

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

Caroline Silveira de Lima

**USO DO NDVI PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA DE PASTAGENS
DE INVERNO NO MUNICÍPIO DE VACARIA-RS**

Santa Maria, RS
2023

Caroline Silveira de Lima

**USO DO NDVI PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA DE PASTAGENS DE INVERNO
NO MUNICÍPIO DE VACARIA-RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Concentração em Manejo de sítio específico de solo e planta, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Luís Santi

Santa Maria, RS,

2023

DE LIMA, CAROLINE
USO DO NDVI PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA DE PASTAGENS
DE INVERNO NO MUNICÍPIO DE VACARIA - RS / CAROLINE DE LIMA.-
2023.

35 p.; 30 cm

Orientador: ANTONIO LUIS SANTI

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Colégio
Politécnico, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2023

1. SENSORIAMENTO REMOTO 2. PASTAGENS DE INVERNO 3.
NDVI I. SANTI, ANTONIO LUIS II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, CAROLINE DE LIMA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Caroline Silveira de Lima

**USO DO NDVI PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA DE PASTAGENS DE INVERNO
NO MUNICÍPIO DE VACARIA-RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Concentração em Manejo de sítio específico de solo e planta, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Aprovado (a) em 28 de agosto de 2023.

Dr. Antônio Luis Santi (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Dr. André Luis Vian (UFRGS)

Dr. Marcio Eduardo Boeira Bueno (UCS)

Santa Maria, RS

2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a mim, por ser uma profissional que está sempre buscando por atualizações para melhor atender aos produtores no agronegócio.

Acredito que a ciência é a base para o conhecimento, embora nos dias de hoje, muitas vezes o fato de ser “famoso” em redes sociais tenha mais relevância.

Foram dias desafiadores, mas me considero vitoriosa por ter conseguido finalizar esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Sou grata à Deus e ao meu guia espiritual por terem me dado condições para realizar este trabalho.

Ao meu amigo Anderson, pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Antônio Luis Santi pela orientação no desenvolvimento da dissertação.

Às empresas, Falker, Sementes com Vigor, PGW Sementes, Sementes Zanotto, Plantec AP pelo fornecimento de equipamentos e sementes para a condução do experimento.

A associação APROCCIMA, pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

Sou grata a todas as pessoas que de uma forma ou outra ajudaram e me apoiaram para a conclusão desse trabalho.

Gratidão!

EPIGRAFE

*“Faça o teu melhor, na condição que você tem,
enquanto não tem condições melhores, para fazer melhor ainda.”*

Mário Sergio Cortella

*“Adquirir sabedoria é a coisa mais sábia que você pode fazer;
em tudo o mais aprenda a ter discernimento.
Se você der valor à sabedoria, ela o engrandecerá;
abraça-a, e ela o honrará.”*

Provérbios 4.7-8

RESUMO

USO DO NDVI PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA DE PASTAGENS DE INVERNO NO MUNICÍPIO DE VACARIA-RS

Autor: Caroline Silveira de Lima
Orientador: Dr. Antônio Luis Santi

A quantificação da variabilidade espacial da produção da biomassa de forrageira, índices de vegetação e propriedades do solo, pode auxiliar nas práticas de manejo de pastagens como na rotação, manejo de nutrientes e previsão de rendimento. O objetivo do presente trabalho foi estimar a biomassa de pastagens de inverno através do Índice Vegetativo da Diferença Normalizada (NDVI) obtido com sensor proximal ativo. O experimento foi conduzido a campo, safra 2019 no município de Vacaria, Rio Grande do Sul, na área experimental do Campus 2 da Universidade de Caxias do Sul. Foram realizadas avaliações semanais para acompanhamento do crescimento das pastagens, realizando-se medições da altura por meio de régua graduada e leituras de NDVI através de equipamento terrestre Flexum, Falker. Foram testados sete tratamentos, sendo eles: T1: Azevem LE 284; T2: Azevem KLM 138; T3: Azevem Winter Star; T4: Aveia IAPAR 61; T5: Aveia Suprema; T6: Aveia Milton; T7: Consórcio de aveia e azevem. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições de cada tratamento. As variáveis avaliadas foram determinação de biomassa através do índice de NDVI e altura. Os resultados demonstraram correlação linear positiva quando entre NDVI com altura. Na análise de regressão encontrou-se coeficiente de determinação R^2 de 0,3785 entre NDVI e altura. Os resultados indicaram que a utilização do índice NDVI com o sensor proximal ativo pode ser uma ferramenta promissora na estimativa de biomassa de pastagens de inverno, até o primeiro corte.

Palavras-chave: Pecuária de Precisão. Forragem. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

NDVI USE FOR ESTIMATION OF WINTER PASTURE BIOMASS IN VACARIA, RS

Author: Caroline Silveira de Lima

Advisor: Antônio Luis Santi

The quantification of the spatial variability of forage biomass production, vegetation indices and soil properties can help in pasture management practices such as rotation, nutrient management and yield forecast. The objective of the present work was to estimate the biomass of winter pastures through the Normalized Difference Vegetative Index (NDVI) obtained with an active proximal sensor. The experiment was conducted in the field, 2019 harvest in the municipality of Vacaria, Rio Grande do Sul, in the experimental area of Campus 2 of the University of Caxias do Sul. Weekly assessments were carried out to monitor pasture growth, measuring height using a graduated ruler and NDVI readings using a Flexum, Falker terrestrial equipment. Seven treatments were tested, namely: T1: Azevem LE 284; T2: Azevem KLM 138; T3: Azevem Winter Star; T4: Oat IAPAR 61; T5: Supreme Oats; T6: Milton oats; T7: Oat and ryegrass intercropping. The experimental design was in randomized blocks, with four replications of each treatment. The evaluated variables were determination of biomass through the NDVI index and height. The results showed a positive linear correlation between NDVI and height. In the regression analysis, a coefficient of determination R^2 of 0.3785 was found between NDVI and height. The results indicated that the use of the NDVI index with the active proximal sensor can be a promising tool in estimating the biomass of winter pastures, up to the first cut.

Keywords: Precision Livestock. Fodder. Remote Sensing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudos, município de Vacaria, RS.....	24
Figura 2 – Croqui do delineamento experimental com a distribuição dos sete tratamentos em quatro blocos inteiramente casualizados.....	25
Figura 3 – Régua graduada adaptada pela APROCCIMA para a aferição da altura de pastagens.....	26
Figura 4 – Altura média (cm) correlacionada ao NDVI dos tratamentos azevém LE 284 (T1), KLM 138 (T2) e Winter Star (T3); aveia preta Iapar 6 (T4), branca Suprema (T5) e branca Milton (T6) e o consórcio de azevém Winter Star x aveia branca Milton (T7) no período entre 28 de agosto e 26 de setembro de 2019.....	27
Figura 5 - Análise de regressão linear simples entre as variáveis altura e NDVI.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média, Mediana e Coeficiente de variação obtidas a partir da determinação da altura dos tratamentos azevém LE 284 (T1), KLM 138 (T2) e Winter Star (T3); aveia preta Iapar 6 (T4), branca Suprema (T5) e branca Milton (T6) e o consórcio de azevém Winter Star x aveia branca Milton (T7).....	28
---	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1.2. OBJETIVOS	16
1.2.1.Objetivo geral.....	16
1.2.2.Objetivos específicos.....	16
REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1. A CULTURA DO AZEVÉM (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)	17
2.2. AVEIA BRANCA (<i>Avena sativa</i> L.).....	18
2.3. AVEIA PRETA (<i>Avena strigosa</i>).....	18
2.4. AGRICULTURA DE PRECISÃO	19
2.5. SENSORIAMENTO REMOTO.....	21
2.6. INDICES DE VEGETAÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

INTRODUÇÃO

A atual demanda mundial por alimentos, fibras e energia exerce grande pressão sobre a atividade agropecuária, exigindo que a produção seja dada em níveis cada vez maiores. Ao mesmo tempo, a comunidade mundial tem evidenciado sua preocupação com a sustentabilidade dos sistemas de produção, passando a exigir práticas e processos produtivos cada vez mais racionais e eficazes. O atendimento dessas demandas só é possível pelo contínuo processo de aprimoramento científico e tecnológico, no qual surgem novas tecnologias, tal como a agricultura de precisão (AP). A AP consiste em um conjunto de ferramentas e de conceitos para gerenciar a variabilidade espacial de atributos do solo, da planta e do ambiente, visando à obtenção de elevadas produtividades e maior eficiência de uso de práticas e insumos. Ou seja, na AP busca-se um balanço entre a máxima produtividade das culturas e a manutenção da estabilidade econômica, possibilitando a utilização dos recursos naturais renováveis com minimização dos impactos ambientais (CORWIN; LESCH, 2003).

A AP oferece uma infinidade de benefícios potenciais em rentabilidade, produtividade, sustentabilidade, qualidade da cultura, proteção ambiental, qualidade de vida, segurança alimentar e desenvolvimento econômico rural. A AP utiliza abordagens científicas e modernas, combinadas com os conhecimentos tradicionais e tecnologias de informação para uma produção agrícola inteligente. Nesse sentido, as técnicas de sensoriamento remoto, onde as informações da lavoura são obtidas de forma não destrutiva, rápida e por vezes à distância, têm se tornado de fundamental importância na obtenção e tratamento dos dados de campo. Técnicas de sensoriamento remoto (SR) desempenham um papel importante no campo em diagnósticos como a estimativa da produtividade, avaliação nutricional, detecção de pragas e doenças, previsão do tempo e avaliação da necessidade hídrica das plantas obtidas em sítio específico. Contudo, no Brasil são raras as pesquisas que utilizam técnicas de sensoriamento remoto na análise da área foliar de pastagens (SHIRATSUCHI et al., 2014).

A pecuária de corte brasileira é uma prática desenvolvida em todos os Estados do País, tanto pode ser extensiva, onde suportam pastagens nativas e cultivadas com pouca utilização de insumos para sua fertilidade, como também intensiva a campo composta por pastagens de alta produtividade, suplementação alimentar em pasto ou em confinamento. Portanto, a atividade caracteriza-se pela predominância de uso de pastagens nativas e cultivadas (CEZAR et al.

2005).

Dentre as pastagens de inverno mais utilizadas estão o azevém e a aveia. O azevém é uma planta anual de inverno, cespitosa, que pode crescer até 1,20 m, e alcança em média 0,75 m de altura (DERPSCH; CALEGARI, 1992). Forma touceiras de 0,40 m até 1,00 m, possui colmos eretos, cilíndricos e sem pêlos. A bainha é estriada e fechada. A lígula é curta e esbranquiçada. A lâmina é estreita, glabra, de ápice agudo e de cor verde-brilhante. A inflorescência é do tipo dística, ereta, com 0,15 a 0,20 m de comprimento, com espiguetas multifloras, tendo os flósculos e lemas aristados (FONTANELI, 1993a). Protegidos pela palha encontram-se três estames e o pistilo. A aveia é uma gramínea anual de inverno. A morfologia de aveia não apresenta aurículas, além disso, a segunda flor da espiguetas de todas as cultivares de aveia muito raramente é aristada (FONTANELI, 1993b).

No Rio Grande do Sul, a pecuária de corte se destaca pela tradição da produção com base em pasto natural, contando com cerca de 90% deste, e campos melhorados ou de pastagens cultivadas (NEUMANN et al. 2006).

Entre os métodos indiretos de avaliação de massa de forragem estão o disco medidor de forragem, o bastão graduado e o medidor de capacitância (SERRANO et al., 2009).

O manejo da pastagem e o planejamento dos sistemas de produção animal são essencialmente baseados na estimativa de produção e acúmulo de biomassa. De acordo com Gomide e Gomide (2001), o desempenho animal sob pastejo é condicionado por diferentes fatores, como: genética animal e sua história prévia consumo de forragem, valor nutritivo da forragem e eficiência na conversão da forragem consumida. Ainda, segundo esses autores, os fatores que condicionam o consumo de forragem são: valor nutritivo (composição química e digestibilidade), a estrutura da forrageira e oferta de forragem. Dessa forma, o manejo de pastagens consiste em encontrar a maior eficiência entre o crescimento da forrageira, o seu consumo e sua conversão em produção animal, visando manter estável o sistema de produção (HODGSON, 1990).

Nesse contexto, Gomide e Gomide (2001) sugeriram que o manejo de pastagens deve visar à otimização da produção forrageira e o uso eficiente de uso da forragem produzida, associado ao adequado desempenho animal e à produção animal por hectare. O método padrão para estimativa da massa de forragem, baseado no corte da forragem contida numa determinada área, é um método trabalhoso e demorado, dificultando muito a utilização pelos pecuaristas

(PENATTI et al., 2005).

A quantificação da variabilidade espacial da produção da biomassa de forrageira, índices de vegetação e propriedades do solo podem auxiliar nas práticas de manejo de pastagens como na rotação, manejo de nutrientes e previsão de rendimento. Porém, a determinação manual da biomassa de forragem é trabalhosa. O sucesso das tecnologias de AP em pastagem está ligado à integração das informações fornecidas pelos vários sensores de monitoramento de planta, com sensores para solo e o entendimento da dinâmica do pastejo (BERNARDI; PEREZ, 2014).

Estas medidas, juntamente com medidas mais tradicionais (de fertilidade do solo, por exemplo) permitirá que o produtor tenha uma compreensão muito melhor do sistema pecuário e possa formular uma estratégia de manejo mais adequada (BERNARDI; PEREZ, 2014).

As ferramentas de monitoramento de índices de vegetação provavelmente são as mais comumente utilizadas e comercialmente disponíveis para uso no manejo de pastagens. Existem inclusive alguns produtos comerciais de sensoriamento remoto desenvolvido para pastagens, como por exemplo, o Pastures From Space - PFS (HILL et al., 2004), que fornece estimativas de disponibilidade de forragem e da taxa de crescimento diretamente para produtores australianos (HABOUDANE et al., 2004). Outras possibilidades referem-se ao uso do sensoriamento remoto por satélite com base, principalmente, em imagem multiespectral e hiperespectral de baixa resolução (BOSCHETTI et al., 2007; NUMATA et al., 2007; SCHELLBERG et al., 2008). Entre eles, NDVI, por ser uma ferramenta rápida e eficiente de detecção de variações na vegetação, tem sido comumente usado para avaliar a sanidade, a biomassa e o teor de nutrientes das plantas. Este índice também se correlaciona com rendimentos agrícolas. (MOCHHEIM; BARBER, 1998).

Os índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizados para estimar a biomassa de culturas e pastagens, uma vez que fornecem padrões temporais e espaciais das mudanças nos ecossistemas e tem sido útil na estimativa de parâmetros biofísicos (MOGES et al., 2004; NUMATA et al., 2007). A mensuração da reflectância espectral é a abordagem sem contato e não destrutiva mais promissora para a determinação da deficiência de nitrogênio e estimativa da biomassa das culturas (TUMBO; WAGNER; HEINEMANN, 2010). A luz vermelha é absorvida pelos pigmentos verdes (clorofila), em tecidos fotossinteticamente ativos, e, portanto, a proporção refletida varia

inversamente à quantidade de biomassa vegetal.

O NDVI, por ser uma ferramenta rápida e eficiente de detecção de variações na vegetação, é comumente usado para avaliar a sanidade, a biomassa e o teor de nutrientes das plantas. Este índice também se correlaciona com rendimentos agrícolas (MOCHHEIM; BARBER, 1998; HILL et al., 1999;).

O NDVI tem sido utilizado para mensurar a coloração verde e o tamanho do aparato fotossintético da cultura (PIETRAGALLA; VEJA, 2012). Os valores de NDVI variam em uma escala de -1 a 1, sendo que, quanto maior o seu valor, maiores são as diferenças entre a reflectância do infravermelho próximo com o vermelho, o que indica maior quantidade de clorofila e vigor de desenvolvimento e, conseqüentemente, maior o potencial produtivo das plantas (RISSINI, 2011).

Sensores portáteis de NDVI, como o GreenSeeker®, permitem rápida mensuração do NDVI in situ, com resolução para caracterizar o dossel quanto ao Índice de Área Foliar (IAF), Índice de Área Verde (IAV), biomassa e conteúdo de nutrientes (ex. nitrogênio). As avaliações podem ser utilizadas ainda, para estimar o rendimento de grãos, o acúmulo de biomassa, a taxa de crescimento, a cobertura do solo, o vigor inicial, o padrão de senescência e a detecção de estresses bióticos e abióticos. O NDVI pode ainda, servir como indicador para a tomada de decisão em AP, como a detecção e o controle localizado de plantas daninhas e a definição da dose e do momento de aplicação de nitrogênio. A maioria dos sensores portáteis de NDVI são ativos permitindo medições em diferentes condições de densidade de fluxo de radiação solar e a comparação dos dados coletados em diferentes datas e horas do dia. É importante, no entanto, para a mensuração do NDVI que a superfície das plantas esteja livre de umidade, ou seja, sem a presença de orvalho, irrigação ou chuva (PIETRAGALLA, 2012).

O conteúdo de clorofila (Chl) do dossel de uma cultura é uma variável biofísica que expressa quantitativamente a capacidade fotossintética da vegetação. Ela está relacionada a parâmetros biofísicos do dossel, como teor de nitrogênio, biomassa, coloração verde, índice de área foliar total, balanço de troca de CO₂, e radiação fotossinteticamente ativa absorvida – (GITELSON et al., 2005). Entre 50 e 70 % do N total na folha está associado a enzimas presentes nos cloroplastos por isso existe relação direta entre o teor de N e o conteúdo de clorofila (MARSCHNER, 1995). Dessa forma, as leituras de sensores oferecem rápida e estimativa não-destrutiva dos teores de clorofila nas folhas, e estas podem relacionar-se

diretamente com a produtividade de matéria seca e qualidade da forragem (SCHEPERS; SHANAHAN; LUCHIARI JUNIOR, 2000).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi estimar a biomassa de pastagens de inverno através do índice vegetativo NDVI, obtido com sensor proximal ativo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Estimar a biomassa de pastagens de forma indireta através do índice vegetativo NDVI.

1.2.2. Objetivos específicos

Avaliar um método pelo qual o NDVI possa ser calibrado para estimar a biomassa.

- Determinar se o NDVI pode ser usado para avaliar a variabilidade espacial do rendimento em pastagens extensivas.

- Determinar se o NDVI pode ser usado para gerenciar sistemas de pastoreio em termos de cálculo de forragem disponível e avaliação de taxas de lotação.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DO AZEVÉM (*Lolium multiflorum* Lam.)

O azevém anual (*Lolium multiflorum*) é uma gramínea forrageira de inverno muito utilizada em regiões temperadas e subtropicais do mundo. No Brasil, a espécie adaptou-se muito bem às condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul, com bom potencial de produção de massa de forragem e capacidade de rebrote, qualidade nutricional elevada, podendo ser também utilizada na forma de silagem e feno (PEDROSO et al., 2004). Além disso, o azevém tem alta tolerância ao pisoteio (CONFORTIN, 2009), bom vigor inicial, alta ressemeadura natural, podendo assim ser utilizado para melhoramento de pastagens naturais ou constituindo pastagens de cultivo solteiro ou consorciado (QUADROS et al., 2005).

O azevém anual (*L. multiflorum* Lam.) pertence à família Poaceae, subfamília Pooideae, tribo Poeae (WHEELER et al., 2002). Tendo sua origem na bacia do Mediterrâneo, onde posteriormente se multiplicou para a Europa e América do Norte (NELSON et al., 1997). Seu primeiro cultivo foi na Itália e devido a tal fato também recebe o nome de azevém italiano (sinonímia *L. italicum*) (BARKER et al., 2005). No sul do Brasil, o azevém é considerado entre as espécies forrageiras de clima temperado, como a que mais se destaca morfológica e nutricionalmente (RIBEIRO FILHO et al., 2009). Por ser uma espécie considerada agressiva em relação ao perfilhamento, acaba por auxiliar na proteção do solo, muito embora tenha um crescimento lento, quando comparado à aveia e ao centeio, no entanto apresenta um elevado valor nutricional, é mais rústico, tolera com mais intensidade o pisoteio dos animais e o frio (ASSMANN et al., 2008). Uma característica importante da utilização do azevém no sul do País, é devido a sua capacidade de ressemeadura natural, onde favorece ao produtor, pois não é necessária a aquisição de sementes todos os anos (COSTA et al., 2013).

Planta anual de inverno, cespitosa, que pode crescer até 1,20 m, e alcança em média 0,75 m de altura (DERPSCH; CALEGARI, 1992). Forma touceiras de 0,40 m até 1,00 m, possui colmos eretos, cilíndricos e sem pêlos. A bainha é estriada e fechada. A lígula é curta e esbranquiçada. A lâmina é estreita, glabra, de ápice agudo e de cor verde-brilhante. A inflorescência é do tipo dística, ereta, com 0,15 a 0,20 m de comprimento, com espiguetas multifloras, tendo os flósculos e lemas aristados (FONTANELI, 1993a). Protegidos pela palha encontram-se três estames e o pistilo.

2.2. AVEIA BRANCA (*Avena sativa* L.)

A aveia branca (*Avena sativa*L.) pertence ao grupo dos cereais de inverno composto por culturas que vem crescendo ao longo dos anos devido a gama de utilizações possíveis em sistemas agrícolas. A nível mundial, a aveia ocupa o sétimo lugar em relação a área de cultivo, sendo que, no panorama nacional, os maiores polos de produção dividem-se entre os estados Rio Grande do Sul e Paraná (Conab,2020). O cultivo da aveia branca destina-se principalmente ao uso na alimentação humana, animal e como cobertura do solo em sistemas de plantio direto (SPD) (Sousa, 2005). O cultivo dessa espécie juntamente com outros cereais de inverno vem ganhando espaço na agricultura brasileira devido à alta produção de biomassa quando utilizada como cobertura vegetal e em rotação de culturas como soja e milho (Castro et al. 2012).

A aveia branca é uma planta da divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida e subclasse Commelinidae, da ordem das Cyperales, família das Poaceae (ou Graminaceae) e tribo Avena. Sendo descrita como a espécie *Avena sativa* L. (CRONQUIST 1988). A descrição da espécie dada por CASTRO et al (2011), após estudos da ecofisiologia da aveia branca foi a seguinte: Em relação às características botânicas, a aveia apresenta um sistema radicular fibroso e fasciculado, com raízes seminais e adventícias. Os colmos são eretos, cilíndricos e compostos de uma série de nós e entrenós. Os nós são sólidos, ao passo que os entrenós, são cheios quando verdes e ocos quando maduros. A inflorescência é uma panícula piramidal, terminal e aberta, apresentando espiguetas contendo de um a três grãos. O impacto das limitações de fotossíntese, translocação e armazenamento varia, naturalmente, entre cultivares e condições ambientais e, em especial, com a sequência da ocorrência dessas condições durante o desenvolvimento das inflorescências e, por conseguinte, a posterior granação. Estes são processos dependentes da temperatura e da quantidade de água disponível (CASTRO, COSTA e NETO 2011).

2.3. AVEIA PRETA (*Avena strigosa*)

A aveia-preta é uma gramínea, muito rústica, exigente em água, com excelente capacidade de perfilhamento e produção de massa verde, que tem o nome científico de *Avena strigosa* Schreb. (DSMM/CATI-SP, 2015) Originária da Europa, a aveia preta é uma gramínea

cespitosa, com colmos cilíndricos, eretos e glabros ou pouco pilosos e raiz fasciculada inflorescência em panícula com glumas aristadas, e o grão é uma cariopse indeiscente encoberto pela lema e páleas. (FEROLLA, F. S, 2005). A aveia pode ser utilizada com a finalidade de cobertura do solo (viva ou morta), forragem ou produção de grãos. (FEROLLA, F. S, 2005).

Apesar de não ser muito comercializada no mercado de grãos no Brasil, a aveia-preta é muito cultivada e comercializada no ramo da alimentação de ruminantes no período de inverno, sendo uma das culturas mais importantes, já que apresenta grande rusticidade. Apesar da *Avena strigosa Schreb* ser muito rustica e não ser muito exigente no quesito solos, responde bem à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica (FEROLLA, F. S, 2005).

Originária da Europa, a aveia preta é uma gramínea cespitosa, com colmos cilíndricos, eretos e glabros ou pouco pilosos e raiz fasciculada inflorescência em panícula com glumas aristadas, e o grão é uma cariopse indeiscente encoberto pela lema e páleas. (FEROLLA, F. S, 2005). É considerada rústica e tolerante à seca, em razão do sistema radicular bastante desenvolvido, mais resistente à pragas e doenças, em comparação à aveia branca, e com elevada produção de massa de matéria seca, mesmo em solos pobres em fertilidade (CALEGARI, 2001). Segundo BAIER (1995), A época do plantio desta gramínea de inverno é a partir de março, podendo estender-se até maio em regiões mais quentes e em regiões mais frias pode ser semeada até junho.

A aveia-preta é mais rústica, possui maior capacidade de perfilhamento, panícula mais aberta e semente menor, quando comparada à branca e à amarela. É bastante resistente à incidência de ferrugem e ao ataque de pulgões. Além disso, é mais resistente à seca e menos exigente em fertilidade, sendo, portanto, mais indicada do que as outras duas espécies para uso como forrageira. (FEROLLA, F. S, 2005).

2.4. AGRICULTURA DE PRECISÃO

A atual demanda mundial por alimentos, fibras e energia exerce grande pressão sobre a atividade agropecuária, exigindo que a produção seja dada em níveis cada vez maiores. Ao mesmo tempo, a comunidade mundial tem evidenciado sua preocupação com a sustentabilidade dos processos produtivos, passando a exigir práticas e processos produtivos cada vez mais

racionais e eficazes. O atendimento dessas demandas só é possível pelo contínuo processo de aprimoramento científico e tecnológico, no qual surgem novas tecnologias, tal como a agricultura de precisão (AP), um conjunto de ferramentas e de conceitos para gerenciar a variabilidade espacial de atributos do solo, da planta e do ambiente, visando à obtenção de elevadas produtividades e maior eficiência de uso de práticas e insumos. Ou seja, na AP busca-se um balanço entre a máxima produtividade das culturas e a manutenção da estabilidade econômica, possibilitando a utilização dos recursos naturais renováveis com minimização dos impactos ambientais. (CORWIN; LESCH, 2003).

No mundo moderno, existe a necessidade, por parte de todos os setores da economia de aumentar a eficiência de suas operações para manter a competitividade. No setor agrícola, o cenário é o mesmo (TSCHIEDEL et al., 2002). Ao mesmo tempo que existe uma crescente demanda por alimentos e demais produtos provenientes da agricultura, os recursos naturais estão cada vez mais escassos, ocasionando alta de preços dos insumos e do custo de produção. Neste contexto, a produção agrícola necessita ser otimizada, buscando o máximo rendimento das culturas com menor e mais eficiente uso de insumos (MOLIN et al., 2015). A AP oferece grande quantidade de potenciais benefícios para a rentabilidade, produtividade e sustentabilidade da propriedade rural (EMBRAPA, 2014). A evolução da tecnologia proporciona aos agricultores uma nova forma de gerenciar a propriedade, com o uso de ferramentas digitais para auxiliar na tomada de decisão e no manejo das áreas de produção (TSCHIEDEL et al., 2002).

A AP como conhecemos hoje surgiu no final da década de 1980, quando microcomputadores, sensores e sistemas de rastreamento se tornaram mais acessíveis, sendo assim gerados os primeiros mapas de produtividade na Europa e as primeiras adubações em taxa variável de forma automatizada nos Estados Unidos (MOLIN et al., 2015). As ferramentas de AP, disponíveis comercialmente no exterior desde os anos 90, fornecem suporte para a administração das propriedades em várias áreas, tal como produção de grãos, horticultura, viticultura e zootecnia, como uma forma de “fazer a coisa certa, na hora certa e no local certo (VECCHIO et al., 2020).

A quantificação da variabilidade espacial da produção da biomassa de forrageira, de índices de vegetação e propriedades do solo podem auxiliar nas práticas de manejo de pastagens como na rotação, manejo de nutrientes e previsão de rendimento. Porém, a determinação manual da biomassa de forragem é trabalhosa. São apresentadas algumas novas ferramentas

que podem ser muito úteis nestas determinações. O sucesso das tecnologias de AP em pastagem está ligado à integração das informações fornecidas pelos vários sensores de monitoramento de planta, com sensores para solo e o entendimento da dinâmica do pastejo. (BERNARDI; PEREZ, 2014).

Estas medidas, juntamente com medidas mais tradicionais (de fertilidade do solo, por exemplo) permitirá que o produtor tenha uma compreensão muito melhor do sistema pecuário e possa formular uma estratégia de manejo mais adequada. Também são apresentados os aspectos da pecuária de precisão como sendo o manejo da produção animal usando os princípios e tecnologias da engenharia de processo, com uso de sensores “inteligentes”. (BERNARDI; PEREZ, 2014).

O manejo da pastagem e o planejamento dos sistemas de produção animal são essencialmente baseados na estimativa de produção e acúmulo de biomassa. De acordo com Gomide e Gomide (2001), o desempenho animal sob pastejo é condicionado por diferentes fatores, como: genética animal e sua história prévia consórcio de forragem, valor nutritivo da forragem e eficiência na conversão da forragem consumida. Ainda, segundo esses autores, os fatores que condicionam o consumo de forragem são: valor nutritivo (composição química e digestibilidade), a estrutura da forrageira e oferta de forragem. Dessa forma, o manejo de pastagens consiste em encontrar a maior eficiência entre o crescimento da forrageira, o seu consumo e sua conversão em produção animal, visando manter estável o sistema de produção (HODGSON, 1990). Nesse contexto, Gomide e Gomide (2001) sugeriram que o manejo de pastagens deve visar a otimização da produção forrageira e o uso eficiente de uso da forragem produzida, associado ao adequado desempenho animal e à produção animal por hectare. O método padrão para estimativa da massa de forragem, baseado no corte da forragem contida numa determinada área, é um método trabalhoso e demorado, dificultando muito a utilização pelos pecuaristas. (PENATTI et al., 2005).

2.5. SENSORIAMENTO REMOTO

As práticas de AP necessitam de grande quantidade de informações para que o Agrônomo tenha a capacidade de definir planos de manejo de acordo com os fatores existentes na área. Nesse sentido, as técnicas de sensoriamento remoto, onde as informações da lavoura são obtidas de forma não-destrutiva, rápida e à distância, têm se tornado de fundamental

importância na obtenção de informações (EMBRAPA, 2014). Dentre os possíveis benefícios do sensoriamento remoto para a agricultura estão levantamentos sobre culturas agrícolas instaladas em grandes áreas, mapeamento do desenvolvimento fenológico das culturas, provisão de linhas base para seguros agrícolas, estimativa de biomassa, entre outros (FORMAGGIO et al., 2017).

Os avanços obtidos com novos satélites, produzindo dados com melhor resolução espacial, espectral e temporal, permitem mapear e medir uma variedade de fatores com elevada rapidez e precisão. A disponibilidade de imagens multiespectrais de forma gratuita, como aquelas obtidas pelos satélites Landsat e Sentinel, facilita o uso destes dados por profissionais do setor agrícola (FLORENZANO, 2005).

A estimativa de biomassa por sensoriamento remoto é amplamente utilizada na agricultura de precisão. Índices de vegetação, como o NDVI, Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e IAF, são utilizados para estimar fatores de crescimento das plantas, como a área foliar, a biomassa e a porcentagem de cobertura do solo, fornecendo importantes informações para o acompanhamento da lavoura de forma remota (BORATTO et al., 2013). Os índices se beneficiam da baixa reflectância nos comprimentos de onda visíveis e da alta reflectância nos comprimentos de onda do infravermelho próximo, as quais caracterizam a assinatura espectral da vegetação (SOUZA et al., 2009). O NDVI é utilizado para mensurar a coloração verde e a área fotossintética da cultura (PIETRAGALLA; VEJA, 2012). O índice pode ser utilizado para estimar o rendimento de grãos, o acúmulo de biomassa, a taxa de crescimento, a cobertura do solo, o vigor inicial, o padrão de senescência e a detecção de estresses bióticos e abióticos, sendo amplamente utilizado no acompanhamento remoto de lavouras (PIETRAGALLA, 2012).

2.6. INDICES DE VEGETAÇÃO

Os índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizados para estimar a biomassa de culturas e pastagens, uma vez que fornecem padrões temporais e espaciais das mudanças nos ecossistemas e tem sido útil na estimativa de parâmetros biofísicos (MOGES et al., 2004; NUMATA et al., 2007). A mensuração da reflectância espectral é a abordagem sem contato e não destrutiva mais promissora para a

determinação da deficiência de nitrogênio e estimativa da biomassa das culturas (TUMBO; WAGNER; HEINEMANN, 2002). A luz vermelha é absorvida pelos pigmentos verdes (clorofila), em tecidos fotossinteticamente ativos, e, portanto, a proporção refletida varia inversamente à quantidade de biomassa vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, na safra 2019 no município de Vacaria, Rio Grande do Sul, na área experimental da Universidade de Caxias do Sul, Campus 2, sob as coordenadas, latitude 28°31'8.20"S, longitude 50°54'20.67"O e altitude de 971m, tendo solo do tipo Latossolo Bruno (SANTOS, et al. 2018) e clima temperado úmido com verão quente (KÖPPEN, 1931).

Figura 1 – Localização da área de estudos, município de Vacaria, RS.



Fonte: Google Earth, 2022.

A semeadura das espécies avaliadas no projeto aconteceu no dia 12 de julho de 2019. O experimento foi dividido em quatro blocos com área de 20 m² cada parcela de tratamento, onde cada bloco recebeu os sete tratamentos inteiramente casualizados conforme demonstrado no croqui do delineamento experimental (FIGURA 02).

Figura 2 – Croqui do delineamento experimental com a distribuição dos sete tratamentos em quatro blocos inteiramente casualizados.

□ **Tratamentos/Delineamento Experimental**

B1	B2	B3	B4
T3	T5	T2	T6
T4	T1	T5	T2
T5	T4	T7	T7
T6	T2	T1	T4
T7	T3	T6	T3
T2	T7	T4	T1
T1	T6	T3	T5

Fonte: Autora, 2019.

A semeadura das variedades de azevém e aveia foram distribuídas conforme os tratamentos: Tratamento 1: Azevém LE 284; Tratamento 2: Azevém KLM 138; Tratamento 3: Azevém Winter Star; Tratamento 4: Aveia preta Iapar 61; Tratamento 5: Aveia Branca Suprema; Tratamento 6: Aveia Branca Milton; Tratamento 7: Consórcio de Azevém Winter Star com Aveia Branca Milton

A densidade de semeadura do azevém foi de 30 kg.ha⁻¹ e da aveia 150 kg.ha⁻¹, semeadas à lanço, porém no consórcio (tratamento 7) a densidade foi de 50% de cada espécie, ou seja, 15 kg.ha⁻¹ de azevém e 75kg.ha⁻¹ de aveia.

As avaliações foram realizadas semanalmente com a determinação de altura das pastagens e quantificação de biomassa iniciaram 30 dias após a semeadura. A medição da altura das pastagens foi realizada através de régua graduada com altura ideal de cada cultura para o primeiro corte, adaptada pela Associação dos Produtores Rurais dos Campos de Cima da Serra (APROCCIMA) e leituras do NDVI através do sensor proximal - FLEXUM desenvolvido pela Falker acoplado em um quadriciclo, marca Honda. A leitura do NDVI foi realizada em ponto dentro do tratamento, onde os dados eram anotados para trabalhar com a média da leitura de cada tratamento. O primeiro corte foi realizado em 16/09/20, determinado pela régua que indica a altura ideal para entrada e retirada do gado (FIGURA 3).

Figura 3 – Régua graduada adaptada pela APROCCIMA para a aferição da altura de pastagens.



Fonte: Autora, 2019.

A produção de matéria seca por hectare foi avaliada utilizando o método do quadrado (SILVA, 2002), o qual constitui o corte da forragem dentro de área delimitada por moldura de ferro (quadrado), com tamanho de 0,5 m x 0,5 m, lançada ao acaso com três repetições. Após a colheita, o material foi pesado em balança semi-analítica da marca Bel Engineering, para determinar o peso fresco e encaminhado ao laboratório da UCS para a realização da determinação de matéria seca, onde as amostras ficaram acondicionadas em estufa com circulação e renovação de ar – SL 102 por uma semana à uma temperatura de 60°C de ar circulante. Após o corte foi realizada a simulação de pastoreio através do corte das forrageiras utilizando-se uma roçadeira à gasolina.

O segundo corte foi realizado em 09/10/2019, onde o índice apresentou valor médio de 0,5. Após 37 dias da sementeira, em 19/08/2019, foram aplicados 100 kg.ha⁻¹ de ureia a lanço que auxiliou no desenvolvimento das pastagens.

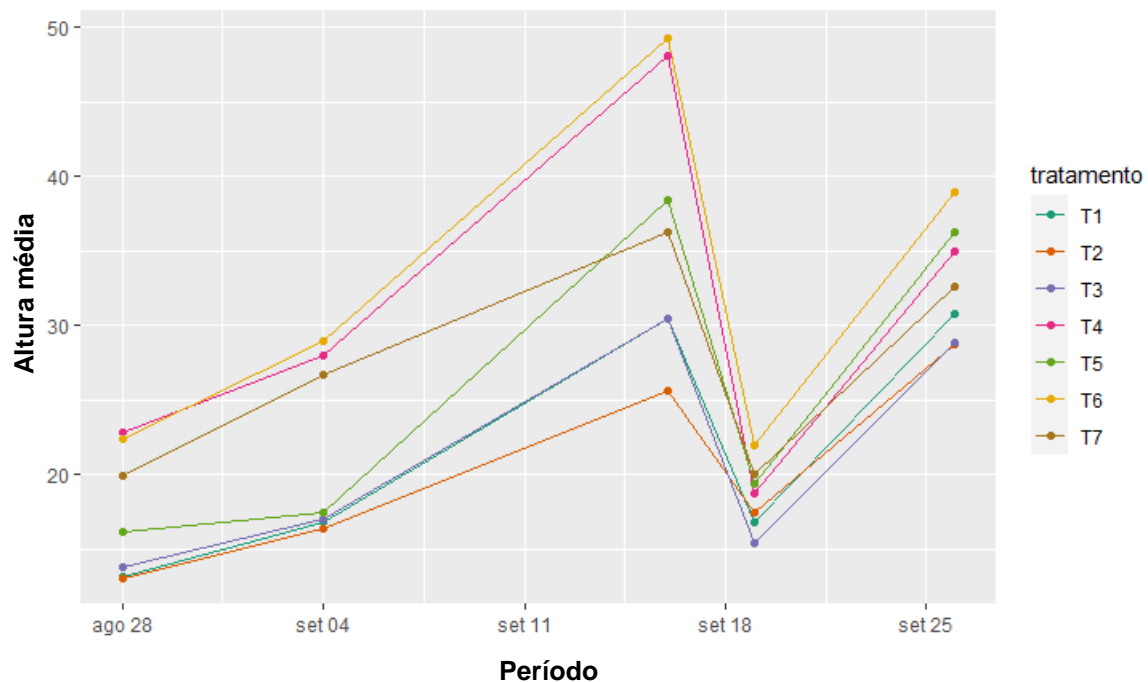
Foi realizada a Correlação de Pearson entre os valores de NDVI e altura com as médias de todos os tratamentos e também uma análise de regressão simples.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações iniciaram no dia 09/08/2019, onde apresentaram valores baixos de vegetação em todos os tratamentos, pois as plantas estavam com 28 dias de semeadura. Observou-se uma evolução no desenvolvimento das pastagens, em relação à altura das mesmas, variando de 13cm em 28/08/2019 a 49 cm (primeiro corte) em 16/09/2019.

Na Figura 4 são apresentados os valores correlacionados entre a altura (cm) e o NDVI dos sete tratamentos. Observa-se que a partir do dia 26/09/20 houve um crescimento significativo dos materiais, em função de temperatura, acima de 15°C e ocorrência de precipitação (INMET, 2020).

Figura 4 – Altura média (cm) correlacionada ao NDVI dos tratamentos azevém LE 284 (T1), azevem KLM 138 (T2) e azevem Winter Star (T3); aveia preta Iapar 6 (T4), aveia branca Suprema (T5), aveia branca Milton (T6) e o consórcio de azevém Winter Star x aveia branca Milton (T7) no período entre 28 de agosto e 26 de setembro de 2019.



Fonte: Autora, 2023.

Na Tabela 1 foram apresentados os valores obtidos da média de cada tratamento, mediana e coeficiente de variação (C.V.%). Destaca-se, que as médias de alturas são maiores nos tratamentos T4 e T6, seguidos do tratamento T7. Os tratamentos T1, T3, T4 e T6 apresentam coeficientes de variação relativamente altos (acima de 35%), o que indica uma maior dispersão dos dados em relação às suas médias. Isso sugere que esses tratamentos podem ter uma maior variabilidade na altura das observações.

Já os tratamentos T2, T5 e T7 apresentam coeficientes de variação um pouco mais baixos (entre 30% e 35%), indicando uma variabilidade relativa um pouco menor em relação às suas médias. No entanto, é importante considerar outros aspectos e contextos para uma interpretação mais completa dos coeficientes de variação. Por exemplo, pode ser necessário levar em consideração o tamanho da amostra ou a presença de fatores externos que possam influenciar a variabilidade dos dados. Por último, foi obtido um coeficiente de correlação de Pearson no valor de aproximadamente, 0,62. Resultado que sugere uma relação moderada e positiva entre as variáveis

Tabela 1 – Média, Mediana e Coeficiente de variação obtidas a partir da determinação da altura dos tratamentos azevém LE 284 (T1), azevem KLM 138 (T2); azevem Winter Star (T3); aveia preta Iapar 6 (T4), aveia branca Suprema (T5) e aveia branca Milton (T6) e o consórcio de azevém Winter Star x aveia branca Milton (T7).

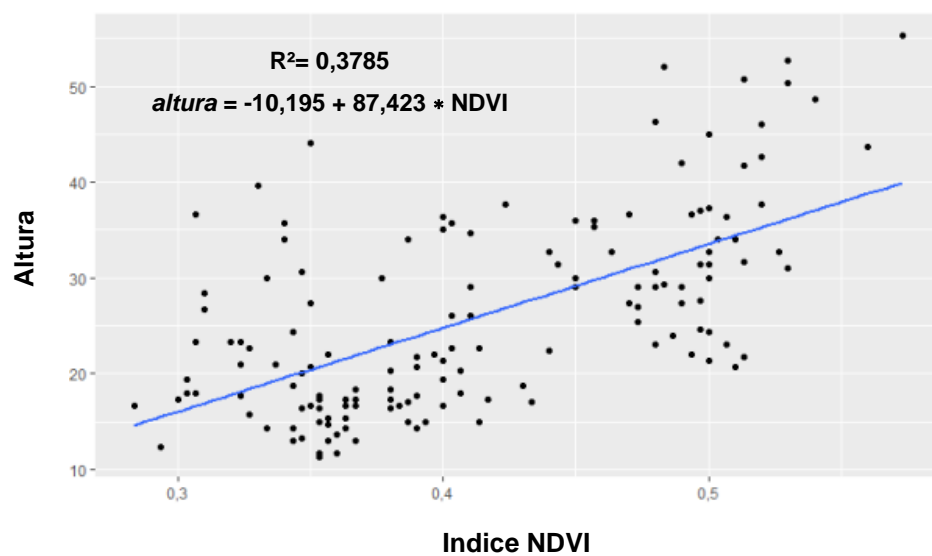
Tratamento	Média	Mediana	C.V. (%)
T1	21,6	17,8	38,6
T2	20,3	18,0	33,2
T3	21,1	17,7	37,1
T4	30,5	29,0	36,3
T5	25,5	20,2	39,8
T6	32,3	29,2	34,1
T7	29,2	28,2	30,9

Fonte: Autora, 2023.

Para a determinação dos resultados foi realizada uma análise de regressão linear simples entre a variável resposta altura e a variável preditora NDVI (FIGURA 5). Os coeficientes estimados para o modelo foram os seguintes: Intercepto com valor de -10,195 e NDVI com o valor de 80,423. Esses coeficientes representam as estimativas dos efeitos das variáveis no modelo. No caso, o coeficiente do intercepto indica o valor esperado da variável resposta

quando a variável preditora é zero. O coeficiente de NDVI indica a mudança esperada na variável resposta para cada unidade de aumento na variável preditora. O coeficiente do intercepto apresentou uma significância de 0,00974, indicando uma relação estatisticamente significativa entre o intercepto e a altura. O coeficiente de NDVI mostrou uma significância extremamente baixa ($<2,0 \times 10^{-16}$), indicando uma forte relação entre NDVI e altura. Os testes foram feitos a um nível de significância α de 5%, ou seja, $\alpha = 0,05$.

Figura 5 - Análise de regressão linear simples entre as variáveis altura e NDVI.



Fonte: Autora, 2023.

O R^2 calculado pelo modelo de regressão linear simples foi de 0,3785, ou seja, pode-se afirmar que, aproximadamente, 37,85% da variabilidade é explicada pelo modelo. Isso indica que a variável preditora NDVI tem um impacto moderado na capacidade de medição da altura média dos indivíduos. Essas informações podem ser úteis para entender a relação entre a altura e a variável NDVI na população estudada. Por fim, o modelo de regressão linear obtido foi:

$$altura = -10,195 + 87,423 * NDVI$$

Isso significa que a altura média dos indivíduos pode ser estimada usando o valor da

variável preditora NDVI. O intercepto (-10,195) representa a altura média esperada quando o NDVI é igual a zero. O coeficiente de NDVI (87,423) indica o quanto a altura média aumenta ou diminui para cada unidade de aumento em NDVI. A Figura 5 apresenta o gráfico da regressão, no qual é possível notar que o resultado obtido condiz que o relatado anteriormente, e é possível notar a relação linear entre as medidas de altura e NDVI.

Genro e Da Silveira, (2018), correlacionaram a altura com a massa seca das pastagens de azevém, festuca, capim sudão e pastagens nativas, e obtiveram coeficientes de determinação superiores a 0,88. Os resultados são semelhantes aos encontrados por Flynn et al, (2008) que estimou a massa de forragem, usando um sensor ativos móvel na festuca alta, correlacionando NDVI com a biomassa determinada por colheita destrutiva, obtendo um coeficiente de determinação de R^2 0,68.

CONCLUSÃO

A utilização de sensor proximal ativo para a determinação do NDVI em correlação com a altura das pastagens permite determinar o pastoreio rotativo possibilitando o rebrote, tornando-se uma excelente ferramenta no manejo de pastagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSMANN, A. L. SOARES, A. B; ASSMANN, T. S. Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar. Londrina: IAPAR, 2008. 49p.
- BAIER, A.C. Potencialidade do triticale no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE TRITICALE, 4. 1992. Chapecó, Anais... Chapecó: EPAGRI, 159p. (1995).**
- BARKER, W. R. Census of South Australian vascular plants. Adelaide:Botanic Gardens of Adelaide & State Herbarium, 2005. 382 p.
- BERNARDI, C. A; PEREZ, B, N. **Agricultura de Precisão em Pastagens.** Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar, v.1, p. 494, 2014.
- BOSCHETTI, M.; BOCCHI, S.; BRIVIO, P. A. Assessment of pasture production in the Italian Alps using spectrometric and remote sensing information. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 118, p. 267-272, 2007.
- CALEGARI, A. Rotação de culturas e plantas de cobertura como sustentáculo do sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Londrina, 2001. Anais. Londrina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p.241.
- CASTRO, GUSTAVO SPADOTTI AMARAL, CLAUDIO HIDEO MARTINS DA COSTA, e JAYME FERRARI NETO. “Ecofisiologia da aveia branca”. SAP – Ciencia Agraria Paranaensis , 26 de 08 de 2011: 1-6.
- CASTRO, G. S. A.,Costa, C. H. M., &Neto, J. F. (2012). Ecofisiologia da aveia branca. Scientia Agraria, 11(3), 1-15.<http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/>
- CEZAR, Ivo Martins; QUEIROZ, Haroldo Pires; S.Thiago, Luiz Roberto Lopes de; CASSALES, Fernando Luis Garagorry; COSTA, Fernando Paim. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate / Ivo Martins Cezar...** [et al.]. Campo Grande, MS : Embrapa Gado de Corte, 2005.
- Companhia Nacional de Abastecimento –CONAB. (2020).Boletim de Monitoramento Agrícola.<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/monitoramento-agricola>
- CONFORTIN, A. C. C. Dinâmica do crescimento de azevém anual submetido a diferentes intensidades de pastejo. 2009. 98p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.
- CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 3, p. 455-471, 2003.
- COSTA, O. S. D. Importância do azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) em sistema de integração lavoura-pecuária. In: III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal. Universidade de São Paulo, Anais...São Paulo, 2013.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).

DSMM/CATI-SP, 2015 -<www.cati.sp.gov.br>.

FERROLA, F. S. - Avaliação forrageira da Aveia-preta (*Avena strigosa*. Schreb.) e Triticale (*Xtriticosecale*. Wittimmack) sob corte e pastejo em diferentes épocas de plantio no Norte do Estado do Rio de Janeiro. (2005).

FONTANELI, R. S. Azevém anual. In: CURSO SOBRE ESTABELECIMENTO, UTILIZAÇÃO E MANEJO DE PLANTAS FORRAGEIRAS, 1993, Passo Fundo. **Palestras apresentadas...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993a. p. 101-109.

FONTANELI, R. S. Aveias. In: CURSO SOBRE ESTABELECIMENTO, UTILIZAÇÃO E MANEJO DE PLANTAS FORRAGEIRAS, 1993, Passo Fundo. **Palestras apresentadas...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993b. p. 89-100.

FLYNN, E. S.; DOUGHERTY, C. T.; WENDROTH, O. Assessment of pasture biomass with normalised difference vegetation index from active ground-based sensors. **Agronomy Journal**, v. 100, p. 114-121, 2008.

GENRO, Teresa Cristina Moraes; DA SILVEIRA, Márcia Cristina Teixeira. Uso da altura para ajuste de carga em pastagens. **Embrapa Pecuária Sul-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2018.

GITELSON, A. A.; VIÑA, A.; CIGANDA, V.; RUNDQUIST, D. C.; ARKEBAUER, T. J. Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. **Geophysical Research Letters**, v. 32, 2005.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. **Utilização e manejo de pastagens**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD-ROM.

HABOUDANE, J.R. Miller, et al, “**Hyperspectral Vegetation Indices and Novel Algorithms for Predicting Green LAI of Crop Canopies: Modeling and Validation in the Context of Precision Agriculture**”, *Remote Sensing of Environment*, vol. 90, pp. 337-352, 2004.

HILL, M.; DONALD, G.; VICKERY, P.; MOORE, A.; DONNELLY, J. Combining satellite data with a simulation model to describe spatial variability in pasture growth at a farm scale. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 39, p. 285-300, 1999.

HILL, M. J.; DONALD, G. E.; HYDER, M. W.; SMITH, R. C. G. Estimation of pasture growth rate in the south west of Western Australia from AVHRR NDVI and climate data. **Remote Sensing of the Environment**, v. 93, p. 528-545, 2004.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley & Sons, 1990.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. <<http://www.inmet.gov.br>>, acesso em 21/11/2020 às 16 horas.

KÖPPEN, William. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995.

MOCHHEIM, K. P.; BARBER, D. G. Canada's using NOAA NDVI data. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 24, p. 17-27, 1998.

MOGES, S. M.; RAUN, W. R.; MULLEN, R. W.; FREEMAN, K. W.; JOHNSON, G. V.; SOLIE, J. B. Evaluation of green, red and near infrared bands for predicting winter wheat biomass, nitrogen uptake and final grain yield. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, p. 1431-1441, 2004.

NELSON, L. R.; PHILLIPS, T. D.; WATSON, C. E. Plant breeding for improved production in annual ryegrass. In: ROUQUETTE, F. M.; NELSON, L. R. (Ed.). Ecology, production, and management of *Lolium* for forage in the USA. Madison: Crop Science Society of America, 1997. p. 1-14.

NEUMANN, Michel et al. **A cadeia produtiva da carne bovina: análise de formação de preços da carne bovina no Rio Grande do Sul**. Disponível em <http://www.ufrgs.br/zootecnia/nespro/Anais%20I%20Jornada/TEXTOS%20EM%20PDF/A%20c%20cadeia%20produtiva%20da%20carne%20bovina.pdf>.

NUMATA, I.; ROBERTS, D. A.; CHADWICK, O. A.; SCHIMEL, J.; SAMPAIO, F. R.; LEONIDAS, F. C.; SOARES, J. V. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, p. 314-327, 2007.

PEDROSO, C. E. S.; MEDEIROS, R.B.; da SILVA, M. A.; da JORNADA, J. B. J.; SAIBRO, J. C.; TEIXEIRA, J. R. F. Comportamento de ovinos em gestação e lactação sob pastejo em diferentes estágios fenológicos de azevém anual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 5, p. 1340-1344, 2004.

PENATI, M. A.; CORSI, M.; LIMA, C. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; DIAS, C. T. S. Número de amostras e relação dimensão: formato da moldura de amostragem para determinação da massa de forragem de gramíneas cespitosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 36-43, 2005.

PIETRAGALLA, J.; VEJA, A. M. Normalized difference vegetation index. In: PASK, A.; PIETRAGALLA, J.; MULLAN, D.; REYNOLDS, M. H. (Eds.) **Physiological Breeding II: a field guide to wheat phenotyping**. Mexico: CIMMYT, 2012. p. 37- 40.

QUADROS, F. L. F.; BANDINELLI, D. G. Efeitos da adubação nitrogenada e de sistemas de manejo sobre a morfogênese de *Lolium multiflorum* Lam. e *Paspalum urvillei* Steud. Em ambiente de várzea. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 1, p. 44-53, 2005.

RIBEIRO FILHO, H. M. N. Consumo de forragem e produção de leite de vacas em pastagem de azevém-anual com duas ofertas de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.10, p.2038-2044, 2009.

RISSINI, A. L. L. NDVI, **crecimento e produtividade de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2011.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Capítulo 10. 5ª edição. EMBRAPA, 2018

SCHELLBERG, J.; HILL, M. J.; GERHARDS, R.; ROTHMUND, M.; BRAUN, M. Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints. **European Journal of Agronomy**, v. 29, p. 59-71, 2008.

SCHEPERS, J. S.; SHANAHAN, J. F.; LUCHIARI JUNIOR, A. Precision agriculture as a tool for sustainability. In: BALAZS, E. (Ed.). Biological Resource Management. **Connecting Science and Policy**, Springer, 2000. p. 129-135.

SERRANO, J. M.; PEÇA, J.; PALMA, P. E.; CARVALHO, M. Calibração de um medidor de capacitância num projeto de agricultura de precisão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 32, p. 85-96, 2009.

SHIRATSUCHI, S. A; BRANDÃO, N.Z; VICENTE, E.L; VICTORIA, C. D; DUCATI, R.J; OLIVEIRA, P. R; VILELA, F. M; **Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão**. Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar, v.1, p. 60, 2014.

SILVA, Dirceu Jorge; QUEIROZ, Augusto Cesar de. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. Ed. Viçosa: UFV, 2002.

Sousa, P. G., DaSilva, A. A., daSilva, G. C. & Ferreira, M. S. (2005). Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia Branca em Dourados, MS. Embrapa Agropecuária Oeste, 72. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAO-2010/32761/1/DOC200572.pdf>

STARKS, P. J.; ZHAO, D.; PHILLIPS, W. A.; COLEMAN, S. W. Development of canopy reflectance algorithms for real-time prediction of Bermudagrass pasture biomass and nutritive values. **Crop Science**, v. 46, p. 27-934, 2006.

THOMAS, H. Cytogenetics of avena. In: MARSHALL, H.G.; SORRELLS, M.E. Oat science and technology. Madson: American Society of Agronomy, 1992. p. 473- 507.

TUMBO, S. D.; WAGNER, D. G.; HEINEMANN, P. H. Hyperspectral-based neural network for predicting chlorophyll status in corn. **Transactions of the ASAE**, v. 45, p. 825-832, 2002. TROTTER, M. G.; LAMB, D. W.; DONALD, G. E.; SCHNEIDER, D. A. Evaluating an active optical sensor for quantifying and mapping green herbage mass and growth in a perennial grass pasture. **Crop and Pasture Science**, v. 61, p. 389-398, 2010.

WHEELER, D. J. B.; JACOBS, S. W. L.; WHALLEY, R. D. B. Grasses of New South Wales. Armidale: University of New England Printery, 2002. 450 p.