{Irg}, ND_{Irb} e as respectivas
479 classes RGB criadas.

480

481 5. CONCLUSÃO

482 Em pastagens naturais, a associação de índices NDVI e RGB para diagnóstico e
483 predição de percentual de biomassa verde é promissora.

484

485 5. AGRADECIMENTOS

486 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento
487 de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e de recursos do Programa de “Pasturas y
488 Forajes” do Instituto Nacional de Investigación Agropecuária – Uruguay (INIA).

489

490 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

491

492 ADAM, E., MUTANGA, O., RUGEGE, D., Multispectral and hyperspectral remote
493 sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review. *Wetlands Ecol.*
494 *Manage.* 2010. 18, 281–296.

495

496 ALLEN, V. G. et al., 2011. “An International Terminology for Grazing Lands and
497 Grazing Animals.” *Grass and Forage Science* 66(1): 2–28.

498

499 BARESEL, J. P. et al. “Use of a Digital Camera as Alternative Method for Non-
500 Destructive Detection of the Leaf Chlorophyll Content and the Nitrogen Nutrition Status
501 in Wheat.” *Computers and Electronics in Agriculture.* 2017. 140: 25–33.
502 <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.032>.

503

504 BIRCHAM, J. S. & HODGSON, J. *Grass and Forage Science.* 1983. 38: 323-332.

505 BRISKE D.D. & HEITSCHMIDT R.K. 1991. An ecological perspective. In: *Grazing*

506 *management, an ecological perspective* (eds. Heitschmidt RK & Stuth JW). Timber
507 Press, Portland Oregon, pp. 11-26.

508 CARAMBULA, M. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo: Ed. Hemisfério Sur.:
509 1996. 524p.

510 CARVALHO, P. C. F.; AND BATELLO, C. “Access to Land, Livestock Production and
511 Ecosystem Conservation in the Brazilian Campos Biome: The Natural Grasslands
512 Dilemma.” *Livestock Science*, 2009. 120(1–2): 158–62.

513

514 DEREGIBUS, V.A., SANCHEZ, R.A., CASAL, J.J. & TRLICA, M.J. 1985. Tillering
515 responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland.
516 *Journal of Applied Ecology* 22:199-206.

517

518 EDIRISINGHE, A.; CLARK, D.; WAUGH, D. Spatio-temporal modelling of biomass of
519 intensively grazed perennial dairy pastures using multispectral remote sensing.
520 *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2012. 12, 5-
521 16. doi:10.1016/j.jag.2012.11.006

522

523 EVANS, J. S. RAM, K. SpatialEco: Spatial Analysis and Modelling utilities. 2018.
524 Package R. <https://cran.r-project.org/package=spatialEco>

525 FORGY, E. W. (1965). Cluster analysis of multivariate data: efficiency vs interpretability
526 of classifications. *Biometrics*, 21, 768–769.

527

528 GASTAL, F. & LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and
529 ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*. 53: 789-799, 2002.

530 GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the
531 light environ- ment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium*
532 *perenne* L.) selected for contrasting leaf length. *Annals of Botany*, v.83, p.423-429, 1999.

533 GELADI, P.; KOWALSKI, B. Partial least-squares regression: a tutorial. *Analytica*
534 *Chimica Acta*, v. 185, p. 1-17, 1986. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2670\(86\)80028-9](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2670(86)80028-9)

535 GONÇALVES, E.N., CARVALHO, P.C.F., KUNRATH, T.R., CARASSAI, I.J.,
536 BREMM, C., FISCHER, V., 2009. Plant-animal relationships in pastoral heterogeneous
537 environment: process of herbage intake. *Braz. J. Anim. Sci.* 38, 1655–1662 (in
538 Portuguese).

539 GREEN, A., BERMAN, M., SWITZER, P., CRAIG, M., A transformation
540 fororderingmultispectral data in terms of image quality with implications fornoise
541 removal. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 1988. 26 (1), 65–74.

542

543 HAYDOCK, K. P., AND SHAW, N. H., 1975. The Comparative Yield Method for
544 Estimating Dry Matter Yield of Pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*.
545 15(76): 663–70.

- 546 HODGSON, J. Grazing management: Science into practice. **Longman Scientific and**
547 **Technical**, Longman Group, London, UK, 1990.
- 548 INOUE, Tomoharu; SHIN, Nagai; HIDEKI, Kobayashi, and HIROSHI, Koizumi.
549 Ecological Informatics Utilization of Ground-Based Digital Photography for the
550 Evaluation of Seasonal Changes in the Aboveground Green Biomass and Foliage
551 Phenology in a Grassland Ecosystem. *Ecological Informatics*. 2015. 25: 1–9.
552 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2014.09.013>.
553
- 554 KUMAR, L., SINHA, P., Mapping salt-marsh land-cover vegetation using high-spatial
555 and hyperspectral satellite data to assist wetland inventory. *Giscience Remote Sens*. 2014.
556 51, 483–497. <http://dx.doi.org/10.1080/15481603.2014.947838>.
557
- 558 LACA, E. A. “Ganadería de Precisión.” In GRUPO CAMPOS Innovando Para Mantener
559 Su Sustentabilidad Y Competitividad, *Anais...* 2008. XXII Reunion Del Grupo Tecnico
560 En Forrajeras Del Cono Sur Grupo Campos, Minas, Lavalleja, Uruguay, 77–79.
561
- 562 LANGLEY, S.K., CHESHIRE, H.M., HUMES, K.S., 2001. A comparison of single date
563 and multitemporal satellite image classifications in a semi-arid grassland. *J. Arid Environ*.
564 49 (2), 401–411.
- 565 LEMAIRE, G. & CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In:
566 HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*.
567 Guilford: CAB International, 1996. p.3-36.
- 568 LINKOSALMI, M. et al. “Digital Photography for Assessing Vegetation Phenology in
569 Two Contrasting Northern Ecosystems.” *Geoscientific Instrumentation, Methods and*
570 *Data Systems Discussions* 2016. 1–25. [http://www.geosci-instrum-method-data-syst-](http://www.geosci-instrum-method-data-syst-discuss.net/gi-2015-34/)
571 [discuss.net/gi-2015-34/](http://www.geosci-instrum-method-data-syst-discuss.net/gi-2015-34/).
572
- 573 LU, B., HE. Y., 2017. Species classification using Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-
574 acquired high spatial resolution imagery ni a heterogeneous grassland. *J. Photogrammetry*
575 *and Remote Sensing*. 128 (2017) 73-85
576
- 577 MARTIN, L.; MOLONEY, L., AND WILSEY, B. J. An assessment of grassland
578 restoration success using species diversity componentes. *Journal of Applied Ecology*.
579 2005. 42, 327–336. doi: 10.1111/j.1365-2664.2005.01019.x
- 580 MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. da S. (Orgs.). *Sensoriamento Remoto:*
581 *Reflectância dos Alvos Naturais*. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.
- 582 MEYER, G.E., NETO, J.C., Verification of color vegetation indices for automated crop
583 imaging applications. *Comput. Electron. Agric*. 2008. 63, 282–293.
584
- 585 MOFFET, C., R. REUTER, J. ROGERS, AND J. BLANTON. Using a plate meter to
586 measure forage productivity. The Samuel Roberts Noble Foundation, Inc. 2012.

587

588 MOTT, G. O. & LUCAS, H. L. The Design, Conduct, and Interpretation of Grazing
589 Trials on Cultivated and Improved Pastures. **International Grassland Congress**, 1952.
590 2, 380–85.

591

592 MUELLER-DOMBOIS, D., ELLENBERG, H., 1974. Aims and methods of vegetation
593 ecology. Wiley, New York, NY [547 pp.].

594 MUTANGA, O., ADAM, E., CHO, M.A., High density biomass estimation for wetland
595 vegetation using WorldView-2 imagery and random forest regression algorithm. *Int. J.*
596 *Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2012. 18, 399–406.

597

598 OLLINGER, S.V., Sources of variability in canopy reflectance and the convergent
599 properties of plants. *New Phytol.* 2011. 189, 375–394. [http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-](http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03536)
600 [8137.2010.03536](http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03536)

601

602 PAU G, FUCHS F, SKLYAR O, BOUTROS M, HUBER W (2010). “EBImage—an R
603 package for image processing with applications to cellular
604 phenotypes.” *Bioinformatics*, **26**(7), 979–981. doi: [10.1093/bioinformatics/btq046](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq046).

605 PULLAGANARI, R. R., KERESTURI, G. & YULE, I . J., Quantification of dead
606 vegetation fraction in mixed pastures using AisaFENIX imaging spectroscopy data.
607 *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2017. 58, 26-
608 35. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.01.004>

609 ROTH, K.L., ROBERTS, D.A., DENNISON, P.E., PETERSON, S.H., ALONZO, M.,
610 The impact of spatial resolution on the classification of plant species and functional types
611 within imaging spectrometer data. *Remote Sens. Environ.* 2015. 171, 45–57.

612

613 ROUSE, J. W., R. H. HASS, J. A. SCHELL, & D. W. DEERING. Monitoring Vegetation
614 Systems in the Great Plains with ERTS. *Third Earth Resources Technology Satellite*
615 *(ERTS) Symposium*, 1973. 1, 309–317.

616 SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. Plant physiology. 4 ed. Wadsworth Publish, 1992. 682
617 p.

618 SAS Institute Inc. [JMP software], 2010. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA [145 pp.].

619 SHOKO, C. & MUTANGA, O. Seasonal discrimination of C3 and C4 grasses functional
620 types: An evaluation of the prospects of varying spectral configurations of new generation
621 sensors. *International Journal Applied Earth Observation Geoinformation*. 2017. 62,
622 47 – 55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2017.05.015>

623 WILMAN, D. & MARES MARTINS, V.M. Senescence and death of herbage during
624 period of regrowth in ryegrass and red and white clover, and the effect of applied nitrogen.
625 **Journal of Applied Ecology**, v. 14, p. 615-620, 1977.

- 626 WOEBBECKE, D.M., MEYER, G.E., VONBARGEN, K. & MORTENSEN, D.A.
627 (1995) Color indexes for weed identification under various soil, residue, and lighting
628 conditions. Transactions of the ASAE, 38, 259–269.
- 629 WOLD, S.; SJÖSTRÖM, M.; ERIKSSON, L. PLS-regression: a basic tool of
630 chemometrics. **Chemometrics Intelligent Laboratory Systems**, v. 58, p. 109-130, 2001.
631 [http:// dx.doi.org/10.1016/S0169-7439\(01\)00155-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00155-1)

CAPÍTULO III
Modelos de estimativa do teor de proteína bruta em pastagens naturais em experimentos de longo prazo⁵

⁵ Artigo elaborado de acordo com as normas da revista Remote Sensing of Environment (ISSN 0034-4292; Qualis A1; Impact Factor: 6,26)

MODELOS DE ESTIMATIVA DO TEOR DE PROTEÍNA BRUTA DAS PASTAGENS NATURAIS EM EXPERIMENTOS DE LONGO PRAZO

Joana G. Kuhn^{1*}; Carolina Bremm¹; Martin Jaurena²; Fernando Lattanzi²; Cimélio Bayer³; Fabiane Q. Rosa¹; Paulo C. F. Carvalho¹; Emilio A. Laca⁴

¹Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 1277, Bairro Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil

²Instituto Nacional de Investigación Agropecuária, Tacuarembó, Uruguay

³ Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

⁴Plant Science, University of California, Davis, CA, Estados Unidos

E-mail para correspondência: joanagk@hotmail.com

Resumo:

A heterogeneidade das pastagens naturais do Bioma Pampa, dada pela mescla de gramíneas e leguminosas de ciclos C3 e C4, induz a complexidade do manejo empregado nestes sistemas produtivos. A intensidade de pastejo e a intensificação produtiva influenciam diretamente no sucesso destes sistemas. Com isso, o presente estudo teve como objetivo estimar a proteína bruta das pastagens naturais por meio do comportamento de NDVI (Índice de Vegetação Normalizada), obtido com auxílio do sensor remoto de superfície GreenSeeker® e de índices NDIgr (Índice Normalizado de Verde e Vermelho), NDIgb (Índice Normalizado de Verde e Azul), e distintas classes RGB (do inglês: *red, gree and blue*), com parâmetros de estrutura do pasto (altura) e composição de espécies forrageiras. Neste trabalho, avaliou-se sistemas de manejo: 1, 2, 3 e 4 kg de matéria seca (MS)/ kg de peso vivo (PV), pastagem natural manejada entre 8-12cm, pastagem natural fertilizada e pastagem natural fertilizada com introdução de *Lotus angustissimus*. Ambos sistemas de manejo foram manejados pelo método de pastejo com lotação contínua e taxa de lotação variável para ajuste das ofertas de forragem preconizadas. Os dados foram coletados entre a primavera de 2017 e o inverno de 2018, nas Estações Experimentais da UFRGS, no Brasil e de Glencoe, INIA Tacuarembó, Uruguai, totalizando 640 amostras. A avaliação da biomassa de forragem total foi estratificada em biomassa verde (MV) e senescida (MM), separadas manualmente. Para predição da proteína bruta utilizou-se uma análise de Partial Least Square, onde o teor de proteína bruta total (%) alcançou um percentual cumulativo de explicação de 63%, demonstrando que os índices de vegetação podem ser utilizados de forma complementar no monitoramento da proteína bruta em pastagens naturais.

Palavras-chave: altura, NDIgr, NDIgb, NDVI, qualidade

1. INTRODUÇÃO

O animal procura e seleciona seu alimento dentro de um mosaico de *patches* de diferentes estruturas (Milchunas et al, 1988). A complexidade das interações planta-animal se deve ao fato destes mosaicos variarem em disponibilidade e valor nutritivo

(Wallis de Vries and Daleboudt, 1994), seja no tempo, seja no espaço (Senft et al., 1987; O'Reagain and Schwartz, 1995).

Com isso, otimizar a condução do manejo do pastoreio, por meio do planejamento forrageiro do valor nutritivo, dado pela concentração e digestibilidade de nutrientes junto com a natureza da digestão dos produtos finais (Mott & Lucas, 1952), permite um controle e diagnóstico da proteína bruta principalmente, mas preciso e com baixo custo.

Mesmo que as pastagens naturais do Bioma Pampa possuam uma diversidade vegetal de aproximadamente 45,3 espécies por metro quadrado (Overback, 2006), e com diferentes ciclos produtivos (Boldrini, 2006), fica evidente a problemática de gerar dados concisos e precisos através de um monitoramento mais amplo.

A associação de ferramentas para o planejamento forrageiro, pensadas no valor nutritivo e relacionados à estrutura do pasto, como a altura, permitem a utilização produtiva sustentável das pastagens naturais, uma vez que englobam peculiaridades intrínsecas as pastagens heterogêneas, dadas pela influência de inúmeras espécies vegetais e da variabilidade observada em função destas.

Estas ferramentas de manejo citadas são testadas e combinadas pela associação de bandas do espectro eletromagnético, por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e RGB, *do inglês red, green e blue*, que apresentam elevado potencial para o monitoramento (Zhang & Sadler, 2006; Xu, 2014; Mizunuma, 2014; Lopatin et al, 2017; Shoko, 2017; Roth & Streit, 2018).

Descrito por Pañuelas & Filella (1998), os valores de NDVI e RGB, respectivamente, baseiam-se em comprimentos de onda do espectro vermelho, infravermelho próximo e infravermelho, no caso do NDVI, e do espectro visível, dado pelo RGB, qual abrangendo em conjunto um largo potencial para levantamentos de vegetação.

Utilizar ambas ferramentas através de sensores proximais, possibilita captar valores multiespectrais, que antes necessitavam elevado tempo para processamento de dados, visto a obtenção de informação ser realizada através de satélites espaciais, e que muitas vezes variam em frequência temporal (Wagner, 2011).

Assim, o objetivo deste trabalho foi gerar modelos de estimativa da proteína bruta em pastagens naturais considerando o NDVI, os índices NDI_{gr} e NDI_{gb} gerados a partir do RGB das imagens, e parâmetros de estrutura do pasto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

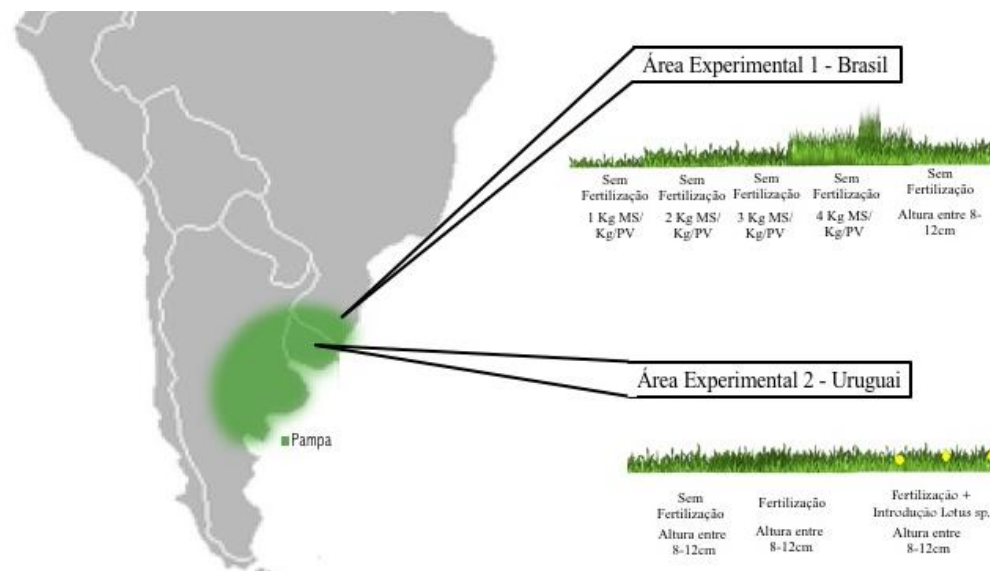
Foram utilizados 8 tratamentos em áreas experimentais no Brasil (Área Experimental 1- AE1) e no Uruguai (Área Experimental 2 – AE2) conforme **Figura 1**. As avaliações realizaram-se na primavera de 2017, no verão, outono e inverno de 2018 nos respectivos dias: 23/11; 05/03; 09/05 e 13/09 na área experimental 1 e nos dias 14/11; 15/02; 07/05 e 11/09 na área experimental 2.

2.1. Áreas experimentais

Na AE1 os 5 tratamentos foram avaliados na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS): Unidades experimentais com 1, 2, 3 e 4 kg/MS para cada kg/PV e uma unidade experimental com manejo denominado Estrutura total, manejado com alturas médias inferiores a 15cm.

A AE1 está situada no município de Eldorado do Sul, na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (30°05'27''S, 51°40'18''W e 46 m de altitude). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Figura 1. Imagens descritiva das áreas experimentais 1 no Brasil e 2 no Uruguai com seus



respectivos tratamentos.

A AE1 é composta por 64ha, conduzidos desde 1986, com duas repetições, onde os tratamentos consistem em com níveis fixos de oferta de forragem disponibilizados a bovinos ao longo do ano (1, 2, 3 e 4 kg de matéria seca (MS)/kg de peso vivo (PV)). O

método de pastoreio é contínuo com taxa de lotação variável (Mott & Lucas, 1952) para ajuste da oferta de forragem preconizada.

Na AE 2 os 3 tratamentos avaliados na Estação Experimental Glencoe do Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) foram: ajuste de carga animal via altura entre 8-12cm; ajuste de carga animal via altura entre 8-12cm com fertilização, no outono com 40 kg/ha (P2O5) e 50 kg/ha (N) e na primavera com 50 kg/ha (N) e, ajuste de carga animal via altura entre 8-12cm com fertilização e introdução de *Lotus Angustissimus*.

A AE2 está localizada na região de pecuária basáltica no departamento de Paysandú, no Uruguai (32° 00' 24'' S, 57° 08' 01'' W e 124 m de altitude). De acordo com a classificação climática de Köppen apresenta clima Cfa, temperado com temperatura média de 17°C durante o ano, sendo a oscilação de 44°C no verão à -11°C no inverno (extremos de temperatura registrados nos últimos 50 anos).

A AE2 com estes níveis de intensificação é composta por 53ha de pastagem natural, pastagem natural fertilizada e pastagem natural melhorada onde as avaliações serão realizadas em unidades experimentais com níveis fixos de oferta de forragem disponibilizados a bovinos ao longo do ano, conduzidas desde 1995. O método de pastoreio é contínuo com taxa de lotação variável (Mott and Lucas, 1952) para ajuste da altura de forragem preconizada.

As unidades experimentais com e sem fertilização na AE2 consistem em 4 unidades experimentais medindo 2 ha, e a unidade experimental com introdução de *Lotus Angustissimus* compreende 45 ha. A densidade de semente utilizada é de 3kg por ha com inoculação simples e refertilização a cada dois anos com NPK (100-25-33), sendo por ressemeadura natural.

2.2. Fotografia e classificação de imagens

Em cada tratamento foram capturadas vinte fotografias de cinco distintos percentuais de biomassa verde na cobertura do solo (igual ou maior que 5%, menor ou igual que 95%) estabelecidos posterior visualização geral da área amostral.

As imagens (0,25m²) foram capturadas com câmera digital do Iphone 6S - Apple® com resolução de câmera de 12 Mega Pixels (MP) na configuração de resolução 1280 x 720 pixels a fim de obter mesmo número de pixels por cm² em todas as imagens como método de calibração padronizado e consistente para o estabelecimento de observação (Inoue et al., 2015) em diferentes estações do ano.

Durante as avaliações, a câmera foi posicionada à 1 m de altura da área amostrada e logo acima do dossel, utilizando um bastão graduado denominado *sward stick* (Bartham, 1985), como parâmetro da altura. As imagens para classificação RGB (**Figura 2**) foi realizada posterior à padronização em 600x600 pixels e corte de excessos de imagens com o software PhotoScape® e posterior classificadas conforme Kuhn et al. (submetido).



Figura 2. Imagem capturada do quadro amostral ($0,25\text{m}^2$) com 600x600 pixels após corte de excessos e pronta para classificação.

Previamente ao início deste trabalho, capturou-se imagens em diferentes horários do dia a fim de identificar possível efeito de luminosidade sobre as imagens, onde percebeu-se que, para evitar sombreamento desuniforme sobre a imagem, somente é necessário utilizar uma cobertura de nylon preta acima da câmera com tonalidade única em todas as imagens capturadas. Portanto, as avaliações foram realizadas de acordo com a metodologia da não influência da luminosidade (Linkosalmi et al., 2016).

2.3. *Estimativa visual*

O procedimento de amostragem para quantificar a estimativa de rendimento de pastagens e a composição de espécies de modo visual realizou-se segundo técnica Blaun-Blanquet com escala de abundância proposto por Mueller-Dombois and Ellenberg (1974). O nome de todas as espécies de plantas vasculares presentes foi registrado, e sua cobertura aérea (quando maior que 5%) foi visualmente estimada em quadrados de $0,25\text{m}^2$. Na sequência realizou-se a amostragem da estimativa visual da área do quadro ($0,25\text{m}^2$) dada

em Kg/MS. As avaliações serão realizadas pelos mesmos avaliadores em ambas Estações Experimentais, e em todas as estações do ano.

2.4. *Sensor remoto ativo de superfície*

O Índice de Vegetação Normalizada (NDVI) foi avaliado através do sensor GreenSeeker® com dez amostragens por nível de intensificação.

NDVI é calculado como:

$$\text{NDVI} = (\text{R}_{\text{NIR}} - \text{R}_{\text{VIS}}) / (\text{R}_{\text{NIR}} + \text{R}_{\text{VIS}})$$

Onde RNIR representa a luz refletida nos espectros de infravermelho próximo e RVIS no visível. Aplicando o conceito de normalização, a comparação da luz incidente absorvida com a luz refletida pode ser colocada em uma proporção simples que existe em uma escala variando de -1,0 a 1,0, uma relação simples para estudos de vegetação (Crippen, 1990). O sensor foi posicionado entre 85 e 115 cm acima e paralelamente à superfície do dossel. A leitura foi realizada sobre uma área de 0,25 m² e, considerando que o sensor realiza a leitura de um ponto a cada 0,1 segundo, serão geradas, nesta área, aproximadamente 100 medições de NDVI, onde trabalharemos com a média geral de NDVI da área amostrada pelo equipamento.

2.5. *Estrutura do pasto*

Utilizou-se da avaliação de altura do dossel em todas as amostragens, dentro da área delimitada pelo quadro (0,25m²), onde foram avaliados cinco pontos de altura com a utilização de *Sward Stick* (Bartham, 1985), de maneira que se obteve um ponto em cada extremidade do quadro e um ponto no centro.

2.6. *Análise bromatológica*

A forragem contida na área delimitada pelo quadro (0,25m²) foi cortada rente ao solo e acondicionada em sacos de papel identificados. Das dez amostras de cada proporção de biomassa verde visual por unidade amostral, selecionou-se aleatoriamente cinco amostras para separação manual entre biomassa verde e senescida e, após, conduzidas à estufa com circulação forçada de ar a 45°C por 72h, para obter massa de biomassa verde e massa de forragem senescida, expressas em kg de MS/ha. Posteriormente, foram analisadas para teor de Nitrogênio (N) em Laboratório pelo

método Dumas (Dumas, 1831) em Analisador Elemental (FlashEA 1112 Elemental Analyzer) pelo detector de condutividade térmica.

As outras cinco amostras foram conduzidas integralmente à estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72h, para serem secas e então pesadas para a obtenção da biomassa expressa em kg de MS/ha.

2.7. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de regressão Partial Least Square (PLS), com intuito de verificar a relação entre as variáveis avaliadas. Foram gerados modelos de consideram uma matriz X , de dimensão $(K \times N)$, e uma matriz Y , de dimensão $(M \times N)$, na qual K denota o número de variáveis de representa a observação i para cada variável de resposta m . A regressão PLS gera A variáveis latentes (combinações lineares) t_a ($a= 1, 2, \dots, A$) a partir das variáveis originais, as quais são usadas com propósitos de predição e controle de processo (Wold et al, 2001).

Os parâmetros da regressão PLS utilizados foram estimados através do algoritmo NIPALS, sugerido por Geladi and Kowalski (1986). O método NIPALS funciona extraíndo um fator por vez. Seja $X = X_0$ a matriz centralizada e escalonada dos preditores e $Y = Y_0$ a matriz centralizada e escalonada dos valores de resposta. As análises foram realizadas com o software estatístico JMP v.14.

Análise foi realizada para a variável resposta PBTtotal, considerando inicialmente os índices NDVI, NDVI*NDVI, NDIgr, NDIgr*NDIgr, NDIgb*NDVIGb, após agregando-se a variável de estrutura do pasto altura, altura*altura, e posterior as espécies forrageiras encontradas em mais de 25% dos quadros amostrados, sendo elas: *Andropogon lateralis*, *Axonopus Affins*, *Centella asiatica*, *Cyperus sp.*, *Coellorachis selloana*, *Desmodium sp.*, *Juncus sp.*, *Lotus sp.*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Paspalum pumilum* e *Piptochaetium montevidense*.

Para validação cruzada do modelo, utilizou-se o menor valor PRESS (*Prediction error sum of squares*) e nível de significância ($P < 0,05$) dado pelo modelo Partial Least Square, onde observou-se o efeito dos fatores segundo teste van der Voet T^2 , que testa se modelos com diferentes números de fatores extraídos diferem significativamente do modelo ótimo; R^2Y que é a porcentagem da variação Y explicada pelo fator especificado. Um componente com um R^2Y próximo de 1 explica uma grande quantidade da variação nas variáveis Y ; R^2Y que é cumulativo da porcentagem da variação Y explicada pelo

modelo com o número de fatores fornecido. Esta é a soma dos valores de R^2Y para $i = 1$ para o número de fatores fornecido, uma vez que Q^2 e R^2Y cumulativa medem a capacidade preditiva do modelo, mas de maneiras diferentes.

3. RESULTADOS

3.1. Análise Descritiva

No total das avaliações identificou-se 144 espécies, destacam-se os gêneros *Paspalum sp*, *Oxalis sp*, *Coelorachis sp*, e *Axonopus sp*. e leguminosas como *Adesmia Bicolor*, *Desmodium adicendis*, *Desmodium incanum*, *Trifolium polymorphum* também foram observadas nas 640 avaliações.

Quanto as demais variáveis, observou-se (**Tabela 1**) variação entre tratamentos para NDVI médio de $0,64 \pm 0,07$ e $0,53 \pm 0,17$. No tratamento de fertilização a PBTotal foi superior, $14,47 \pm 6,03$.

A altura (cm) variou de $8,16 \pm 4,15$ a $3,99 \pm 1,03$. A biomassa total (kg MS/ha) variou de $3156,34 \pm 1845,61$ no tratamento de fertilização a $714,06 \pm 386,78$ na oferta de 1 kg MS/kg Peso vivo. Os índices gerados mantiveram padrão semelhante ao NDVI.

Para verificar a explicação dos índices sobre a PBTotal, resultou-se em: PB Total = $(2.11543163344666 * NDVI) + (4.67993434325823 * "NDVI*NDVI") + (-16.8177288686439 * NDIgb) + (0.435615421978183 * NDIgr) + (17.2325434726596 * "NDIgb*NDIgb") + (4.21262712717699 * "NDIgr*NDIgr") + 7.91872776050385$; com percentual explicativo cumulativo de $Y = 25\%$.

Agregando a variável de estrutura do pasto, a altura (cm), obteve-se o seguinte modelo: PB Total = $3,53 + (29,27 * NDVI) + (-18,72 * NDIgb) + (-9,05 * NDIgr) + (-18,67 * "NDVI*NDVI") + (18,44 * NDIgb*NDIgb) + (11,58 * "NDIgr*NDIgr") + (0,24 * altura) + (-0.026 * altura*altura)$, com percentual explicativo cumulativo de $Y = 28\%$.

Tabela 1. Análise descritiva das variáveis dependentes, conforme tratamentos utilizados nas duas áreas experimentais avaliadas.

Variáveis	Tratamentos							
	Experimento 1 – Brasil				Experimento 2 - Uruguai			
	1 kg MS/kg PV	2 kg MS/kg PV	3 kg MS/kg PV	4 kg MS/kg PV	Estrutura Total	8-12cm	Fertilizado	Fertilizado + Lótus A.
NDVI	0,61±0,09	0,64±0,07	0,62±0,07	0,63±0,08	0,61±0,06	0,54±0,18	0,56±0,20	0,53±0,17
NDIgr	0,69±0,18	0,69±0,16	0,65±0,15	0,65±0,16	0,66±0,14	0,53±0,27	0,57±0,33	0,60±0,24
NDIgb	0,61±0,22	0,59±0,20	0,55±0,21	0,55±0,21	0,51±0,15	0,41±0,31	0,45±0,33	0,36±0,32
Altura (cm)	3,99±1,03	6,03±2,34	7,79±3,24	7,45±3,62	8,16±4,15	6,28±3,36	6,61±3,38	4,55±2,22
Biomassa Total	714,06±386,78	1710,99±1091,40	2549,12±1576,49	2408,97±2018,20	2624,34±1917,90	2674,93±1541,04	3156,34±1845,61	2209,73±1507,04
Biomassa Verde	506,71±297,69	1011,98±604,15	1254,26±566,07	1341,24±968,68	1303,48±854,15	1176,69±863,38	1436,88±98,39	759,15±569,80
PB Total (%)	10,46±1,34	8,44±1,54	8,08±2,09	8,24±2,57	7,49±2,00	12,78±5,71	14,47±6,03	12,14±4,60

Com o intuito de verificar a influência das espécies forrageiras ao modelo criado, chegou-se (**Tabela 2**) ao Partial Least Square com 7 fatores, cuja presença de espécies agregou cerca de 35% na explicação do modelo final.

Tabela 2. Fatores considerados na análise com o método Partial Least Square para Proteína Bruta Total (%) em pastagem natural do bioma Pampa.

Proteína Bruta Total (%)						
Número de fatores	Variáveis	Raiz média PRESS	Van der Voest T ²	Prob > van der Voet T ²	R ² Y	Acumulado R ² Y
0		1,003413	37,14264	<,0001	0,00000	0,000000
1	NDIgr*NDIgr	0,726435	14,679236	<,0001	0,491446	0,4491446
2	<i>Andropogon lateralis</i>	0,669660	3,138088	0,0900	0,0865583	0,578029
3	NDIgr	0,659738	1,842739	0,2110	0,028215	0,606244
4	NDVI*NDVI	0,654338	2,573295	0,1190	0,015727	0,621971
5	NDIgb*NDIgb	0,645814	1,149185	0,3070	0,005495	0,627467
6	NDVI	0,645813	0,274447	0,6120	0,002093	0,629560
7	NDIgb	0,644879	0,000000	1,0000	0,000689	0,630249

Observa-se a influência do índice NDIgr*NDIgr e da espécie *Andropogon lateralis* com $\pm 44\%$ e $\pm 12\%$ de contribuição no valor acumulado de coeficiente de determinação para a variável PBTtotal, respectivamente. As variáveis de dados apresentados, com poder de influenciar a explicação da PBTtotal são observados na **Figura 3**.

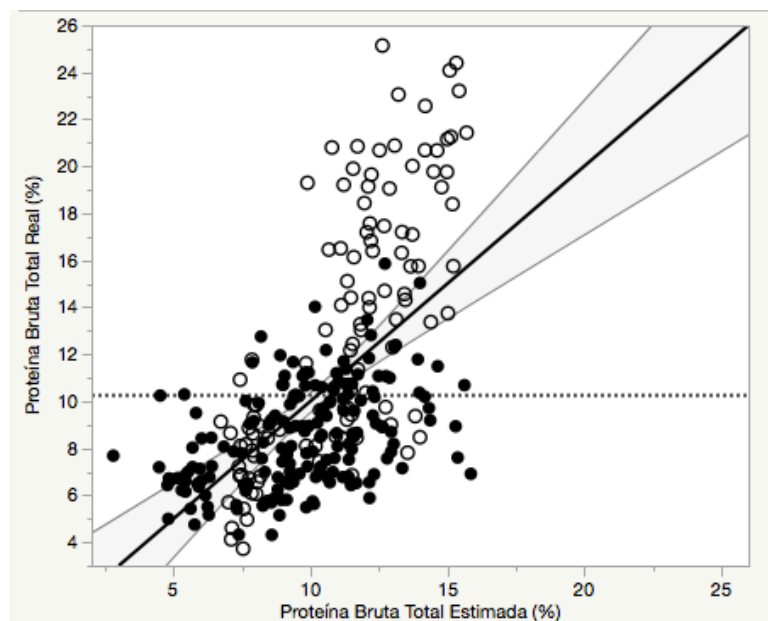


Figura 3. Proteína Bruta Total (PBTotal) da pastagem natural, após validação cruzada com a análise de Partial Least Square, onde ● são dados da área experimental 1 e ○ da área experimental 2, cujo modelo é expresso $PB \text{ Total} = 7,07 + (1,43 * NDVI) + (0,86 * NDIgb) + (1,49 * NDIgr) + (2,20 * "NDVI*NDVI") + (1,72 * "NDIgb*NDIgb") + (1,93 * "NDIgr*NDIgr") + (-0,14 * \text{Andropogon lateralis})$, com percentual explicativo cumulativo de $Y = 63\%$.

4. DISCUSSÃO

4.1 Variáveis por tratamento

A produção animal é uma resposta direta da quantidade e qualidade do alimento consumido (Minson, 1982). Que por sua vez, varia conforme a intensidade de pastejo e método de intensificação, fatores estes que geram transformações morfológicas nas quais as plantas passam a alterar sua composição química, por exemplo.

No NDVI (Tabela 1) se observou valores superiores nos tratamentos 2, 3 e 4 kg MS/kg PV, uma vez que menores valores são observados nos tratamentos da AE2. Percebe-se que a relação de folhas senescentes, pode estar influenciando parcialmente na AE1, uma vez que o maior valor de NDVI, $0,64 \pm 0,07$, no tratamento 2kg/MS/kg PV, apresenta altura média de 8cm.

O aparecimento, senescência e morte de folhas são processos de maior relevância para determinar o IAF da pastagem, juntamente com sua população de perfilhos (Gomide & Gomide, 1999), influenciando diretamente no NDVI e nos demais índices, uma vez que o verão seco atingiu a AE2, com valores de NDVI em torno de 0,20 em várias amostragens, explicando os valores médios inferiores.

Esse padrão de reflectância do NDVI é afetado ao longo das estações do ano devido a escassez de chuvas (Yuan et al., 2007), temperatura (Fontana et al., 2002), e outros, já que na vegetação sadia a transição entre a resposta espectral do vermelho e do infravermelho próximo é mais abrupta, ao contrário da vegetação estressada, onde ocorre um deslocamento em direção aos menores comprimentos de onda (Meneses et al., 2001).

Isso demonstra a importância de entender a influência da estrutura da vegetação, afetada por temperatura e precipitação, e determinantes no comportamento dos índices, uma vez que agregando a variável altura do pasto no modelo, não chegou a compor a explicação da proteína bruta da biomassa, o que em princípio pode ser contraditório. Sabemos que existe uma relação direta entre a altura do pasto e a taxa de senescência, visto que quanto maior a massa de forragem, maior o índice de área foliar (IAF) e, conseqüentemente, maiores as taxas de crescimento que, contudo, estão associadas a maiores perdas por senescência (Hodgson, 1990).

Em um primeiro momento, essa explicação se dá na AE1 pelas amostragens serem todas em estrato inferior (Nabinger, 2006), e no tratamento 1 kg/MS/kg PV onde a carga animal está acima da capacidade de suporte do campo, a comunidade vegetal torna-se rala e de baixa altura, com exposição da superfície do solo.

Nos tratamentos com maior oferta de forragem, ainda que a altura da pastagem seja baixa, e assim as plantas recebem mais radiação em todas as direções tornando a longevidade da folha maior, é provável que há perda de forragem por morte e decomposição, sem a planta ter alcançado seu IAF ótimo (Carambula, 1996), explicações atribuídas para entender que a relação do manejo de altura 8-12cm na área experimental 2, como um padrão intermediário para maximizar o pastoreio, onde alturas similares apresentam distintos percentuais de PB Total.

Cabe destacar também, que a introdução de leguminosas, neste caso do *Lotus sp.*, na pastagem natural, por seu incremento na qualidade da forragem (proteína bruta, minerais e digestibilidade), em relação a altura do pasto, com média de $4,55 \pm 2,22$, observou-se a influência solo de basalto superficial, da variedade do *Lótus sp.* utilizada, melhorada para porte baixo, e por fim, a pouca precipitação no verão que atingiu a área.

A biomassa total e a biomassa verde seguiram o padrão das ofertas de forragem (Nabinger, 2006; Overback et al., 2007) na AE1. Já na AE2 observa-se o efeito da fertilização com $3156,34 \pm 1845,61$ kg/MS/ha e novamente a influência do solo de basalto superficial na massa do tratamento com introdução de *Lotus sp.* com $2209,73 \pm 1507,04$,

mesmo que este contenha biomassa similar ao tratamento avaliado de 3kg/MS/kg PV, considerada adequada (Milchunas, 1988; Maraschin et al., 1997), apesar de maiores teores de proteína bruta.

Sobre as espécies forrageiras presentes, no tratamento 1kg MS/Kg de PV, poucas espécies possuíam estratégias de escape do pastejo, em geral eram rizomatosas ou rosuladas, visto a alta lotação animal para a capacidade de suporte, determinada pelo tratamento e com altura de 2-6cm, onde praticamente não existirem espécies de porte ereto, salvo, *Vernonia nudiflora*, *Baccharis trimera* ou *Senecio selloi* que não são frequentemente pastejadas por bovinos.

Por outro lado, com maior oferta de forragem, 1kg MS/Kg PV predominam espécies de hábito cespitoso, com maior habilidade de competição por luz e nutrientes, como *Aristida sp.*, *Andropogon sp.*, e *Schizachyrium sp.*

A contribuição de leguminosas, normalmente de pequeno porte, como *Adesmia bicolor* e *Desmodium sp.*, em número de espécies, foi maior nos tratamentos com fertilização e com introdução de espécies, indicando assim a qualidade superior do mesmo, visto que as leguminosas herbáceas apresentam menor conteúdo de constituintes estruturais, quando comparadas às gramíneas (Soares, 2003).

O resultado da busca por oferta de forragem ótima e nível de intensificação sobre a biomassa é a maior emissão de perfilhos com distribuição mais equilibrada da massa seca entre perfilhos e o colmo principal (Carambula, 1996), e uma vez monitorado esse comportamento, pela diminuição da qualidade da luz obtida por meio da adição de luz infravermelha próxima, expresso pelo NDVI, permitiria acompanhar o ótimo equilíbrio proteína bruta e estrutura do pasto.

4.2 Proteína Bruta na Biomassa

Fatores como o manejo, disponibilidade da forragem, categoria e espécie animal têm grande influência na qualidade da pastagem num determinado tempo (Van Soest, 1994) formando um mosaico de espécies e estruturas (Gordon, 2000).

Para monitoramento a qualidade da pastagem, que maximize a taxa de ingestão diária de pasto, a utilização dos índices NDVI*NDVI, NDIgb*NDIgb e NDIgr*NDIgr no modelo em conjunto alcançam potencial de $R^2 = 51\%$, uma vez que a complementariedade de NDIgr, com fórmula do espectro verde mais vermelho, é determinante na estimativa da proteína bruta.

Observa-se, em especial, os índices NDVI*NDVI, NDIgr e NDVIgr*NDIgr, com contribuição no acumulado de $R^2 = 40\%$ isso porque são dados por espectros com comprimento de onda maiores que captam uma variação do teor de proteína bruta das folhas, uma vez que menores teores de proteína bruta resultam em menores valores destes índices (Chung, 2018).

Observamos um comportamento de saturação, uma vez que ao chegarem a altos valores de reflectância saturam (Asrar, 1984), uma razão para o índice NDIgb, uma vez que este incorpora a banda do azul e outros parâmetros que minimizam a saturação do índice em altos níveis de área foliar e reduzem o efeito do sinal produzido pelo solo (Huete et al., 2002).

O monitoramento determinado pela reflectância das espécies forrageiras, quando explica a proteína bruta, destacou com poder acumulado de $R^2 = 12,8\%$ para *Andropogon lateralis*, visto sua influência negativa, destacada por sua habilidade de competição e mecanismos de compensação (Spietz e Ellen, 1972), captam uma maior interceptação de luz (Taiz e Zeiger, 2013).

O *Andropogon lateralis*, por ser uma gramínea perene de estação quente, é versátil na resposta ao manejo e se mantém estável na capacidade de suporte ótima da pastagem, e oferece proteção a outras espécies avidamente pastejadas (Rizo, 2001) permitindo a ressemeadura das mesmas em tratamentos de maiores ofertas 4 Kg MS/Kg PV.

Portanto, a presença desta espécie nas amostragens é determinante, uma vez que aparece em todos os tratamentos na AE1 (Boldrini, 2006) e visto que a mesma não está presente na AE2, de onde se obteve os maiores teores de proteína bruta, entre $12,14 \pm 4,60$ e $14,47 \pm 6,03\%$.

Estes teores médios de proteína bruta na AE2, com destaque para o tratamento de fertilização com introdução de *Lotus sp.* é influenciado pelo solo, pela pouca precipitação no verão e pela invasão de *Lolium sp* no tratamento de fertilização, dando um incremento nos valores de proteína bruta no inverno.

Por ser um modelo geral com acumulado de $R^2 = 63\%$, que engloba uma ampla gama de tratamentos como apresentado acima, com mais de 140 espécies identificadas, nas duas áreas experimentais, o uso de imagens obtidas pelos smartphones e a utilização de índices baseados em RGB, mostram-se acurados e precisos para utilização no

diagnóstico da proteína bruta das pastagens naturais, e com um elevado potencial para facilitação planejamento forrageiro.

5 CONCLUSÃO

O uso de índices de vegetação por meio do NDVI e da classificação de RGBs é promissora para monitoramento da qualidade nutricional disponível em pastagens naturais, uma vez que apresentam potencial para diagnosticar o teor de proteína bruta em diferentes níveis de intensificação e ofertas de forragem.

6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e de recursos do Programa de “Pasturas y Forajes” do Instituto Nacional de Investigación Agropecuária – Uruguay (INIA).

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asrar, G.; Fuchs, M.; Kanemasu, E. T; Hatfield, J. L. Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. **Agronomy Journal**, v.76, n. 2, p. 00-306, 1984.

Barthram, G.T., 1986. Experimental Techniques: the HFRO Sward Stick. Biennial Report, 1984–1985. **Hill Farming Research Organisation**, pp. 29–30.

Boldrini I.I. 2006. Biodiversidade dos Campos Sulinos. In: I Simpósio de Forrageiras e Produção Animal – Ênfase: Importância e Potencial Produtivo da Pastagem Nativa (eds. Dal’Agnol M, Nabinger C, Rosa LMG, Silva JLS, Santos DT & Santos RJ). UFRGS, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Porto Alegre, pp. 11-24.

Carambula, M. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo: Ed. Hemisfério Sur:. 1996. 524p.

Crippen, R. E. (1990). Calculating the Vegetation Index Faster. **Remote Sensing of Environment**, 34, 71–73. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(90\)90085-Z](https://doi.org/10.1016/0034-4257(90)90085-Z)

Fontana, D. C.; Melo, R. W. Estudo da correlação entre a temperatura da superfície dos

oceanos Atlântico e Pacífico e o NDVI no Rio Grande do Sul. In: Anais do V Simpósio Brasileiro de Climatologia Cartográfica, 2002, Curitiba. Contribuições Científico-Técnicas, p. 411-427, 2002.

Geladi, P.; Kowalski, B. Partial least-squares regression: a tutorial. **Analytica Chimica Acta**, v. 185, p. 1-17, 1986. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2670\(86\)80028-9](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2670(86)80028-9)

Gomide, J.A.; Gomide, C.A.M. Fundamentos e Estratégias do Manejo de Pastagens. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, Viçosa, 1999. Anais... Viçosa: UFV, p.179-200, 1999.

Gordon I.J. 2000. Plant-animal interactions in complex plant communities: from mechanism to modelling. In: *Grassland ecophysiology and grazing ecology* (eds. Lemaire G, Hodgson J, Moraes Ad, Nabinger C & Carvalho PCdF). CAB International, pp. 191-207.

Hodgson, J. Grazing management: Science into practice. **Longman Scientific and Technical**, Longman Group, London, UK, 1990.

Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E.P.; Gao, X.; Ferreira, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, n. 83, p. 195–213, 2002.

Inoue, Tomoharu, Shin Nagai, Hideki Kobayashi, and Hiroshi Koizumi. 2015. Ecological Informatics Utilization of Ground-Based Digital Photography for the Evaluation of Seasonal Changes in the Aboveground Green Biomass and Foliage Phenology in a Grassland Ecosystem. *Ecological Informatics* 25: 1–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2014.09.013>.

Kuhn, J. G., Bremm, C., Jaurena, M. A. B., Rosa, F. Q., Lattanzi, F., Carvalho, P. C. F., Laca, E. A. 2019. Métodos não destrutivos na avaliação da biomassa verde de pastagens naturais em experimentos de longo prazo. *Jornal of Photogrametry and Remote Sensing*. (SUBMETIDO)

Linkosalmi, Maiju et al. 2016. Digital Photography for Assessing Vegetation Phenology in Two Contrasting Northern Ecosystems. *Geoscientific Instrumentation, Methods and*

Data Systems Discussions (March): 1–25. <http://www.geosci-instrum-method-data-syst-discuss.net/gi-2015-34/>.

Lopatin, J. Fassnacht, F. E.; Kattenborn, T., Schmidtlein, S. Mapping plant species in mixed grassland communities using close range imaging spectroscopy. *Remote Sensing of Environment*. 2017. 12-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2017.08.031>

Maraschin G.E., Moojen E.L., Escosteguy C.M.D., Correa F.L., Apezteguia E.S., Boldrini I.I. & Riboldi J. 1997. Native pasture, forage on offer and animal response. In: *XVIII International Grassland Congress*, Winnipeg y Saskatoon, Canada, pp. 26-27.

MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. da S. (Orgs.). Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

Milchunas D.G., Sala O.E. & Lauenroth W.K. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist* 132: 87-106.

Minson, J. G. Influence Of Sward Characteristics On Diet Selection And Herbage Intake By The Grazing Animal. In: Hacker, J. B. (ed). **Nutritional limits to animal production from pastures**. Farnham Royal: CSIRO, 1982. p. 169-174.

Mizunuma, T. et al., 2014. Sensitivity of Colour Indices for Discriminating Leaf Colours from Digital Photographs. *Methods in Ecology and Evolution* 5(10): 1078–85.

Mott, G. O. & Lucas, H. L. (1952). The Design, Conduct, and Interpretation of Grazing Trials on Cultivated and Improved Pastures. *International Grassland Congress*, 2, 380–85

Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H., 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, New York, NY [547 pp.].

Nabinger C. 2006. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropico brasileiro. In: *I Simpósio de Forrageiras e Pastagens* (eds. Dall’Agnol M, Nabinger C, Rosa LM et al.). ULBRA, Canoas, pp. 25-76.

O'Reagain, P.J.; Schwartz, J. Dietary selection and foraging strategies of animals on rangeland. Coping with spatial and temporal variability. In: of the International Symposium on the Nutrition of Herbivores **Proceedings...** Clermont- Ferrand. p. 419-424, 1995.

Overbeck G.E., Müller S.C., Fidelis A., Pfadenhauer J., Pillar V.D., Blanco C.C., Boldrini I.I., Both R. & Forneck E.D. 2007. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9: 101-116.

Overbeck G.E., Müller S.C., Pfadenhauer J. & Pillar V.D. 2006. Floristic composition, environmental variation and species distribution patterns in a burned grassland in southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 66: 1073-1090.

Peñuelas, J., Filella, I., 1998. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. **Trends Plant Sci.** 3 (4), 151–156.

Rizo L.M., Moojen E.L., Quadros F.L.F., Schlick F.E. & Correa F.L. 2001. Pasture dynamics after sod seeding cool season species with or without glyphosate in subtropical natural grasslands. In: *19 International Grassland Congress*. FEALQ São Pedro, pp. 903-904.

Roth, K.L., Roberts, D.A., Dennison, P.E., Peterson, S.H., Alonzo, M., The impact of spatial resolution on the classification of plant species and functional types within imaging spectrometer data. **Remote Sens. Environ.** 2015. 171, 45–57.

Senft, R.L.; Coughenour, M.B.; Bailey, D.W.; et al. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. **BioScience**, v. 37, p. 789-799, 1987.

Shoko, C., Mutanga, O. Seasonal discrimination of C3 and C4 grasses functional types: an evaluation of the prospects of varying spectral configurations of new generation sensors. **International Journal Applied Earth Observation Geoinformation**. 2017. 47-55 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2017.05.015>

Soares, A. B., Carvalho, P. C. F., Garcia, E. et al. Herbage allowance and species diversity on native pasture. **African Journal of Range and Forage Science**, v. 20, n. 2, p.134, 2003.

Taiz, L.; Zeiger, E. Plant physiology. 2 ed. Sinauer Associates, Inc., 1998. 792 p.

Van Soest, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

Wagner, A. P. L.; Weber, E.; Hasenack, H.; Klering, E.V; Fontana, D. C, Variabilidade Temporal do NDVI/MODIS na Análise de Remanescentes da Ecorregião das Savanas Uruguaias In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba, PR. INPE, 2011. p. 5600 – 5606.

Wallis De Vries, M.F.; Daleboudt, C. Foraging strategy of cattle in patchy grassland, **Oecologia**, v. 100, p. 98-106, 1994.

Wold, S.; SjöStröm, M.; Eriksson, L. Pls-regression: a basic tool of chemometrics. **Chemometrics Intelligent Laboratory Systems**, v. 58, p. 109-130, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-7439\(01\)00155-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00155-1)

Xu, H. et al. Influence of ENSO on multi-annual temperature variations at Hongyuan NE Qinghai-Tibet plateau: evidence from C. *International Journal of Climatology*, v. 30, p. 120–126, 2009.

Yuan, F.; Roy, S. S., Analysis of the Relationship Between NDVI and Climate Variables in Minnesota Using Geographically Weighted Regression and Spatial Interpolation. ASPRS 2007 Annual Conference. Tampa, Florida. 2007.

Zhang, P., Sadler, C., Martonosi, M., 2006. Middleware for long-term deployment of delay-tolerant sensor networks. In: International Workshop on Middleware for Sensor Networks (MidSens'06), pp. 13–18.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de métodos não destrutivos para avaliar pastagens naturais é bastante promissor. O potencial de uso destes métodos sobre a composição da qualidade ainda deve ser investigado, uma vez que a contribuição do comportamento específico de cada espécie constitui um *patch* potencial de pastejo para os ruminantes.

As relações com as equações já estabelecidas tornam-se ferramentas de manejo que possibilitam monitorar o ambiente pastoril, contribuindo para uma melhor utilização das áreas com pastejo animal.

Frente a isso, a intensificação produtiva, também avaliada, e os métodos com controle de altura, são em conjunto estratégias de manejo para a pecuária em pastagem natural do futuro.

Que os mosaicos de qualidade e estrutura presentes em todos os tratamentos evidenciem ainda mais a complexidade com que estas pastagens são formadas.

Por conseguinte, que novas pesquisas e novos índices possam ser gerados, e que consigamos moldar um sistema de otimização da preservação e produtividade, de maneira aliada.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, V. G. *et al.* An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, Oxford, UK, v. 66, p. 2–28, 2011.
- ALTESOR, A.; AYALA, W.; PARUELO, J. M. Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. Montevideo, UY: INIA, 2011. Disponível em: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2835/1/18429020511100111.pdf>. Acesso em: 17 maio. 2019.
- BARESEL, J. P. *et al.* Use of a digital camera as alternative method for non-destructive detection of the leaf chlorophyll content and the nitrogen nutrition status in wheat. **Computers and Electronics in Agriculture**, [Amsterdam], v. 140, p. 25–33, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.032>.
- BAUSENWEIN, U.; MILLARD, P.; RAVEN, J.A. Remobilized old-leaf nitrogen predominates for spring growth in two temperate grasses. **New Phytologist**, Cambridge, v. 152, p. 283-290, 2001.
- BELUCO, A. **Classificação de imagens de sensoriamento remoto baseada em textura por redes neurais**. 2012. Mestrado (Dissertação em Sensoriamento Remoto) - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPSRM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- BERTOL, I. *et al.* Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 779-786, 1998.
- BILENCA, D.; MIÑARRO, F. **Identificación de áreas valiosas de pastizal (AVPs)**. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina, 2004. (Programa pastizales).
- BONNET, O. J. F. *et al.* Continuous bite monitoring: a method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. **Animal Production Science**, Queensland, Austrália, v. 55, n. 3, p. 339–49, 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de recuperação da vegetação nativa**. Brasília: MMA, 2014. 79 p.
- BREMM, C. *et al.* Foraging behaviour of beef heifers and ewes in natural grasslands with distinct proportions of tussocks. **Applied Animal Behaviour Science**, Netherlands, v. 141, n. 3-4, p. 108-16, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2012.08.008>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- CAI, J. *et al.* Quantifying the onset and progression of plant senescence by color image analysis for high throughput applications. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 6, p. 1–21, 2016.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? **Animal Production Science**, Queensland, v. 55, n. 3, p. 319–27, 2015.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Doocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 38, p. 109–22, 2009. Supl 3.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Managing natural grasslands in a changing world: grazing ecology insights to accomplish re-oriented management expectations. *In*: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 21., 2008, Hohhot, China. ; INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 8., 2008, Hohhot, China. **Proceeding** [...]. Guangzhou: Guangdong People's Publishing House, 2008. v. 1. p. 415-421. Tema: Multifunctional Grasslands and Rangelands in a Changing.

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**, Netherlands, v. 120, p. 158–62, 2009.

CARVALHO, P. C. F.; MARASCHIN, G. E.; NABINGER, C. Potencial produtivo do campo nativo do Rio Grande do Sul. *In*: PATIÑO, H. O. (ed.). SUPLEMENTAÇÃO DE RUMINANTES EM PASTEJO, 1., 1998, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre, RS, 1998. p. 1-20. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/gpep/documents/capitulos/Potencial%20Produtivo%20do%20campo%20nativo.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

ESTIARTE, M.; PEÑUELAS, J. Alteration of the phenology of leaf senescence and fall in winter deciduous species by climate change: effects on nutrient proficiency. **Global Change Biology**, Amsterdam, v. 21, p. 10–17, 2015.

FONSECA, E. L.; FORMAGGIO, A. R.; PONZONI, F. J. Estimativa da disponibilidade de forragem do bioma campos sulinos a partir de dados radiométricos orbitais: parametrização do submodelo espectral. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 68–74, 2007.

FONSECA, E. L.; SILVEIRA, V. C. P.; SALOMONI. Conversion efficiency of photosynthetic active radiation to aboveground natural grasslands dry matter in the campos sulinos biome, Brazil, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 56–59, 2006. Disponível em: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33645792614&partnerID=40&md5=fff1a88fd4714a090747e05131f50b49>. Acesso em: 20 mar. 2019.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Perspectivas agrícolas**. [Rome]: FAO, 2015.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Nutrient uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, p. 789-799, 2002.

GOLLUSCIO, R. A.; DEREGIBUS, V. A.; PARUELO, J. M. Sustainability and range management in the patagonian steppes. **Ecologia Austral**, Buenos Aires, v. 8, p. 265–84, 1998.

GOVAERTS, B.; VERHULST, N. **The normalized difference vegetation index (NDVI) Greenseeker(TM) handheld sensor**: toward the integrated evaluation of crop management part A: concepts and case studies. México: CIMMYT, 2010. 12 p.

GROHS, D. S. *et al.* Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor Greenseeker. **Engenharia Agrícola**, São Paulo, v. 29, p. 101–12, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000100011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 20 mar. 2019.

GUIDO, A. *et al.* Spatial and temporal variability in aboveground net primary production of uruguayan grasslands. **Rangeland Ecology & Management**, Denver, v. 67, p. 30–38, 2014. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1550742414500024>. Acesso em: 20 mar. 2019.

HARPOLE, W. S. *et al.* Addition of multiple limiting resources reduces grassland diversity. **Nature**, New York, v. 537, p. 93–96, 2016.

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and animal husbandry**, Melbourne, v. 15, p. 663–70, 1975.

HENRY, T. Terminology and definitions in studies of grassland plants. **Grass and Forage Science**, Oxford, UK, v. 35, p. 13–23, 1980.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. Á. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 399–406, 2002.

HERRERO, M. *et al.* Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. **Nature Climate Change**, New York, v. 6, p. 452–61, 2016.

HMIMINA, G. *et al.*, Evaluation of the potential of MODIS satellite data to predict vegetation phenology in different biomes: an investigation using ground-based NDVI measurements. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 132, p. 145–58, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com.gate1.inist.fr/science/article/pii/S0034425713000229>. Acesso em: 20 mar. 2019.

HODGSON, J. Nomenclature and definitions in grazing studies. **Grass and Forage Science**, Oxford, UK, v. 34, p. 11–17, 1979.

HOLBEN, B. N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 7, p. 1417–34, 1986.

- HUANG, C. *et al.* Discrimination of invaded and native species sites in a semi-desert grassland using MODIS multitemporal data. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 30, p. 897–917, 2009.
- INOUE, T. *et al.* Ecological informatics utilization of ground-based digital Photography for the evaluation of seasonal changes in the aboveground green biomass and foliage phenology in a grassland ecosystem. **Ecological Informatics**, Netherlands, v. 25, p. 1–9, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2014.09.013>. Acesso em: 20 de mar. 2019.
- JACKSON, R. B. *et al.* The ecology of soil carbon: pools, vulnerabilities, and biotic and abiotic controls. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, Califórnia, v. 48, 2017. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054234>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- JANSSEN, L. L. F.; HUURNEMNN, G. C. (ed.). **Principles of remote sensing: an introductory textbook**. 2nd ed. Enschede, The Netherlands: ITC, 2001. (ITC Educational Textbook Series, 2).
- JAURENA, M. *et al.* The dilemma of improving native grasslands by overseeding legumes: production intensification or diversity conservation. **Rangeland Ecology and Management**, Denver, v. 69, p. 35–42, 2016.
- JENSEN, A. *et al.* Radiometric estimation of biomass and nitrogen content of barley grown at different nitrogen levels. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 11, p. 18–20, 1990. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169008955131>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- JIN, Y. *et al.* Remote sensing-based biomass estimation and its spatio-temporal variations in temperate grassland, northern China. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 6, p. 1496–1513, 2014.
- JUSTICE, C. O. *et al.* The effect of water-vapor on the normalized difference vegetation index derived for the Sahelian region from Noaa Avhrr data. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 12, p. 1165–87, 1991.
- KEENAN, T. F.; RICHARDSON, A. D. The Timing of autumn senescence is affected by the timing of spring phenology: implications for predictive models. **Global Change Biology**, Amsterdam, v. 21, p. 34–41, 2015.
- LACA, E. A. Ganadería de precisión. *In*: REUNION DEL GRUPO TECNICO EN FORRAJERAS DEL CONO SUR-GRUPO CAMPOS, 22., 2008, Minas, Lavelleja-Uruguay. **Anais [...]**. Montevideo, Uruguay: INIA, 2008. p. 77-79. Tema: Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad.
- LACA, E. A. Precision livestock production: tools and concepts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 38, p. 23–32, 2009.

- LE ROUX, X. *et al.* Radiation absorption and use by humid, Savanna Grassland: assessment using remote sensing and modelling. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 85, p. 17–32, 1997.
- LEDGARD, S. F. Nitrogen cycling in low input legume-based agriculture, with emphasis on legume/grass pastures. **Plant and Soil**, India, v. 228, p. 43-59, 2001.
- LEMAIRE, G.; JEUFFROY, M. H.; GASTAL, F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: theory and practices for crop management. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, p. 14–24, 2008.
- LEZAMA, F.; PARUELO, J. M. Disentangling grazing effects: trampling, defoliation and urine deposition. **Applied Vegetation Science**, Upsala, v. 19, p. 57–66, 2016.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote sensing and image interpretation**. 7th ed. New York: John Wiley and Sons, Inc., 2015.
- LINKOSALMI, M. *et al.* Digital photography for assessing vegetation phenology in two contrasting Northern ecosystems. **Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems**, v. 5, p. 417-426, 2016. Disponível em: <http://www.geosci-instrument-method-data-syst-discuss.net/gi-2015-34/>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- LU, B.; HE, Y. Species classification using Unmanned Aerial Vehicle (UAV)- acquired high spatial resolution imagery in a heterogeneous grassland. **J. Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v. 128, p. 73-85, 2017.
- MCROBERTS, K. C. *et al.* Application of local binary patterns in digital images to estimate botanical composition in mixed alfalfa-grass fields. **Computers and Electronics in Agriculture**, [Amsterdam], v. 123, p. 95-103, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2016.02.015>. Acesso em: 20 de mar. 2019.
- MEZZALIRA, J. C. *et al.* Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 153, p. 1–9, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2013.12.014>.
- MIZUNUMA, T. *et al.* Sensitivity of colour indices for discriminating leaf colours from digital photographs. **Methods in Ecology and Evolution**, [Bognor Regis], v. 5, p. 78–85, 2014.
- MODERNEL, P. *et al.* Land use change and ecosystem service provision in pampas and campos grasslands of southern South America. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 11, p. 30-34, 2016. Disponível em: <http://stacks.iop.org/1748-9326/11/i=11/a=113002?key=crossref.db4171e7d18215ce157c7fc89c31227a>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- MONTEITH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 9, p. 47–66, 1972. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2401901> <http://about.jstor.org/terms>. Acesso em: 20 mar. 2019.

- MOOJEN, E. L.; MARASCHIN, G. E. Potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a níveis de oferta de forragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 3, p. 27–32, 2002.
- MOTT, G.O.; LUCAS, H. L. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. **International Grassland Congress**, Pasadena, v. 13, p. 80–85, 1952.
- UM, S. J. *et al.* Grassland dynamics in response to climate change and human activities in inner Mongolia, China between 1985 and 2009. **The Rangeland Journal**, Cotlesloe, W.A., v. 35, p. 15–29, 2013.
- MUHAMMED, H.; LARSOLLE, A. Feature vector based analysis of hyperspectral crop reflectance data for discrimination and quantification of fungal disease severity in wheat. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, p. 25–34, 2003.
- NABINGER, C. *et al.* Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR, V. P. *et al.* (ed.). **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009.
- NABINGER, C. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropico brasileiro. In: SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 2006, Porto Alegre. **Anais [...]**. Canoas: ULBRA, 2006. p. 22–76.
- OVERBECK, G. E. *et al.* Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Amsterdam, v. 9, n. 2. p. 101–116, 2007.
- PARK, Y.; MORRIS, M. M.; MACKINNEY, G. On chlorophyll breakdown in senescent leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 21, p. 79–81, 1973.
- PARUELO, J. M. *et al.* Carbon stocks and fluxes in rangelands of the Río de La Plata Basin. **Rangeland Ecology & Management**, Denver, v. 63, n. 1, p. 94–108, 2010. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1550742410500010>. Acesso em: 20 de mar. 2019.
- PENFOLD, C. A.; BUCHANAN-WOLLASTON, V. Modelling transcriptional networks in leaf senescence. **Journal of Experimental Botany**, Amsterdam, v. 65, p. 59–73, 2014.
- PETACH, A. R. *et al.* Monitoring vegetation phenology using an infrared-enabled security camera. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 14, p. 43–51, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.05.008>.
- PILLAR, V. P.; LANGE, O. (ed.). **Os campos do Sul**. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos, 2015.
- PISHAROTY, P. R. Introduction to remote sensing. **Proceedings of the Indian Academy of Sciences. Engineering sciences**, Bangalore, v. 6, n. 2, p. 97–107, 1983.

PIZZIO, R. *et al.* Impact of stocking rate on species diversity and composition of a subtropical grassland in Argentina. **Applied Vegetation Science**, Upsala, v. 19, p. 54–61, 2016.

MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.). Sensoriamento remoto: refletância dos alvos naturais. Brasília: Editora Universidade de Brasília; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 262 p.

QUADROS, F. L. F.; TRINDADE, J. P. P.; BORBA, M. A. Abordagem funcional da ecologia campestre como instrumento de pesquisa e apropriação do conhecimento pelos produtores rurais. *In*: PILLAR, V. D. (ed.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. p. 206–213.

RICHARDSON, A. D. *et al.* Terrestrial biosphere models need better representation of vegetation phenology: results from the North American carbon program site synthesis. **Global Change Biology**, Amsterdam, v. 18, p. 566–584, 2012.

RIGGE, M. *et al.* Linking phenology and biomass productivity in South Dakota mixed-grass prairie. **Rangeland Ecology & Management**, Denver, v. 66, p. 579–587, 2013.

ROSSELLO, R. D. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. **Revista INIA de Investigaciones Agronómicas**, Montevideo, UY, v. 1, p. 03–10, 1992.

ROTH, L. STREIT, B. Predicting cover crop biomass by lightweight UAS-based RGB and NIR photography: an applied photogrammetric approach. **Precision Agriculture**, Netherlands, v. 1, p. 03–22, 2017.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation. *In*: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Greenbelt. [**Proceedings**]. Washington, DC: NASA, 1974. v. 3- Discipline Summary Reports. p. 1–137. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022555.pdf> Acesso em: 20 mar. 2019.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *In*: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Greenbelt. [**Proceedings**]. Washington, DC: NASA, 1974. v. 3- Discipline Summary Reports. p. 309–317. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022614.pdf> Acesso em: 20 mar. 2019.

RUSSELLE, M. P. Nitrogen cycling in pasture and range. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5, p. 13–23, 1992. Disponível em: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=15&SID=1DDqRlmcldljbPNZOwd3&page=76&doc=3756. Acesso em: 20 mar. 2019.

RUSSELLE, M. P. Nitrogen cycle in pasture systems. *In*: JOOST, R. E.; ROBERTS, C. A. Â (ed.). **Nutrient cycling in forage systems**. Manhattan, Kan : PPI, [1996]. p. 125-166. Trabalhos de um simpósio realizado de 7 a 8 de março de 1996, Columbia, Missouri, US.

SANTANNA, D. M. Atividades produtivas. *In*: CHOMENKO, L.; BENKE, G. A. (org.). **Nosso Pampa desconhecido**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2016. p. 169-188. Disponível em: http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20160429181829nosso_pampa_desconhecido.pdf Acesso em: 20 de mar. 2019.

SANTOS, A. B. *et al.* Valor nutritivo de gramíneas nativas do Rio Grande do Sul/Brasil, classificadas segundo uma tipologia funcional, sob queima e pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, p. 42–47, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000200025&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 20 mar. 2019.

SHEN, M. *et al.* Influences of temperature and precipitation before the growing season on spring phenology in grasslands of the central and eastern Qinghai-Tibetan Plateau. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 151, p. 11–22, 2011.

SHINODA, M. *et al.* Phenology of mongolian grasslands and moisture conditions. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, Tokyo, v. 58, p. 359–367, 2007.

SORIANO, A. *et al.* Río de la plata grasslands. *In*: COUPLAND, R. T. (ed.). **Natural grasslands: eastern hemisphere and resumé**. [S. l.]: Elsevier, 1993. p. 367–407. (Ecosystems of the world, v 8). Disponível em: <http://www.scopus.com/scopus/inward/record.url?eid=2-s2.0-0027020277&partnerID=40>. Acesso em: 20 mar. 2019.

STONER, E. R.; BAUMGARDNER, M. F. Characteristic variations in reflectance of surface soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, p. 11-21, 1981.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Crescimento e desenvolvimento. *In*: TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiología vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. cap. 16, p. 453-491.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; OLIVEIRA, P. L. **Fisiología vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEILLET, P. M. Image correction for radiometric effects in remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 7, p. 1637–1651, 1986.

THE WORLD BANK. **Population total**. Washington, D.C., 2018. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/sp.pop.totl>. Acesso em: 20 mar. 2019.

THOMAS, R. J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science**, Oxford, UK, v. 47, p. 133-142, 1992

THORNTON, B. *et al.* The relative contribution of remobilization and root uptake in supplying nitrogen after defoliation for regrowth of laminae in four grass species. **New Physiologist**, Cambridge, v. 124, n. 4, p. 689-694, 1993.

THUROW, J. M. *et al.* Estrutura da vegetação e comportamento ingestivo de novilhos em pastagem natural do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 18–26, 2009.

TORHILL, J. C.; HARGREAVES, J. N. G.; JONES, R. M. **Botanal**: a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition: 1. Field sampling. Sta. Lucia: CSIRO-Division of Tropical Crops and Pastures, 1978. (CSIRO-Tropical Agronomy Technical. Memorandum, 8).

TRINDADE, J. K. *et al.* Daily forage intake by cattle on natural grassland: response to forage allowance and sward structure. **Rangeland Ecology and Management**, Denver, v. 69, p. 59–67, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rama.2015.10.002>.

TSCHARKE, M.; BANHAZI, T. M. A brief review of the application of machine vision in livestock behaviour analysis. **Journal of Agricultural Informatics**, Hungary, v. 7, n. 1, p. 2061–2862, 2016. Disponível em: <http://www.cabi.org/subzero.lib.uoguelph.ca/ahpc/FullTextPDF/2016/20163158367.pdf> Acesso em: 20 mar. 2019.

VANE, G.; GOETZ, A. F. H. Terrestrial imaging spectrometry: current status, future trends. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 44, p. 17–26, 1993.

VOGEL, A.; SCHERER-LORENZEN, M.; WEIGELT, A. Grassland resistance and resilience after drought depends on management intensity and species richness. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 7, p. 5-11, 2012.

WARDLE, D. A. Do experiments exploring plant diversity-ecosystem functioning relationships inform how biodiversity loss impacts natural ecosystems? **Journal of Vegetation Science**, Grangaerde, v. 27, p. 46–53, 2016.

Normas para publicação em “Journal of Photogrammetry and Remote Sensing”

Your Paper Your Way: We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

Types of paper

Submitted articles may be:

- Papers (detailed discussions involving new research, technological developments or applications)
- Review Papers (extensive state-of-the-art surveys of established or emerging topics or application areas)
- Contributions for special Journal columns (letters to the Editor about the journal or to authors commenting on previously published papers; new useful ideas and brief pertinent comments of a technical nature; editorials, mainly after an invitation by the Editorial Advisory Board)

Submission checklist: You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- 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 Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our Support Center.

Ethics in publishing: Please see our information pages on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication.

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 competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. 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.

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').

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.

Funding body agreements and policies: Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the gold open access publication fee. Details of existing agreements are available online.

Open access: This journal offers authors a choice in publishing their research:

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs.
- No open access publication fee payable by authors.
- The Author is entitled to post the accepted manuscript in their institution's repository and make this public after an embargo period (known as green Open Access). The published journal article cannot be shared publicly, for example on ResearchGate or

Academia.edu, to ensure the sustainability of peer-reviewed research in journal publications. The embargo period for this journal can be found below.

Gold open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- A gold open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For gold open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY): Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article. The gold open access publication fee for this journal is **USD 2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>. There is a **15%** discount off the open access publication fee for members of the **ISPRS**.

Green open access: Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our open access page for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. Find out more. This journal has an embargo period of 24 months.

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 WebShop.

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.

NEW SUBMISSIONS: Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process. As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or lay-out that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References: 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 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:

Zhu, Z., Woodcock, C.E., 2012. Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. *Remote Sens. Environ.* 118, 83-94.

Zhu, Z., Woodcock, C.E., Rogan, J., Kellndorfer, J., 2012. Assessment of spectral, polarimetric, temporal, and spatial dimensions for urban and peri-urban land cover classification using Landsat and SAR data. *Remote Sens. Environ.* 117, 72-82.

Formatting requirements: There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Figures and tables embedded in text: Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file. The corresponding caption should be placed directly below the figure or table.

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 two independent expert reviewers 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.

REVISED SUBMISSIONS

Use of wordprocessing software: It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor 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 wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. 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: <https://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic illustrations.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Use of word processing software: Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier). 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.

LaTeX

You are recommended to use the Elsevier article class `elsarticle.cls` to prepare your manuscript and BibTeX to generate your bibliography.

Our LaTeX site has detailed submission instructions, templates and other information.

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 lower-case 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.

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 \times 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 build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.

- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

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

Regardless of the application used, 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 the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- 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. 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.

Text graphics: Text graphics may be embedded in the text at the appropriate position. If you are working with LaTeX and have such features embedded in the text, these can be left. See further under Electronic artwork.

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.

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. This identifier will not appear in your published article. [dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <http://dx.doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

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/isprs-journal-of-photogrammetry-and-remote-sensing>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins 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 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:

Zhu, Z., Woodcock, C.E., 2012. Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. *Remote Sens. Environ.* 118, 83–94.

Zhu, Z., Woodcock, C.E., Rogan, J., Kellndorfer, J., 2012. Assessment of spectral, polarimetric, temporal, and spatial dimensions for urban and peri-urban land cover classification using Landsat and SAR data. *Remote Sens. Environ.* 117, 72–82.

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 should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples:

Reference to a journal publication:

Lee, C., Bethel, J.S., 2004. Extraction, modelling, and use of linear features for restitution of airborne hyperspectral imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 58 (5-6), 289-300.

Reference to a book:

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*, fourth ed. John Wiley & Sons Inc., New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Förstner, W., Wrobel, B., 2004. Mathematical concepts in photogrammetry. In: McGlone, J.C., Mikhail, E.M., Bethel, J., Mullen, R. (Eds.), *Manual of Photogrammetry*, fifth ed. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, MA, pp. 15-180.

Reference to a publication in the International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences:

Habib, A., Shin, S.W., Morgan, M., 2002. Automatic pose estimation of imagery using free-form control linear features. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 34 (Part 3A), 150-155.

If the publication is on CD-ROM only, replace page number by the text "(on CD-ROM)".

Reference to a publication in the ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences:

Belton, D., Moncrieff, S., Chapman, J., 2013. Processing tree point clouds using Gaussian mixture models. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 2 (5/W2), 43-48.

If the publication is on CD-ROM only, replace page number by the text "(on CD-ROM)".

References to a conference publication:

Grodecki, J., 2001. Ikonos stereo feature extraction - RPC approach. *Proc. ASPRS Annual Conference*, St. Louis, 23-27 April. 7 p. (on CDROM).

Shenkelaars, V.F., Egenhofer, M.J., 1997. Exploratory access to digital geographic libraries. In: editors (Eds.), *Proc. 13th International Symposium on Computer Assisted Cartography (Autocarto 13)*, ACSM/ASPRS, Seattle, WA, 5-10 April, pp. 297-306.

Reference to a website:

Streetmapper, 2006. *StreetMapper Mobile Mapping Using Lidar*,

<http://www.streetmapper.net>. (Accessed 23 November, 2006)

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 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.

Online proof correction: 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 Webshop. 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.

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.

Normas para publicação em “Remote Sensing of Environment”

Ethics in publishing: All papers should be original. Paragraphs or sentences from other papers should be minimized and properly cited. This also applies to previous papers by the same authors. All papers are cross-checked with Elsevier databases. Papers with similarity indices above 15% (excluding references) will likely be rejected. Details can be found in the section of "Ethics in Publishing" (see below), and a fact sheet about plagiarism can be found at: <https://www.elsevier.com/editors/perk/plagiarism-complaints>.

Legal issues: 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.

Funding body agreements and policies: Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the gold open access publication fee. Details of existing agreements are available online.

Editorial Principles

1. *RSE* is an international transdisciplinary journal focused on Innovative methods and applications of remotely sensed data.
2. Our philosophy is that authors, reviewers, and editors learn from the editing process. We can and should provide recommendation to authors to improve their papers. Therefore, all comments and suggestions throughout the review process should be respectful and constructive.
3. We treat each paper according to its own merits, regardless of country or institution of its authors.
4. We are bound by the ethical rules set by the Committee of Publications Ethics (COPE).
5. We uphold ourselves to the highest standards of editorial work. As editors we try to provide a fair and objective judgement of the quality of each paper, based on associate editors and reviewers' comments and on our experience.

Journal scope: *Remote Sensing of Environment* serves the remote sensing community with the publication of results on the theory, science, applications, and technology of remote sensing of Earth Resources and Environment. Thoroughly interdisciplinary, *RSE* publishes on terrestrial, oceanic and atmospheric sensing. The emphasis is on biophysical and quantitative approaches to remote sensing at local to global scales. Areas of interest include, but are not necessarily restricted to the following:

- Land cover mapping (forest, agriculture, rangeland, wetland, etc.)
- Land cover change detection and time series analysis
- Disturbance (fire, insect, harvest)
- Vegetation species identification and mapping
- Agriculture, crop mapping and yield prediction
- Forest and rangeland productivity and inventories
- Ecological applications (wetland, habitat, animal population, etc.)
- Urban applications (mapping, energy consumption, population, etc.)
- Radiative transfer models for vegetation and soil
- Vegetation structural parameters
- Vegetation physiological traits
- Terrestrial ecosystem productivity and carbon cycles
- Land surface reflectance and temperature (including sensor calibration studies)
- Land surface energy and water balance
- Soil properties (moisture, organic matter, texture, structure, etc.)
- Geological Applications (minerals, landslide, subsidence, geomorphology, earth quake, etc.)
- Hydrology and water resources
- Inland and coastal waters
- Atmospheric science and meteorology
- Oceanography and marine science
- Cryosphere mapping and modeling

- Snow, ice and glaciers
- Surface topography, hydrology and floods

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 an Associate editor or directly handled by the Editors. A minimum of two independent experts are asked to serve as manuscript reviewers 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.

The journal discourages repeated cycles of the review process. For this reason, whenever a paper receives major revisions, the authors should solve the main problems raised by the evaluators and assure that no additional major revision is required. If the new version does not satisfy both the reviewers and the Editor handling the manuscript, it will most probably be rejected. Similarly, when a manuscript is rejected, it will not be accepted as a new submission, unless it is explicitly stated in the Editor's decision letter.

Types of Articles

Original Research Articles: Original Research Articles describe important significant new results or methods that will advance the science or application of remote sensing. The main contribution should be the remote sensing component, rather than investigation of an environmental problem in which remote sensing data or techniques do not play a major role. Papers dealing with single study sites are welcome, although the sites should be representative of broad conditions suitable for drawing conclusions of interest to the international audience of this journal. Studies based on ground sensors or field data alone should clearly articulate a pathway to airborne or satellite sensing. All papers should include a consistent and updated literature review, as well as a discussion section where the implications of the main findings are properly presented. A statistically sound accuracy assessment or validation is a requirement of all research papers. A critical requirement of papers is that the results or methods are significant enough to be of broad interest to the research and/or applications communities.

Research articles should be limited to 15,000 words, including references and figure captions. In special cases, a request can be made for longer papers.

Review Articles: Review Articles are expected to provide a thorough review of the current state-of-the-art of an important subject, providing a synthesis of previous work beyond literature compilation. They should contribute to understanding of the topic by providing insights and perspectives on the trends, rather than focusing on individual research papers.

Review articles should be limited to 20,000 words, including references and figure captions. In special cases, a request can be made for longer papers.

Short Communications: Short Communication papers are intended to publish significant new techniques, data, or results in a timely manner where expansion to a full-length paper may cause delay of their availability to the research or user community.

Short Communications should be limited to 5,000 words, including references and figure captions.

Preparation of a manuscript

Submissions: Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files (<https://ees.elsevier.com/rse>). The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

Language (usage and editing services): Papers are to be submitted in and will be published in English. Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). To avoid unnecessary errors, you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor. 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 WebShop.

Manuscript Format: All material should be **double-spaced**, using 2.5 cm margins on all four sides of the page. Do not format the text in columns. Number the pages and **include line numbering** (use CONTINUOUS numbering - do not restart numbering on each page).

The International System (SI) of units should be used.

Paper structure: Your "Manuscript" file should include the full manuscript, including the paper title, author names, author affiliations, corresponding author information, abstract, tables, figures, and references. Place the tables and figures in the text next to the relevant text, however, do not wrap the text around the tables or figures. The table caption should appear ABOVE each table and the figure caption should appear BELOW each figure. Footnotes are discouraged.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes, and should be uploaded under the "Supplementary Data" category. Do not include this material in your "Manuscript" file. Do not include this material in your "Manuscript" file.

Flexibility of presentation is allowed, but authors are asked to arrange the subject matter clearly under headings such as Abstract, Keywords, Introduction, Methods, Results, Discussion, etc. 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.

Abstract. Provide a summary of the main objectives and findings of your paper. It is recommended to limit the abstract to 400 words.

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 \times 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.

Highlights. Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and 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). You can view example Highlights on our information site.

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

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. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case 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.

Introduction–background. Provide a framework into which your research can be classified. This should include a sound literature review on the topic of your manuscript. The introduction should answer the following questions: Why your research is important?

What has been done before? How do you plan to improve current knowledge? What are your main objectives?

Methods. Describe methods used to obtain your objectives. Keep in mind that any scientific manuscript should describe a particular research in such a way that it can be reproducible by other authors.

Discussion. You should present the implications and analysis of your results and the way the impact on the current state of knowledge. Keep in mind the international audience of RSE.

Description of author's responsibilities. A paragraph describing the tasks developed by each contributing author may be included. They should provide a brief recognition of the main responsibilities of each author.

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.

References: *In text citation.* References should be cited in the text by the name(s) of the author(s), followed by the year of publication in parentheses, e.g., Baret and Guyot (1991). When the same author and year are cited again, these references should have the year followed by (a), (b), etc. Avoid citing the references by numbers. Use the following formats:

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 should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

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 and a copy of the title page of the relevant article must be submitted.

Reference style. 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', as it is done in the main text, 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.

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.

Web references. Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003). 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. [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>.

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 and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor 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.

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/remote-sensing-of-environment) <http://open.mendeley.com/use-citation-style/remote-sensing-of-environment>
When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Figure, tables and equations: All equations, tables, and figure legends should be numbered consecutively throughout the paper using the numbering system 1, 2, 3, etc. Ensure that all tables and figures **are included in the text**, nearby where they are quoted. They should have a caption that comprises 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.

Electronic artwork

General points.

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

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. Regardless of the application used, 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 the font or save the text as 'graphics'.
TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.
TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.
TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- 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.

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.

AudioSlides: The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

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. Before submitting your article, you can deposit the relevant datasets to Mendeley Data. Please include the DOI of the deposited dataset(s) in your main manuscript file. 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 500 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.

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

Use of word processing software: Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier). 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.

Further considerations

- Assure that permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- Relevant declarations of interest have been made
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

Revised submissions: Revised submissions should include:

1. a document summarizing the changes made and a detailed response to all reviewer and editor comments;
2. a "Revised Manuscript with Changes Highlighted";
3. a "Revised Manuscript with NO Changes Highlighted"; and
4. your high resolution figure files in one of the recommended formats (eps, tiff, jpeg, and high quality pdf). **THIS IS IN ADDITION** to the version of your figures with the caption below each figure in your "Manuscript" file. Do not include the figure number and caption on the high resolution figure files. Label each figure in the DESCRIPTION box on the upload screen as "Figure 1, Figure 2, etc." Include a "LIST OF FIGURE CAPTIONS" after the References in your Manuscript file.

The authors are strongly recommended to follow the deadlines for submitting new versions of their papers: 90 days for major revisions and 30 days for minor revisions. In

case, an extraordinary situation occurs, they should contact the Editor handling their manuscript to apply for an extension.

Online proof correction: A few days after the paper is finally accepted, 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 Webshop. 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.

Open access: This journal offers authors a choice in publishing their research:

Gold open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- A gold open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution. The gold open access publication fee for this journal is USD 3800, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.
- For gold open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:
 - *Creative Commons Attribution (CC BY)*. Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and

do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

- *Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)*. For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs.
- No open access publication fee payable by authors.
- The Author is entitled to post the accepted manuscript in their institution's repository and make this public after an embargo period (known as green Open Access). The published journal article cannot be shared publicly, for example on ResearchGate or Academia.edu, to ensure the sustainability of peer-reviewed research in journal publications. The embargo period for this journal can be found below.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

Green open access: Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. Find out more. This journal has an embargo period of 24 months.

Other issues

Declaration of interest: All authors must disclose any financial and/or 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 must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. More information.

Submission declaration: 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.

Preprints: 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).

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.

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.

11 VITA

Joana Gasparotto Kuhn é filha de Maria Regina Gasparotto (*in memorium*) e de Lair Kuhn. Nasceu em 01 de setembro de 1994 (24 anos) aproximadamente às 12h05min com $\pm 3.500g$ no município de Nova Bréscia/RS (3.184 hab.), visto o município de Capitão/RS (2.751hab), local de residência de seus pais, possuir apenas posto de saúde. Possui duas irmãs, Maryhana (22 anos) e Thauhana (19 anos). Na pré-escola descobriu a criatividade e a curiosidade na Escola Estadual de Ensino Médio de Capitão. Na Escola Municipal de Ensino Fundamental de Linha Marinheira descobriu a geografia e as ciências. Na Escola de Ensino Fundamental de Linha São Luis aprendeu a acordar cedo e ter paciência. Novamente na Escola Estadual de Ensino Médio de Capitão aprendeu o gosto pela observação e a matemática. Posterior, frequentou a 8ª série na Escola Municipal Construindo o Saber, onde aprendeu sobre fronteiras, cercas e vontades. Escolas citadas todas no mesmo município, Capitão. No ensino médio (2009 – 2011) frequentou o Instituto Estadual de Educação Estrela da Manhã (IEEEM) na cidade de Estrela/RS, formação integrada com ensino de Curso Normal, antigo Magistério, ao qual não recebeu o título em função da imediata aprovação (2012) na seleção para o Curso de Bacharelado em Zootecnia na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) no Campus Dom Pedrito/RS. Em seu primeiro ano de graduação foi Bolsista Gestão Acadêmica, sob orientação da Prof Dra Nádia Bucco, e na sequência foi bolsista do Programa de Educação Tutorial, PET-Agronegócio, sob orientação do Prof Dr Cleiton Perleberg e posterior do Prof Dr José Acélio as Silveira Fontoura Júnior até o dia de sua colação. Em sua formação participou de grupos de pesquisa voltados a pecuária e agricultura inseridos na Universidade. Concluiu a graduação (2016) sem reprovações e com mais de 5.000 horas de Atividades Complementares de Graduação. Na sequência ingressou (2017) no mestrado acadêmico do Programa de Pós Graduação em Zootecnia (PPGZootecnia) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob orientação da Prof PhD Carolina Bremm, integrada ao Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo (GPEP) coordenado em conjunto pela respectiva orientadora e pelo Prof Dr. Paulo César de Faccio Carvalho, onde desenvolveu com auxílio de uma grande equipe a presente dissertação de mestrado na área de plantas forrageiras, uma parceria colaborativa com o Instituto Nacional de Investigación Agropecuária (INIA) da cidade de

Tacuarembó/Uruguaí e com Missão de Trabalho na University of Califórnia (UCDavis),
na cidade de Davis/Estados Unidos.