

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CÂMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

MATHEUS LEONARDI DAMASCENO

**USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA AVALIAÇÃO DE
FORRAGEM E ENZIMAS FIBROLÍTICAS EM SUPLEMENTO PARA BOVINOS
A PASTO**

Marechal Cândido Rondon

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CÂMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

MATHEUS LEONARDI DAMASCENO

**USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA AVALIAÇÃO DE
FORRAGEM E ENZIMAS FIBROLÍTICAS EM SUPLEMENTO PARA BOVINOS
A PASTO**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em produção animal, para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Orientador: Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita

Marechal Cândido Rondon

2021

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da
Unioeste.

Damasceno, Matheus Leonardi

Uso de veículo aéreo não tripulado na avaliação de forragem
e enzimas fibrolíticas em suplemento para bovinos à pasto /
Matheus Leonardi Damasceno; orientador Eduardo Eustáquio
Mesquita; coorientador Eriton Egidio Lisboa Valente. --
Marechal Cândido Rondon, 2021.

60 p.

Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2021.

I. . I. Eustáquio Mesquita, Eduardo, orient. II. Egidio
Lisboa Valente, Eriton, coorient. III. Título.

MATHEUS LEONARDI DAMASCENO

Uso de veículo aéreo não tripulado na avaliação de forragem e enzimas fibrolíticas em suplemento para bovinos a pasto

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de "Doutor em Zootecnia", Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", Linha de Pesquisa "Produção e Nutrição de Ruminantes/Forragicultura", APROVADO pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador / Presidente – Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof.^a Dr.^a Silvana Teixeira Carvalho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof. Dr. Sidnei Antonio Lopes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) –
Campus Colorado do Oeste

Membro – Dr. Loreno Egidio Taffarel
Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR)

Marechal Cândido Rondon, 06 de outubro de 2021.



Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. EDUARDO EUSTÁQUIO MESQUITA**, declaro como **ORIENTADOR** que presidi os trabalhos de defesa à **distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese do candidato **Matheus Leonardi Damasceno**, aluno de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da Banca Examinadora, **formalizo como Orientador**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da Banca Examinadora de que o candidato foi considerado **APROVADO** na banca realizada em 06/10/2021, com o trabalho intitulado **"Uso de veículo aéreo não tripulado na avaliação de forragem e enzimas fibrolíticas em suplemento para bovinos a pasto"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Prof. Dr. EDUARDO EUSTÁQUIO MESQUITA – ORIENTADOR/PRESIDENTE
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Modelo 2 – Para orientador(a) da Banca Examinadora de Programa de Pós-graduação da UNIOESTE



Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese do candidato **Matheus Leonardi Damasceno**, aluno de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Interno**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que o candidato pode ser considerado APROVADO na banca realizada em 06/10/2021, com o trabalho intitulado **"Uso de veículo aéreo não tripulado na avaliação de forragem e enzimas fibrolíticas em suplemento para bovinos a pasto"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

O doutorando deverá realizar as correções sugeridas pelos membros da banca, as quais foram discutidas durante a defesa de Tese.

Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / Campus de Mal. Cândido Rondon
Centro de Ciências Agrárias



Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Silvana Teixeira Carvalho**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese do candidato **Matheus Leonardi Damasceno**, aluno de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Interno**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que o candidato pode ser considerado **APROVADO** na banca realizada em 06/10/2021, com o trabalho intitulado **"Uso de veículo aéreo não tripulado na avaliação de forragem e enzimas fibrolíticas em suplemento para bovinos a pasto"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Prof.^a Dr.^a Silvana Teixeira Carvalho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon
Centro de Ciências Agrárias



Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Sidnei Antonio Lopes**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese do candidato **Matheus Leonardi Damasceno**, aluno de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que o candidato pode ser considerado **APROVADO** na banca realizada em 06/10/2021, com o trabalho intitulado **"Uso de veículo aéreo não tripulado na avaliação de forragem e enzimas fibrolíticas em suplemento para bovinos a pasto"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Tese aprovada com pequenas correções

Prof. Dr. Sidnei Antonio Lopes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) –
Campus Colorado do Oeste



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Dr. Loreno Egídio Taffarel**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese do candidato **Matheus Leonardi Damasceno**, aluno de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que o candidato pode ser considerado **APROVADO** na banca realizada em 06/10/2021, com o trabalho intitulado **"Uso de veículo aéreo não tripulado na avaliação de forragem e enzimas fibrolíticas em suplemento para bovinos a pasto"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Dr. Loreno Egídio Taffarel

Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR)

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre ao meu lado me protegendo e guiando meus passos ao longo de minha vida.

Aos meus pais, Simone Leonardi e Vilmar Damasceno, e minha irmã Talita, por todo o suporte afetivo desses anos. Mesmo distante, sinto o apoio incondicional o que me deixa mais forte a cada dia.

Aos meus avós e tios que sempre me incentivaram a seguir em frente.

À minha noiva, Mariana, por todo carinho, amor, paciência e companheirismo. Sua presença tornou mais fácil a realização desta missão.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita e coorientador Prof. Dr. Ériton Egídio Lisboa Valente pela oportunidade, confiança, apoio, conselhos e ensinamentos.

À família Barbizan por toda acolhida e carinho proporcionado.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudos.

Aos membros do grupo NEAPEC (Núcleo de Estudos e Atividades em Pecuária de Corte), pela convivência e apoio no desenvolvimento de pesquisa e análises laboratoriais.

A todos os funcionários do Núcleo de Estação Experimental e ao secretário do Programa de Pós-Graduação, Paulo Morsch, por todo auxílio e dedicação.

A todos meu muito obrigado, que Deus ilumine sempre vocês!!!

USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA AVALIAÇÃO DE FORRAGEM E ENZIMAS FIBROLÍTICAS EM SUPLEMENTO PARA BOVINOS A PASTO

RESUMO: A hipótese deste estudo é que há alternativas para melhorar a utilização de forragem como alimento principal de rebanho de bovinos de corte. A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs) são ferramentas que podem auxiliar no planejamento forrageiro e as enzimas fibrolíticas podem ser utilizadas com o intuito de aumentar a digestibilidade das forrageiras. Desta maneira, o objetivo foi avaliar o uso de VANTs como ferramenta para monitoramento de forragem e o fornecimento de enzimas fibrolíticas para aumentar a digestibilidade da fibra em dietas de bovinos de corte a pasto. Para avaliação do VANT como alternativa na avaliação de forragens, foram coletadas imagens em diferentes alturas de voo e sobreposições de imagens. Estes dados posteriormente foram submetidos a análise de variância e foram criados modelos de predição. Já as enzimas fibrolíticas, foram avaliadas em bovinos de corte mantidos a pasto recebendo suplemento proteico-energético. Foram avaliadas duas enzimas fibrolíticas (β -glucanase e xilanase), sendo fornecidas tanto individual, quanto unidas formando um blend enzimático fibrolítico. Com relação aos resultados obtidos na avaliação do VANT, não foram observados efeitos da altura de voo sobre os resultados obtidos em até 72 metros. A sobreposição frontal/lateral de imagens não influencia nos resultados observados por VANT no monitoramento de forragens. Com relação ao estudo das enzimas fibrolíticas, não houve efeito sobre o consumo, digestibilidade e metabolismo de nitrogênio de bovinos mantidos a pasto recebendo suplemento proteico-energético. De fato, há alternativas para melhorar a utilização de forragens como alimento principal para bovinos de corte. A utilização de VANTs são uma excelente alternativa para auxiliar no planejamento forrageiro. No entanto, as enzimas fibrolíticas não alteram o consumo e a digestibilidade de forragem de bovinos de corte suplementados a pasto.

Palavras chave: alimento, enzimas, drone, monitoramento.

USE OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE IN THE EVALUATION OF FORAGE AND FIBROLYTIC ENZYMES IN A SUPPLEMENT FOR PASTURE CATTLE

ABSTRACT: The hypothesis of this study is that there are alternatives to improve the use of forage as the main food for beef cattle herds. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) are tools that can help in forage planning and fibrolytic enzymes can be used in order to increase the digestibility of forages. Thus, the objective was to evaluate the use of UAVs as a tool for forage monitoring and the supply of fibrolytic enzymes to increase fiber digestibility in pasture beef cattle diets. To evaluate the UAV as an alternative for forage evaluation, images were collected at different flight heights and image overlays. These data were later submitted to analysis of variance and prediction models were created. The fibrolytic enzymes were evaluated in beef cattle kept on pasture receiving protein-energy supplement. Two fibrolytic enzymes were evaluated, being supplied either individually or combined to form a fibrolytic enzyme blend. Regarding the results obtained in the evaluation of the UAV, no effects of the flight height on the results obtained in up to 72 meters were observed. Front/side image overlay does not influence the results observed by UAV in forage monitoring. Regarding the study of fibrolytic enzymes, there was no effect on the intake, digestibility and nitrogen metabolism of cattle kept on pasture receiving protein-energy supplement. In fact, there are alternatives to improve the use of forage as the main feed for beef cattle. The use of UAVs is an excellent alternative to assist in forage planning. However, fibrolytic enzymes do not alter the intake and forage digestibility of beef cattle supplemented on pasture.

Keywords: food, enzymes, drone, monitoring.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
Uso de VANTs para avaliação de pastagens	15
Aditivos na nutrição de ruminantes.....	16
Referências bibliográficas.....	20
QUAIS CARACTERÍSTICAS DO PLANO DE VOO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PODEM INFLUENCIAR NA OBTENÇÃO DE DADOS DE PASTAGENS TROPICAIS?	26
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	29
RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	41
ENZIMAS FIBROLÍTICAS PARA BOVINOS DE CORTE MANTIDOS EM PASTO TROPICAL	45
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS.....	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países produtores de carne bovina no mundo, e detém um rebanho de 221,81 milhões de cabeças, alocadas em aproximadamente 168,9 milhões de hectares, o que representa 20% da área territorial destinada a produção de bovinos (ABIEC, 2017). Contudo, estima-se que 130 milhões estejam degradados; o que possibilita prever que há espaço para melhorias na produção e utilização das pastagens (Moacyr Bernardino Dias-Filho 2014).

Desde as últimas quatro décadas, a pecuária bovina vem se modernizando e graças aos avanços tecnológicos, tanto dos sistemas de produção quanto da organização da cadeia, e tem possibilitado o aumento na produtividade em área antes consideradas improdutivas. A facilidade com que os gestores do ciclo pecuário têm tido acesso a informações e a difusão da pesquisa no campo tem possibilitado elevar os índices de produtividade, reduzir custos e fazer com que a pecuária se torne mais competitiva (Barcellos et al., 2011).

Neste contexto de melhora no cenário produtivo, a difusão de técnicas alternativas para otimizar a utilização pastagens traz benefícios ao sistema de produção. Desse modo, a otimização dos recursos forrageiros em uma propriedade, passa pela gestão da disponibilidade de forragem e maior aproveitamento de seus nutrientes via digestão.

Com relação a gestão de disponibilidade de forragem, o conhecimento da produtividade anual é uma ferramenta de grande valia, pois essa informação auxilia no planejamento nutricional do rebanho. Uma alternativa é a determinação de biomassa de forragem coletada através de veículos aéreos não tripulados (VANTs). Esta alternativa técnica tem sido utilizada devido a maior praticidade e capacidade de coletar dados de forma não destrutiva (Michez et al., 2019). Já para o melhor aproveitamento dos nutrientes da forragem, a utilização de aditivos alimentares com potencial para aumentar a degradação das fibras tem ganhado destaque entre as pesquisas. A utilização de enzimas fibrolíticas tem por finalidade a hidrólise da parede celular consequentemente disponibilizando maior quantidade de nutrientes que podem ser utilizados no processo de fermentação ruminal (Song et al.,

2017). Objetivou-se com este estudo avaliar alternativas que possam melhorar a utilização das forragens como alimento para ruminantes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uso de VANTs para avaliação de pastagens

Técnicas tradicionalmente utilizadas para determinar a disponibilidade de forragem, são baseadas no corte ou a medição da sua altura. Fato que acaba tornando esta metodologia excessivamente trabalhosa e com relativa demora para obtenção de resultados. (Lopes et al., 2000). Com isso, o uso de imagens vem se tornando uma alternativa viável para o monitoramento agrícola. Suas principais características são a capacidade de coletar informações de forma não destrutivas em grandes áreas, além de ter uma alta correlação com métodos coletados de maneira tradicional (Michez et al., 2018).

As imagens utilizadas para a realização do monitoramento remoto podem ser provenientes de satélites ou veículo aéreo não tripulado. Embora o monitoramento utilizando VANTs não apresentem uma escala de cobertura comparável à do monitoramento por satélite, a principal vantagem é ter uma maior resolução espacial e temporal, já que os voos podem ser realizados conforme a necessidade de dados (Bayma-silva et al., 2019). Além do mais, essa tecnologia oferece a possibilidade de superar problemas de cobertura de nuvens, problema frequentemente observado na utilização de monitoramento por satélite, permitindo assim a aquisição oportuna e flexível de estimativa de dados da pastagem. A alternativa no uso de VANTs para monitoramento pastagens foi investigada por Lussem et al. (2020). De acordo com os autores, a técnica é extremamente promissora, mostrando que a abordagem fotogramétrica multiespectral proposta pode fornecer estimativas precisas das pastagens e pode ser desenvolvida como uma ferramenta para aplicações práticas agrícolas.

No Brasil, a maior parte do ciclo produtivo de bovinos de corte é realizado em pastagens. Contudo, a má utilização dos recursos forrageiros devido a altas taxas de lotação (unidade animal por hectare), reflete em aumento na degradação das pastagens e menor produção por área (Moacyr Bernardino Dias-Filho, 2014; Semchechem et al., 2021). Desta maneira, o conhecimento de variáveis com a disponibilidade de pasto possibilitam que se criem recomendações para adequar a taxa de lotação e aumentar a eficiência de produção.

A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) para monitoramento remoto é uma realidade e suporta trabalhos desde campos experimentais até grandes áreas de fazendas (Ulrike Lussem et al., 2020). Na produção de bovinos de corte, sua utilização tem sido relatada como ferramenta para determinar a altura de plantas forrageiras (Batistoti et al., 2019).

Sabendo da variação na altura de forragem que compõem um ambiente de pastejo e visando em avaliar um sistema de pastejo racionado, (Michez et al., 2019), determinaram disponibilidade de forragem no período pré e pós-pastejo. Como resultados demonstram que o melhor modelo para determinar a quantidade de forragem presente era composto por altura do pasto e índices de vegetação obtidos por VANTs. Os mesmos ainda destacam que a alta correlação entre os índices de vegetação obtidos de maneira tradicional e os obtidos através de imagens de VANTs podem auxiliar na estimativa da disponibilidade de forragem.

Contudo, há uma escassez de dados científicos utilizando VANTs para estimar altura e disponibilidade de forragem de pastagens tropicais. (Batistoti et al. (2019), propuseram equações para determinar a altura e a biomassa de pastagens tropicais. A altura do dossel pode ser modelada com alta precisão em diferentes idades de rebrota usando imagens de alta resolução obtidas com um VANTs ($R^2 = 0,80$). Os modelos digitais de superfície cobrem mais detalhes do que as medições feitas com uma régua, o que dá uma altura média do dossel mais baixa por unidade experimental. Os coeficientes de determinação ($R^2 = 0,74$) e correlação (0,80) mostram que a altura do dossel obtida em imagens com VANT é um indicador adequado para a estimativa da massa de forragem.

Tendo em vista a pequena quantidade de estudos que utilizam VANTs para a avaliação de pastagens em condições tropicais, torna-se necessário o desenvolvimento de mais pesquisas para fornecer um protocolo de uso que possa servir como base no planejamento do uso das forragens no sistema de produção são necessários.

Aditivos na nutrição de ruminantes

As forragens são um dos principais alimentos utilizados na nutrição de ruminantes e sua composição pode influenciar no aproveitamento dos nutrientes. Devido ao processo evolutivo das espécies, os ruminantes desenvolveram a habilidade de digerir as fibras e

extrair delas energia para desenvolver seus processos fisiológicos. Contudo, essa digestão das fibras é sempre limitada devido a composição da parede celular. A parede celular das plantas forrageiras é constituída, principalmente por celulose e hemicelulose. Esses dois compostos são formados por moléculas simples interligadas por ligações rígidas e altamente resistentes (Van Soest, 1994). Com isso, a degradação do alimento pelos microrganismos do rúmen pode ser comprometida diminuindo a liberação de energia e proteína para os ruminantes (Church et al., 1993). Portanto, o maior volume de pesquisas envolvendo aditivos como alternativa para aumentar a digestibilidade das fibras é justificado.

As enzimas fibrolíticas são aditivos amplamente estudados na nutrição de ruminantes Avellaneda et al. (2009 e Peripolli et al. (2017 e Ran et al. (2019), e tem sido utilizados como uma alternativa para aumentar a digestibilidade das fibras. É sabido que a ação das enzimas fibrolíticas no trato gastrointestinal de ruminantes é dependente de uma série de fatores tais como, forma com que são inclusos nas dietas, tipo de enzima ou complexo enzimático utilizado e dosagens utilizadas. Contudo, sua ação é potencializada quando as enzimas formam ligações com os substratos, que as protegem da degradação ruminal e podem aumentar a digestibilidade através de diferentes mecanismos, como: hidrólise direta, melhoria da aceitabilidade, alterações na viscosidade intestinal e mudanças do local de digestão Beauchemin et al. (2003).

As dietas de ruminantes variam a proporção de fibras, dependendo do seu sistema de produção e fase do ciclo produtivo. Os alimentos mais utilizados são as forragens. Estas podem ser oferecidas frescas ou após algum processo de conservação (fenação ou ensilagem). A silagem de cana-de-açúcar é um exemplo dos volumosos mais utilizados, e devido a sua alta concentração de FDN (Aroeira et al., 2013), as enzimas fibrolíticas têm sido testada como alternativa para o aumento da digestão deste material. Gandra et al. (2017), buscando aumentar a digestibilidade em dietas de novilhas da raça Jersey consumindo silagem de cana-de-açúcar, utilizaram enzimas fibrolíticas visando um aumento na digestibilidade das dietas. Como resposta o estudo demonstrou que o uso de produto enzimático fibrolítico pode aumentar a digestibilidade da FDN e a absorção de N de dietas contendo fontes forrageiras de baixa qualidade, como a silagem de cana-de-açúcar. Esse mesmo efeito foi o único citado por Arriola et al. (2017) como possível efeito para a adição de enzimas fibrolíticas em dietas

de ruminantes. Os mesmos autores ainda citam que não são esperados efeitos sobre o consumo de nutrientes Adesogan et al. (2019).

Por outro lado, Kondratovich et al. (2019) testaram a inclusão de enzimas fibrolíticas em dietas de alta e baixa qualidade para novilhos mestiços confinados em fase de crescimento, além de testar a digestibilidade *in vitro* dos ingredientes dietéticos com e sem a inclusão do aditivo. Os alimentos volumosos eram silagem de milho, feno de alfafa, feno de talos de sorgo e fiapos de algodão. Como respostas a inclusão de enzimas foi possível observar que as enzimas fibrolíticas estimularam a ingestão dos alimentos e proporcionaram aspectos positivos para a fermentação ruminal, independente da qualidade das dietas ofertadas. Quanto a digestão *in vitro* dos ingredientes, as enzimas fibrolíticas afetaram positivamente, trazendo benefícios adicionais para o feno de talos de sorgo e para a silagem de milho.

Para avaliar efeito de enzimas fibrolíticas como alternativa no aumento da degradação ruminal da palha de cevada, Ribeiro et al. (2018) conduziram um ensaio que testou a combinação de onze diferentes enzimas fibrolíticas sobre a produção de gases e a digestibilidade *in vitro*. As enzimas avaliadas foram elas: pectinase, celobiohidrolase, endoglucanase, 1,4- β -glucanase, endo-poligalacturonase, xiloglucanase, arabinofuranosidase, arabinoxilano, alfa-arabinofuranosidase, 4- β -xilase e 1,4- β -xilase. Em conclusão, todas as enzimas selecionadas aumentaram consistentemente a produção de gás *in vitro*, o que serve como um indicativo de aumento na degradação da porção fibrosa da dieta. Contudo, apenas a enzima 1,4- β -xilase melhorou consistentemente a degradação do substrato em ambos os sistemas de cultura em lote e fermentação contínua no rúmen. Esse aumento observado na extensão da digestão da fibra pode ser indicativo de melhoras no consumo de dietas à base de volumosos de pior qualidade, o que conseqüentemente, leva a um maior desempenho animal.

Esse efeito de maior digestão da fibra pode ser explicado pelo fato de que a enzima 1,4- β -xilase pode agir sinergicamente com as enzimas ruminais e, assim, aumentando a degradação ruminal geral e a sacarificação de materiais lignocelulósicos recalcitrantes. A presença de atividades complementares em enzimas fibrolíticas exógenas que são inibidas, inativadas ou ausentes no rúmen tem sido proposta como um mecanismo para o aumento da extensão da digestão por enzimas fibrolíticas exógenas (Adesogan et al., 2014).

Contudo, quando o efeito da 1,4- β -xilanase foi testado *in vivo* sobre o consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais e metabolismo do nitrogênio por Ran et al. (2019), não foram observadas diferenças significativas para nenhum dos parâmetros avaliados, exceto uma tendência para aumento na concentração de nitrogênio amoniacal ruminal. Os mesmos autores justificam a falta de respostas sobre digestibilidade da fibra podem ter sido influenciados pelo tamanho das partículas na ração, tempo de retenção no rúmen e adaptação microbiana.

De acordo com Adesogan et al. (2014), essa inconsistência nos resultados proporcionados pelo acréscimo de enzimas fibrolíticas em dietas de ruminantes podem ser explicados pelo fato de que as enzimas podem não terem encontrado um ambiente favorável para sua ação. Algumas enzimas fibrolíticas foram criadas com outros propósitos que não a alimentação de ruminantes. Portanto, frequentemente carecem de potência e especificidade suficientes para desempenhar seu papel. Em especial, as enzimas necessitam de pH e temperatura essenciais para o que na sua grande maioria são totalmente adversos aos encontrados no ambiente ruminal. Recentemente Adesogan et al. (2019), compararam a atividade de duas enzimas fibrolíticas de cinco empresas do ramo de nutrição animal. Os testes foram realizados em temperaturas e pH diferentes. Mais de 70% das enzimas testadas apresentaram atividades ótimas em pH entre 4 e 5 e temperaturas próximas aos 50°C.

Como a grande maioria das pesquisas são conduzidas com animais confinados e recebendo forragens conservadas, não se tem relatos de efeito de enzimas fibrolíticas para ruminantes consumindo forragens frescas. Na literatura não há estudos que avaliaram a utilização de enzimas fibrolíticas para bovinos a pasto. Desta maneira, torna-se necessário o desenvolvimento de novas pesquisas buscando preencher esta lacuna.

Referências bibliográficas

- Anuário da Pecuária Brasileira (ANUALPEC). Rebanho bovino brasileiro. São Paulo: FNP, 2017. **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC)**. Sumário 2017. Disponível em: <http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>.
- ADESOGAN, A. T.; ARRIOLA, K. G.; JIANG, Y.; et al. Symposium review: Technologies for improving fiber utilization. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 6, p. 5726-5755, 2019. American Dairy Science Association. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2018-15334>>..
- ADESOGAN, A. T.; MA, Z. X.; ROMERO, J. J.; et al. Ruminant Nutrition Symposium: Improving cell wall digestion and animal performance with fibrolytic enzymes. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4513-4527, 2017. American Dairy Science Association. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-12103>>..
- ADESOGAN, A. T.; MA, Z. X.; ROMERO, J. J.; ARRIOLA, K. G. Ruminant Nutrition Symposium: Improving cell wall digestion and animal performance with fibrolytic enzymes. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 4, p. 1317-1330, 2014.
- ARRIOLA, K. G.; OLIVEIRA, A. S.; MA, Z. X.; et al. A meta-analysis on the effect of dietary application of exogenous fibrolytic enzymes on the performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4513-4527, 2017. American Dairy Science Association. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-12103>>..
- AVELLANEDA CEVALLOS, J. H.; GONZÁLEZ MUÑOZ, S. S.; PINOS RODRÍGUEZ, J. M.; et al. Enzimas fibrolíticas exógenas en la digestibilidad in vitro de cinco ecotipos de Brachiaria. **Agronomia Mesoamericana**, v. 18, n. 1, p. 11, 2006.
- AVELLANEDA, J. H.; PINOS-RODRÍGUEZ, J. M.; GONZÁLEZ, S. S.; et al. Effects of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal fermentation and digestion of Guinea grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, n. 1-2, p. 70-77, 2009.
- AZEVEDO, A. C. C. G.; COSTA, K. A. DE P.; COLLAO-SAENZ, E. A.; et al. Valor nutricional das silagens de capins Xaraes e Piatã emurchedas ou acrescidas de aditivos. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 36, n. 1, p. 25-31, 2014.
- BARETH, G.; LUSSEM, U.; MENNE, J.; HOLLBERG, J.; SCHELLBERG, J. Potential of non-calibrated uav-based rgb imagery for forage monitoring: Case study at the rengen long-term grassland experiment (rge), Germany. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, v. 42, n. 2/W13, p. 203-206, 2019.

- BATISTOTI, J.; MARCATO, J.; ÍTAVO, L.; et al. Estimating pasture biomass and canopy height in Brazilian Savanna using UAV photogrammetry. **Remote Sensing**, v. 11, n. 20, p. 1-12, 2019.
- BAYMA-SILVA, G.; GREGO, C. R.; KOENIGKAN, L. V.; et al. Protocolo de campo para investigação, calibração e validação de métodos para estimativa de massa de forragem baseados em sensoriamento remoto orbital e proximal. , v. 133, p. 30, 2019. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1117053>>. .
- BEAUCHEMIN, K. A.; RIBEIRO, G. O.; RAN, T.; et al. Recombinant fibrolytic feed enzymes and ammonia fibre expansion (AFEX) pretreatment of crop residues to improve fibre degradability in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 256, n. July, p. 114260, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114260>>.
- BEAUCHEMIN, K.; COLOMBATTO, D.; MORGAVI, D.; YANG, W. Use of Exogenous Fibrolytic Enzymes to Improve Feed Utilization by Ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 14_suppl_2, p. E37-E47, 2003.
- BRETAS, I. L.; VALENTE, D. S. M.; SILVA, F. F.; et al. Prediction of aboveground biomass and dry-matter content in brachiaria pastures by combining meteorological data and satellite imagery. **Grass and Forage Science**, , n. December 2020, p. 1-13, 2021.
- CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical chemistry**, v. 8, p. 130-132, 1962.
- CHERDTHONG, A.; SEANKAMSORN, A.; SURIYAPHA, C.; CHANJULA, P.; WANAPAT, M. Effect of beta-glucan supplementation on feed intake, digestibility of nutrients and ruminal fermentation in Thai native beef cattle. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, n. 6, p. 1509-1514, 2018.
- COLOMBATTO, D.; MOULD, F. L.; BHAT, M. K.; et al. Influence of fibrolytic enzymes on the hydrolysis and fermentation of pure cellulose and xylan by mixed ruminal microorganisms in vitro. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 4, p. 1040-1050, 2003.
- COSTA E SILVA, L. F.; VALADARES FILHO, S. C.; CHIZZOTTI, M. L.; et al. Creatinine excretion and relationship with body weight of Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 807-810, 2012.
- CRUZ, N. T.; PIRES, A. J. V.; FRIES, D. D.; et al. Fatores que afetam as características morfogênicas e estruturais de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e5410716180, 2021.
- EMBRAPA. Manejo de pastagens termos técnicos relacionados ao manejo de pastagens.

- Documentos Embrapa Gado de Corte**, v. 52, p. 1–30, 2006.
- FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Amônia (NH₃) atmosférica: Fontes, transformação, sorvedouros e métodos de análise. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 123–130, 2004.
- FIGUEIREDO, E. O.; D'OLIVEIRA, M. V. N.; LOCKS, C. J.; PAPA, D. DE A. Estimativa do Volume de Madeira em Pátios de Estocagem de Toras por meio de Câmeras RGB Instaladas em Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP). **Boletim de Pesquisa Número 9 - Embrapa**, v. d, p. 1–59, 2016. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/4779/1/Bp-023.pdf>>. .
- DA FREIRIA, L. B.; ZERVOUDAKIS, J. T.; DE PAULA, N. F.; et al. Do fibrolytic, proteolytic and amylolytic enzymes influence the in vitro fermentation characteristics of forage? **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 1143–1153, 2018.
- GANDRA, J. R.; MIRANDA, G. A.; GOES, R. H. T. B.; et al. Fibrolytic enzyme supplementation through ruminal bolus on eating behavior, nutrient digestibility and ruminal fermentation in Jersey heifers fed either corn silage- or sugarcane silage-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 231, p. 29–37, 2017. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.06.009>>. .
- GEIPEL, J.; LINK, J.; CLAUPEIN, W. Combined spectral and spatial modeling of corn yield based on aerial images and crop surface models acquired with an unmanned aircraft system. **Remote Sensing**, v. 6, n. 11, p. 10335–10355, 2014.
- GEORGE, S. K.; DIPU, M. T.; MEHRA, U. R.; et al. Improved HPLC method for the simultaneous determination of allantoin, uric acid and creatinine in cattle urine. **Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**, v. 832, n. 1, p. 134–137, 2006.
- GIL-DOCAMPO, M. L.; ARZA-GARCÍA, M.; ORTIZ-SANZ, J.; et al. Above-ground biomass estimation of arable crops using UAV-based SfM photogrammetry. **Geocarto International**, v. 35, n. 7, p. 687–699, 2020.
- GRÜNER, E.; ASTOR, T.; WACHENDORF, M. Biomass prediction of heterogeneous temperate grasslands using an SFM approach based on UAV imaging. **Agronomy**, v. 9, n. 2, 2019.
- HRISTOV, A. N.; MCALLISTER, T. A.; CHENG, K. J. Intraruminal supplementation with increasing levels of exogenous polysaccharide-degrading enzymes: Effects on nutrient digestion in cattle fed a barley grain diet. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 2, p. 477–487, 2000.
- JIANG, Q.; FANG, S.; PENG, Y.; et al. UAV-based biomass estimation for rice-combining spectral, TIN-based structural and meteorological features. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7,

2019.

JOHANSEN, K.; MORTON, M. J. L.; MALBETEAU, Y.; et al. Predicting Biomass and Yield in a Tomato Phenotyping Experiment Using UAV Imagery and Random Forest. **Frontiers in Artificial Intelligence**, v. 3, n. May, 2020.

KONDRATOVICH, L. B.; SARTURI, J. O.; HOFFMANN, C. A.; et al. Effects of dietary exogenous fibrolytic enzymes on ruminal fermentation characteristics of beef steers fed high-and low-quality growing diets. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 7, p. 3089-3102, 2019.

KRUEGER, N. A.; ADESOGAN, A. T. Effects of different mixtures of fibrolytic enzymes on digestion and fermentation of bahiagrass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, n. 1-4, p. 84-94, 2008.

LUSSEM, ULRIKE; BOLTEN, A.; MENNE, J.; et al. Estimating biomass in temperate grassland with high resolution canopy surface models from UAV-based RGB images and vegetation indices. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 13, n. 03, p. 1, 2019.

LUSSEM, U.; BOLTEN, A.; MENNE, J.; GNYP, M. L.; BARETH, G. Ultra-high spatial resolution uav-based imagery to predict biomass in temperate grasslands. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, v. 42, n. 2/W13, p. 443-447, 2019.

LUSSEM, U.; SCHELLBERG, J.; BARETH, G. Monitoring Forage Mass with Low-Cost UAV Data: Case Study at the Rengen Grassland Experiment. **PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science**, v. 88, n. 5, p. 407-422, 2020. Springer International Publishing. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s41064-020-00117-w>>. .

MAIMAITIJIANG, M.; SAGAN, V.; SIDIKE, P.; et al. Vegetation Index Weighted Canopy Volume Model (CVM VI) for soybean biomass estimation from Unmanned Aerial System-based RGB imagery. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 151, n. August 2018, p. 27 - 41, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.03.003>>. .

MCALLISTER, T. A.; HRISTOV, A. N.; BEAUCHEMIN, K. A.; RODE, L. M.; CHENG, K. J. Enzymes in ruminant diets. **Enzymes in farm animal nutrition**, p. 273-298, 2009.

MENDOZA, G. D.; LOERA-CORRAL, O.; PLATA-PÉREZ, F. X.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, P. A.; RAMÍREZ-MELLA, M. Considerations on the Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve forage utilization. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

MERTENS, D. R.; ALLEN, M.; CARMANY, J.; et al. Gravimetric determination of

- amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, 2002.
- MICHEZ, A.; BAUWENS, S.; BROSTAUX, Y.; et al. How far can consumer-grade UAV RGB imagery describe crop production? A 3D and multitemporal modeling approach applied to *Zea mays*. **Remote Sensing**, v. 10, n. 11, 2018.
- MICHEZ, A.; LEJEUNE, P.; BAUWENS, S.; et al. Mapping and monitoring of biomass and grazing in pasture with an unmanned aerial system. **Remote Sensing**, v. 11, n. 5, 2019.
- MICHEZ, A.; PHILIPPE, L.; DAVID, K.; et al. Can low-cost unmanned aerial systems describe the forage quality heterogeneity? Insight from a timothy pasture case study in southern Belgium. **Remote Sensing**, v. 12, n. 10, 2020.
- MIURA, N.; YAMADA, S.; NIWA, Y. Estimation of canopy height and biomass of *miscanthus sinensis* in semi-natural grassland using time-series uav data. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 5, n. 3, p. 497-503, 2020.
- MOACYR BERNARDINO DIAS-FILHO. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental**, v. Documentos, p. 21-43, 2014. Disponível em: <www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online>. .
- NIU, Y.; ZHANG, L.; ZHANG, H.; HAN, W.; PENG, X. Estimating above-ground biomass of maize using features derived from UAV-based RGB imagery. **Remote Sensing**, v. 11, n. 11, 2019.
- DE OLIVEIRA, F. C. L.; SANCHEZ, J. M. D.; VENDRAMINI, J. M. B.; et al. Diurnal vertical and seasonal changes in non-structural carbohydrates in Marandu palisade grass. **Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 3, p. 457-464, 2018.
- PAULINO, M. F.; ET AL. Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica econômica. **Simpósio De Produção De Gado De Corte**, 4, , n. June, p. 93-144, 2004.
- PERIPOLLI, V.; BARCELLOS, J. O. J.; PRATES, Ê. R.; et al. Additives on in vitro ruminal fermentation characteristics of rice straw. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 3, p. 240-250, 2017.
- PEZZOPANE, J. R. M.; BERNARDI, A. C. DE C.; BOSI, C.; et al. Assessment of Piatã palisadegrass forage mass in integrated livestock production systems using a proximal canopy reflectance sensor. **European Journal of Agronomy**, v. 103, n. February, p. 130-139, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.12.005>>. .
- PINOS-RODRÍGUEZ, J. M.; GONZÁLEZ, S. S.; MENDOZA, G. D.; et al. Effect of exogenous fibrolytic enzyme on ruminal fermentation and digestibility of alfalfa and rye-

- grass hay fed to lambs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 11, p. 3016-3020, 2002.
- POLEY, L. G.; LASKIN, D. N.; MCDERMID, G. J. Quantifying aboveground biomass of shrubs using spectral and structural metrics derived from UAS imagery. **Remote Sensing**, v. 12, n. 14, p. 12-14, 2020.
- POPPI, D. P.; QUIGLEY, S. P.; SILVA, T. A. C. C. DA; MCLENNAN, S. R. Challenges of beef cattle production from tropical pastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.
- PRUDKIN, G.; FABIO MARCELO BREUNIG. **DRONES E CIÊNCIA: Teoria e aplicações metodológicas**. 2019.
- QIU, Z.; XIANG, H.; MA, F.; DU, C. Qualifications of rice growth indicators optimized at different growth stages using unmanned aerial vehicle digital imagery. **Remote Sensing**, v. 12, n. 19, p. 1-18, 2020.
- RAN, T.; SALEEM, A. M.; SHEN, Y.; et al. Effects of a recombinant fibrolytic enzyme on fiber digestion, ruminal fermentation, nitrogen balance, and total tract digestibility of heifers fed a high forage diet. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 8, p. 3578-3587, 2019.
- RIBEIRO, G. O.; BADHAN, A.; HUANG, J.; et al. New recombinant fibrolytic enzymes for improved in vitro ruminal fiber degradability of barley straw. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 9, p. 3928-3942, 2018.
- SOLTAN, Y. A.; ABDALLA, A. L.; SILVA, L. R. F.; et al. Response of different tropical pasture grass species to treatments with fibrolytic enzymes in terms of in vitro ruminal nutrient degradation and methanogenesis. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v. 13, n. 3, p. 551-568, 2013.
- SONG, S. D.; CHEN, G. J.; GUO, C. H.; et al. Notable fibrolytic enzyme production by *Aspergillus* spp. isolates from the gastrointestinal tract of beef cattle fed in lignified pastures. **Animal Feed Science and Technology**, v. 12, n. March 2016, p. 114260, 2017. Elsevier B.V. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114260>>. .
- SONG, S. D.; CHEN, G. J.; GUO, C. H.; et al. Effects of exogenous fibrolytic enzyme supplementation to diets with different NFC/NDF ratios on the growth performance, nutrient digestibility and ruminal fermentation in Chinese domesticated black goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 236, n. March 2016, p. 170-177, 2018.
- THÉAU, J.; LAUZIER-HUDON, É.; AUBÉ, L.; DEVILLERS, N. Estimation of forage biomass and vegetation cover in grasslands using UAV imagery. **PLoS ONE**, v. 16, n. 1 January, p. 1-18, 2021.

VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C. DE; et al. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2565–2573, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982011001100039&lng=en&tlng=en>. .

WANG, Y.; MCALLISTER, T. A. Rumen microbes, enzymes and feed digestion-A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 15, n. 11, p. 1659–1676, 2002.

QUAIS CARACTERÍSTICAS DO PLANO DE VOO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PODEM INFLUENCIAR NA OBTENÇÃO DE DADOS DE PASTAGENS TROPICAIS?

RESUMO: Objetivou-se com este estudo avaliar o uso de VANT com diferentes alturas e sobreposição de imagens sobre as características quantitativas de forragem tropical, além de avaliar dados coletados por VANT podem compor modelos de predição de massa de forragem e índices de vegetação. O estudo contou com 16 tratamentos, os quais avaliaram dois fatores no plano de voo do VANT. O primeiro fator foi a altura de voo (18; 45; 72 e 99 metros) e o segundo, a sobreposição frontal e lateral de imagem (60x50, 70x60, 80x70 e 90x80). As médias foram submetidas a análise de variância e comparadas através do teste de

Dunnet. Foram avaliadas a correlação entre as variáveis e criados os modelos de predição. Não foram observadas interações ($P>0.05$) entre altura de voo e sobreposição de imagens frontal/lateral para as variáveis analisadas. A altura de voo do VANT não alterou ($P>0.05$) a determinação da altura da forragem e índices de vegetação, mas influenciou ($P<0.05$) na determinação do volume forragem. Com a elevação da altura de voo do VANT foi observado efeito linear decrescente ($P<0.05$) para o volume de forragem. Contudo, apenas a altura de 99 metros apresentou valores diferentes ($P<0.05$) aos do grupo controle (18 metros). A sobreposição das imagens frontal/lateral não alterou ($P>0.05$) as medidas de altura e volume de forragem e índices de vegetação. Correlações significativas foram observadas para a maioria das variáveis analisadas. Os modelos capazes de prever a massa de forragem, interceptação luminosa e índice e de área foliar apresentaram R^2 de 0.91, 0.82 e 0.86, respectivamente. A altura de voo influencia na determinação do volume de forragem, sem alterar a obtenção da altura da forragem e índices de vegetação. A sobreposição de imagens frontal/lateral não altera os resultados obtidos. Planos de voo montados com altura de até 72 metros e com uma taxa mínima de sobreposição de imagens de 70% são recomendados para avaliação de características quantitativas de forrageiras tropicais. Variáveis coletadas por VANT apresentam boa correlação com dados quantitativos de forragens tropicais e são alternativas para compor modelos de predição de índices de vegetação e dados produtivos.

Palavras-chave: Altura de voo, drone, pastagens tropicais, sobreposição de imagens.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a maior parte do ciclo produtivo de bovinos de corte é realizado em pastagens. Contudo, a má utilização dos recursos forrageiros devido a altas taxas de lotação (unidade animal por hectare), reflete em aumento na degradação das pastagens e menor produção por área (Dias et al., 2014; Semchechem et al., 2021). Desta maneira, o conhecimento de variáveis tais como a disponibilidade de pasto possibilita que se crie recomendações para adequar a taxa de lotação e aumentar a eficiência de produção.

No entanto, o monitoramento destas variáveis pode ser considerado como uma tarefa difícil. Métodos que determinam a disponibilidade de pasto são demorados, trabalhosos e

limitados quanto a representatividade (Lussem et al., 2019). Assim sendo, o monitoramento remoto de pastagens através de VANT surge como uma importante ferramenta com grande potencial para prever características quantitativas de forragens tropicais (Batistoti et al., 2019; Lussem et al., 2019).

Contudo, há fatores que compõe o plano de voo dos VANTs que podem interferir nos resultados obtidos. A altura de voo e a sobreposição de imagens são algumas delas. De acordo com Figueiredo et al., (2016), para mensurar características quantitativas como comprimento e volume de forragens tropicais, é necessário que se utilize planos de voo com alturas inferiores a 30 metros. No entanto, Lussem et al., (2019) revelam forte correlação entre dados obtidos por VANT e características quantitativas de forragem com planos de voo montados em alturas superiores a 30 metros. O que revela a possibilidade de testar uma altura máxima de voo sem que haja prejuízos nos resultados obtidos.

Com relação a sobreposições de imagens, a grande maioria dos estudos (Michez et al. 2019; 2020; Miura et al., 2020; Niu et al., 2019), utilizam alta taxa de sobreposição para garantir o processamento das imagens. Entretanto, a falta de estudos que avaliem o efeito deste fator sobre os resultados gerados por VANT, impedem que se criem recomendações para maior difusão da técnica em atividades práticas a campo.

Estudos recentes têm tentado prever a massa de forragem através de dados coletados por VANT. Em seus modelos, as principais variáveis preditoras são a altura de forragem e os índices de vegetação (Bretas et al., 2021; Jiang et al., 2019; Lussem et al., 2019). Outra opção para compor os modelos de predição seria o volume de forragem. Este é obtido pela diferença entre o modelo digital de superfície e o modelo digital de elevação do terreno e alguns estudos. (Docampo et al., 2020; Théau et al., 2021), citam que esta característica apresenta alta correlação com índices de vegetação e massa da forragem. No entanto, essa informação é pouco relatada na literatura e ainda não foi testada em forragens tropicais.

A hipótese é que fatores no plano de voo do VANT como altura e a sobreposição frontal/lateral de imagens influenciam na determinação do volume e altura de forragem. E que variáveis coletadas por VANT sejam capazes de compor modelos que predizem índices de vegetação e dados produtivos de forragem. Assim, objetivou-se avaliar o uso de VANT com diferentes alturas e sobreposição de imagens sobre as características quantitativas de

forragem tropical, além de avaliar-se dados coletados por VANT podem compor modelos de predição de massa de forragem e índices de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental Dr Alcibiades Luiz Orlando, localizada no município de Entre Rios do Oeste-PR (24°40'34" S, 54°16'38" W) (Figura 1), entre os meses de setembro a novembro de 2020. A área dedicada ao estudo foi composta por oito hectare, coberta por *Brachiaria brizanta* cv. Xaraés. O delineamento experimental utilizado foi um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4, tendo 10 unidades experimentais por tratamento.



Figura 1. Área experimental localizada no município de Entre Rios do Oeste

O estudo contou com 16 tratamentos, os quais avaliaram dois fatores no plano de voo do VANT. O primeiro fator foi a altura de voo (18; 45; 72 e 99 metros) e o segundo, a sobreposição frontal e lateral de imagem (60x50, 70x60, 80x70 e 90x80). O teste de campo

foi composto por 10 parcelas para cada tratamento, totalizando 160 parcelas de 4m². Cada parcela foi determinada como uma unidade experimental.

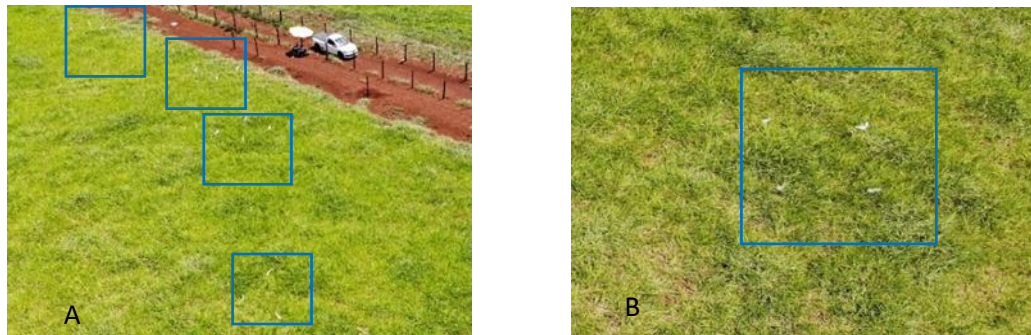


Figura 2. Áreas demarcadas representam alguma das parcelas experimentais

Coleta e processamento de imagem

Para as coletas de imagens, utilizamos um VANT (DJI Mavic Air, Shenzhen, China) equipado com uma câmera RGB de 12 megapixels, e um GNSS de navegação que permite voos automatizados. O equipamento tinha autonomia de 15 minutos de voo (Figura 3). Em um dispositivo Android foi instalado o aplicativo Drone Deploy. Neste aplicativo foram traçados os planos de voo com a altura e sobreposição de imagens de acordo com cada tratamento (Figura 3). A coletas de imagens foram realizadas sempre das 11h às 13h.

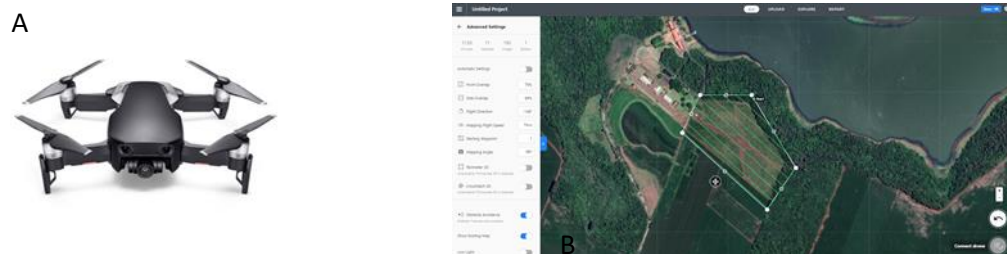


Figura 3. (A) VANT utilizado para a coleta de imagens; (B) screenshot do aplicativo utilizado para traçar os planos de voo.

Após a coleta, todas as imagens passaram por um processamento fotogramétrico de imagens digitais e modelagem espacial 3D realizados com o auxílio do software Agisoft Metashape 1.5.5 (Figura 4). O processamento foi realizado na seguinte ordem: alinhamento das fotos, formação de nuvens de pontos densos, seguidos da malha de pontos, textura dos pontos, modelo digital de elevação do terreno e por fim a formação do ortomosaico. No mesmo software foram determinadas medições da altura (cm) e o volume de forragem (m³) em cada parcela. Esses valores foram obtidos utilizando a “ferramenta” de régua e desenho de polígono respectivamente.

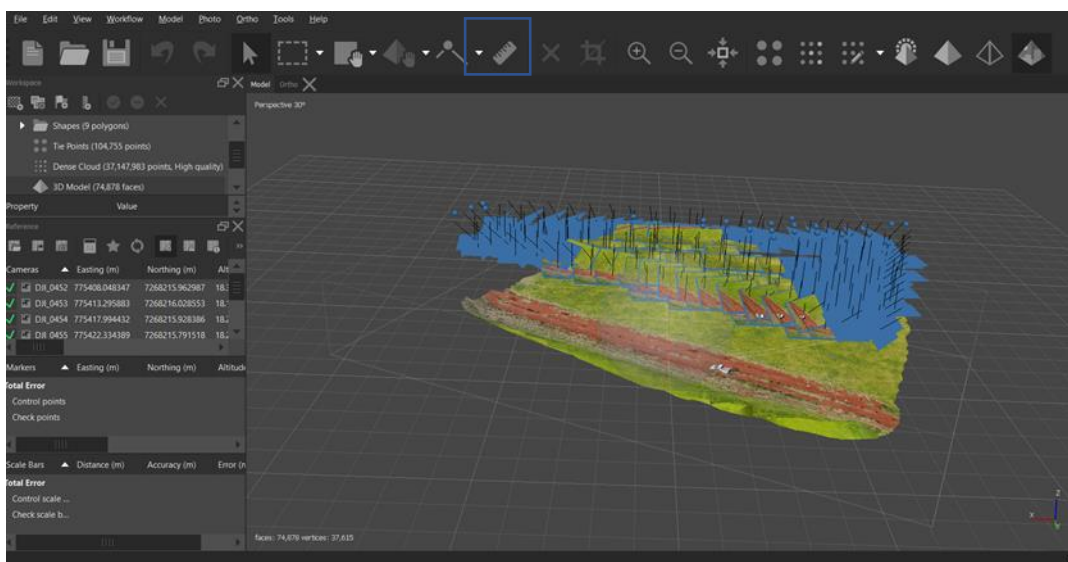


Figura 3. Screenshot do software Agisoft Metashape 1.5.5; Área selecionada representa as ferramentas utilizadas para determinar a altura e o volume de forragem.

A partir dos valores de refletância das bandas espectrais, os índices GLI (*Green Leaf Index*) e MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*) foram calculados de acordo com as equações mostradas na Tabela 1. Foi utilizado a ferramenta “calculadora raster” do software QGIS.

Tabela 1. Equações utilizadas para determinar os índices dos vegetação

GLI	$(2 \times G - R - B) / (2 \times G + R + B)$	Louhaichi et al., 2001
-----	---	------------------------

GLI: Green Leaf Index; MPRI: Modified Photochemical Reflectance Index

Uma camada vetorial para cada tratamento foi inserida na interface do software QGIS para determinar o valor médio de cada índice de vegetação dentro de cada parcela (Figura 4). O índice médio entre os pixels contidos em cada parcela foi obtido por meio da ferramenta “estatística zonal”.

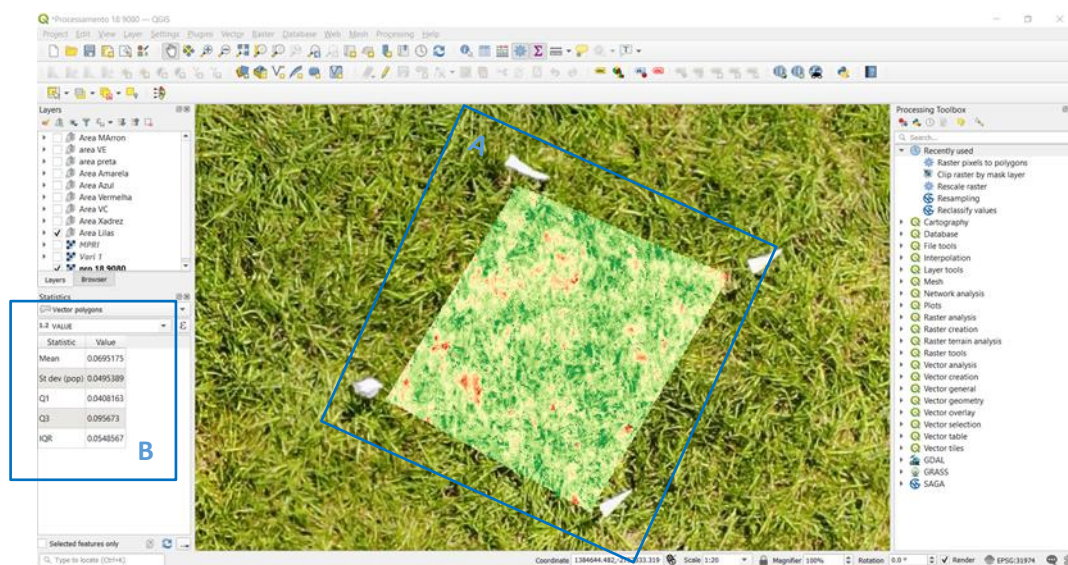


Figura 4. Screenshot do software Qgis 1.5.5; A: parcela experimental analisada; B: ferramenta ‘estatística zonal’.

Coleta de dados de campo

A obtenção de dados referentes a características quantitativas da forrageira foi realizada logo após o término da coleta de imagens. A massa de forragem foi determinada pelo corte total do material presente na área demarcada (Figura 5). Após a pesagem do material fresco, uma alíquota foi retirada, pré-seca por 55°C em 72 horas e moída em moinho faca tipo Willey em peneira de 2 mm. Posteriormente foi realizada a análise de matéria seca (MS) segundo método descrito pela AOAC (1990).



Figura 5. Corte total da massa de forragem presente em cada parcela experimental.

A altura de forragem foi obtida através da medição de dez pontos aleatórios. Foi utilizado uma régua graduada equipada com uma folha de acetato. O ponto de medida foi determinado onde a folha de acetato ficou suspensa pelo dossel da forragem (Figura 6).



Figura 6. Régua graduada equipada com uma folha de acetato.

O índice de área foliar (IAF), o ângulo foliar (AG) e a interceptação luminosa (IL), foi determinado utilizando o equipamento Plant Canopy Imager CI-100, realizando duas médias, sendo uma sob o dossel e a outra sobre o dossel (Figura 7).



Figura 7. Equipamento Plant Canopy Imager CI-100 realizando coletas de índice de área foliar, ângulo foliar e interceptação luminosa.

Os dados de volume, altura de forragem e IVs, foram utilizados para avaliar a correlação entre as características quantitativas da forragem e os dados obtidos através da interpretação das imagens. Posteriormente todos os dados foram utilizados para a calibração e validação de modelos de predição.

Análise estatística

Para avaliar a influência da altura de voo e sobreposição de imagens foi utilizado o procedimento PROC MIXED do software estatístico SAS (University Edition, 2019). O modelo estatístico conteve a altura de voo, a sobreposição de imagens e a interação dos dois fatores. As médias foram submetidas a análise de variância e comparadas através do teste de Dunnet. O tratamento com 18 metros de altura foi determinado como o grupo controle. O efeito linear ou quadrático foi determinado por meio de contrastes ortogonais.

Para avaliar a correlação entre as variáveis e criar os modelos de predição foram selecionados os dados coletados com altura de voo de até 72 metros. Para criar os modelos de predição o banco de dados foi dividido aleatoriamente em conjunto de dados de calibração ($n = 95$) e validação ($n = 24$). O conjunto de dados de calibração foi usado para realizar todas as etapas de modelagem (pré-processamento de dados, seleção de variáveis). Após todas as etapas de modelagem, o conjunto de dados de validação foi aplicado ao modelo final para prever a massa de forragem, interceptação luminosa e índice de área foliar.

Para prever a massa de forragem, interceptação luminosa e o índice de área foliar foi utilizado o método de regressão linear múltipla (RLM) com eliminação reversa, começando

com todas as variáveis e eliminando as variáveis de valor P valor mais alto até que todos tivessem valores de $P < 0,05$.

Após a seleção de variáveis, usando validação cruzada k-fold no conjunto de dados de calibração, os hiperparâmetros do modelo foram otimizados usando a função de otimização Bayesiana da biblioteca scikit-optimize (versão 0.7.4).

A precisão dos modelos de previsão foi então avaliada pela previsão das variáveis de interesse para o conjunto de dados de validação por meio do coeficiente de determinação (R^2) e raiz do erro quadrático médio (RMSE). Foi utilizado o software Python 3 (versão 3.8) para avaliar a correlação entre os dados e realizar a confecção dos modelos de predição.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Interação entre altura de voo e sobreposição de imagem

Estudos têm sido conduzidos (Docampo et al., 2020 e Niu et al., 2019) utilizando o VANT para determinar as características quantitativas das forragens devido a facilidade na obtenção de dados. Contudo, fatores como a altura de voo e a sobreposição das imagens frontal/lateral podem influenciar diretamente nos resultados.

Em nosso estudo não foram observadas interações ($P > 0,05$) entre altura de voo e sobreposição frontal/lateral de imagens para as variáveis coletadas por VANT (Tabela 2). Por este motivo, os fatores serão discutidos separadamente. A altura de voo do VANT não alterou ($P > 0,05$) a estimativa da altura de forragem e dos índices de vegetação (Tabela 2).

Entretanto, influenciou ($P < 0,05$) na determinação do volume de forragem (m^3/m^2). Com a elevação da altura de voo do VANT foi observado efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para o volume de forragem (Tabela 2). Contudo, apenas a altura de 99 metros apresentou valores diferentes ($P < 0,05$) aos do grupo controle (18 metros).

Tabela 2. Altura e volume de forragem em função da altura de voo do VANT

Alturas de voo				EPM	Contrastes	
18	45	72	99		Linear	Quadrático

Volume de forragem (m ³ /m ²)	0.20	0.18	0.18	0.12*	0.03	0.01	0.46
Altura de forragem (cm)	28.89	28.26	28.43	28.52	0.01	0.84	0.79
GLI ¹	0.22	0.23	0.23	0.24	0.06	0.07	0.51
MPRI ²	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.06	0.25

¹ Green Leaf Index; ² MPRI: Modified Photochemical Reflectance Index; ³ Médias seguidas de * diferem do tratamento controle (18 metros de altura) pelo teste de Dunnett.

Alguns estudos (Bayma-silva et al., 2019 e Johansen et al., 2020) demonstram que para determinar a altura e volume de forragem é necessário que aerolevantamentos sejam realizados em até 30 metros de altura. Por outro lado, há relatos (Poley et al., 2020) que é possível determinar características quantitativas de forragens com alturas superiores a 30 metros.

Os resultados do estudo demonstram que voos com até 72 metros não influenciam na obtenção de dados de volume de forragem. Contudo, quando utilizada uma altura superior foi observado que os valores médios caíram de 0.186 (m³/m²) para 0.120 (m³/m²). A possível causa para a redução nas médias é uma menor precisão das medidas coletadas. Docampo et al., (2020), observaram efeito semelhante quando subiram a altura de voo de 84.7 para 161.3.

As diferentes sobreposições de imagens frontal/lateral não alteraram (P>0.05) nas medidas de altura e volume de forragem e índices de vegetação (Tabela 3). Este fator dos planos de voo é responsável pela união das fotos para formar o ortomosaico. Os resultados de nosso estudo comprovam que sobreposições de imagens frontal/lateral, igual ou superior a 50x60 podem ser utilizadas sem interferências em mapeamentos aéreos. A grande maioria dos estudos (Michez et al., 2020 e Miura et al., 2020), montam seus planos de voo com uma sobreposição frontal/lateral mínima de 80%. Essa recomendação assegura que mesmo se o VANT for deslocado por rajadas de vento, esta taxa de recobrimento garante que haja qualidade no processamento das imagens.

Contudo, a montagem de planos de voo com alturas de voo mais elevadas e menores taxas de sobreposição de imagens, podem proporcionar aos aerolevantamentos, menor número de fotos capturadas e menor tempo de voo.

Tabela 3. Altura e volume de forragem em função sobreposição de imagens frontal/lateral do VANT

	Sobreposição de imagens				EPM	Contrastes	
	60x50	70x60	80x70	90x80		Linear	Quadrático
Volume de forragem (m ³ /m ²)	0.17	0.18	0.17	0.16	0.03	0.38	0.96
Altura de forragem (cm)	28.68	28.45	28.49	27.01	0.01	0.37	0.46
GLI	0.21	0.24	0.23	0.24	0.06	0.07	0.20
MPRI	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.10	0.25

¹ Green leaf index; ² Modified photochemical reflectance index; ³ Médias seguidas de * diferem do tratamento controle (18 metros de altura) pelo teste de Dunnet.

Correlação entre variáveis

Correlações significativas foram observadas para a maioria das variáveis analisadas (Figura 8). Incluindo forte correlação positiva entre altura de forragem coletada pelo VANT e a altura da forragem coletada manualmente, e correlações moderadas entre os índices de vegetação e massa de forragem (kg de MS/m²) (Figura 8).

Mesmo com o forte coeficiente de correlação ((CC) = 0.79) observado entre a altura de forragem coleta pelo VANT e manualmente, a diferença entre as medidas foi de 12 cm. Lussem et al. (2019), realizaram medições de altura de gramíneas de ciclo anual utilizando uma régua graduada e um VANT. A diferença entre as médias observadas foi de 7.3 cm. Batistoti et al., (2019), realizaram medições em gramíneas do gênero *Panicum maximum* e obtiveram diferença entre a medida do VANT e da régua graduada de 8 cm. Esse efeito de diferença entre as alturas pode ser explicado pelo fato de que durante a fase de processamento das imagens para produção de um ortomosaico, são gerados os modelos digitais de elevação (MDE) e de superfície (MDS). A medida de altura das forragens é dada pela diferença entre o MDS e MDE. Devido à alta variabilidade espacial existente em áreas de pastagens tropicais o MDS pode subestimar alturas de forragem em condições de pastagem muito heterogenia (Geipel et al. 2014).

Alguns estudos (Batistoti et al., 2019; Poley et al., 2020), relatam que os índices de vegetação MPRI e GLI são capazes de detectar a variabilidade espacial e temporal de gramíneas anuais e perenes. Contudo, nesse estudo, a heterogeneidade da forragem pode ter

influenciado os coeficientes de correlação entre os índices de vegetação e características quantitativas das forrageiras. As correlações fracas e moderadas ($CC = 0.58$ e 0.40) podem ser explicadas devido a considerável variação de densidades de plantas, estágio vegetativo e cobertura de solo existentes em áreas de pastagem tropical (Grüner et al., 2019). Então, estes fatores acabam influenciando na determinação de índices de vegetação.

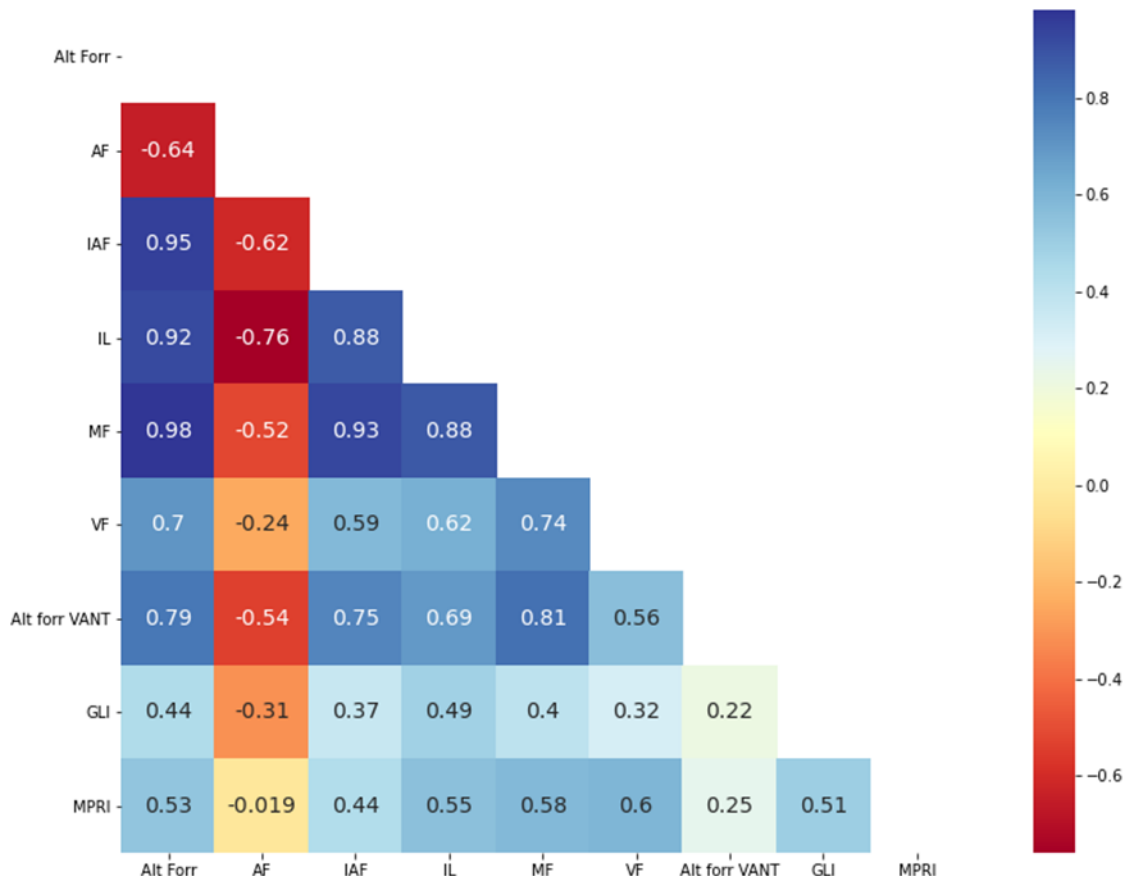


Figura 8. Mapa de correlação de Pearson entre as variáveis.

Alt forr: altura de forragem; AF: ângulo foliar; IAF: índice de área foliar; IL: interceptação luminosa; MF: massa de forragem; VM: volume de forragem; Alt forr VANT: altura de forragem coletada por VANT; GLI: Green Leaf Index; MPRI: Modified Photochemical Reflectance Index

Modelos de predição

A criação do modelo para prever a massa de forragem (kg de MS/m^2) utilizou como variáveis predictoras, o volume e a altura de forragem coletados por VANT juntamente com o índice de vegetação MPRI (Tabela 4). Demonstrou boa acurácia, apresentando R^2 e RMSE para os dados de validação de 0.91 e 3%, respectivamente (Figura 9).

A utilização de imagens obtidas por satélites ou VANT tem sido uma ferramenta de muitos estudos (Bretas et al. 2021; Lussem et al. 2020), que realizam a elaboração de modelos de predição da massa de forragem. Grande parte destes modelos gerados utilizam como variáveis predictoras os índices de vegetação Bareth et al. (2019 e Poley et al. (2020 e Qiu et al. (2020) e a altura do dossel forrageiro. De acordo com Batistoti et al., (2019) a altura do dossel forrageiro é um indicador adequado para estimativas de massa de forragem.

Contudo, nesse estudo, a utilização da variável volume de forragem como variável preditora proporcionou uma boa capacidade de previsão. Os resultados corroboram com os encontrados de Théau et al. (2021) que quando utilizaram o volume de forragem no modelo de predição tiveram um R^2 superior 0.80 e RMSE inferior a 10%.

Além do modelo para a predição da massa de forragem, o estudo buscou criar modelos que fornecessem informações sobre características fotossintéticas e arquitetônicas do pasto. Estes dados são informações complementares a massa de forragem que pode auxiliar na tomada de decisão. De acordo com Pezzopane et al. (2019), a predição de características como a interceptação luminosa e o índice de área foliar são úteis, pois estão ligados a capacidade de suporte da pastagem, densidade de lotação e frequência de desfolha. Tendo em vista que os equipamentos que determinam essas características estruturais das plantas são de alto investimento, a obtenção destes dados com VANT torna-se uma alternativa.

Tabela 4. Equações de predição de características quantitativas de forragens tropicais

Variável	Modelos de predição	R^2	RMSE
Massa de Forragem	$Y=0.1702 + 1.1305 \times \text{Vol de forr} + 0.0205 \times \text{Alt forr} + 4.1003 \times \text{MPRI}$	0.91	3.00%
Interceptação Luminosa	$Y= 18.72 + 0.9999 \times \text{Alt forr} + 63.05 \times \text{GLI} + 232.42 \times \text{MPRI}$	0.82	7,46%
Índice de área foliar	$Y = -0.8043 + 0.0727 \times \text{Alt forr} + 11.75 \times \text{MPRI}$	0.86	8.96%

Massa de Forragem = massa de forragem em kg de MS/m²; Interceptação Luminosa = interceptação luminosa em porcentagem; Índice de área foliar = Índice de área foliar em m²/m²; Vol de forr = volume de forragem coletado pelo VANT; Alt forr = Altura de forragem coletada pelo VANT;

A interceptação luminosa, foi predita através de variáveis como a altura da forragem coletada pelo VANT e os índices de vegetação, GLI e MPRI (Tabela 4). O modelo demonstrou uma acurácia intermediária, com R^2 de 0.82 e RMSE de 7.46 % para os dados de validação (Figura 9). Não há informações sobre modelos que predizem a interceptação luminosa em pastagens tropicais. A predição desta variável é de extrema importância, pois uma planta forrageira acumula principalmente folhas até atingir 95% de interceptação luminosa. Após este momento, o acúmulo de colmos e material morto se acentua, enquanto a produção de folhas diminui Cruz et al. (2021).

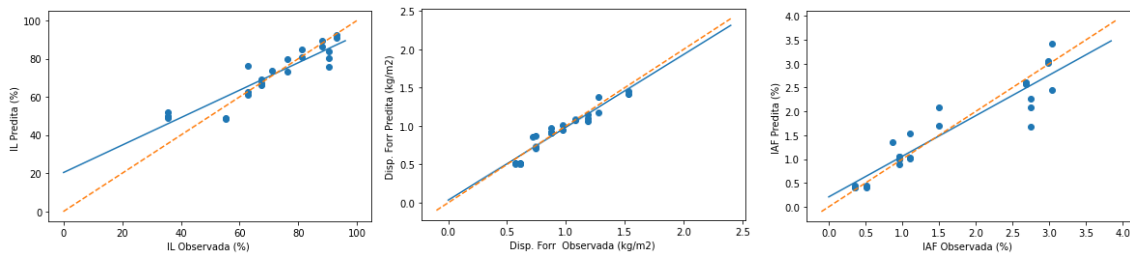


Figura 9. Validação dos modelos para predição (IL) interceptação luminosa, (MF) massa de forragem, (IAF) índice de área foliar

Para a predição do índice e de área foliar as variáveis predictoras foram a altura de forragem coletada pelo VANT e o índice de vegetação MPRI (Tabela 4). A acurácia do modelo foi intermediária, com o R^2 de 0.86 e o RMSE de 8.96 % para os dados de validação (Figura 9). Os resultados foram similares aos encontrados por Pezzopane et al. (2019) que obtiveram R^2 e o RMSE respectivamente 0.90 e 17 % respectivamente.

CONCLUSÃO

A altura de voo influencia na determinação do volume de forragem, sem alterar a obtenção da altura da forragem e índices de vegetação. A sobreposição de imagens frontal/lateral não altera os resultados obtidos. Planos de voo montados com altura de até 72

metros e com uma taxa mínima de sobreposição de imagens de 70% são recomendados para avaliação de características quantitativas de forrageiras tropicais. Variáveis coletadas por VANT apresentam boa correlação com dados quantitativos de forragens tropicais e são alternativa para compor modelos de predição de índices de vegetação e dados produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AOAC, O. (1990). *Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- BRITO, J. L. S., FERREIRA, L. G., SILVA, J. R., & ARANTES, A. E. Utilização de imagens aéreas de um Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) para estimativa de cobertura verde das pastagens cultivadas em duas áreas experimentais no município de Uberlândia-MG. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 1, 1360-1367. (2015).
- BARETH, G.; LUSSEM, U.; MENNE, J.; HOLLBERG, J.; SCHELLBERG, J. Potential of non-calibrated uav-based rgb imagery for forage monitoring: Case study at the rengen long-term grassland experiment (rge), Germany. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, v. 42, n. 2/W13, p. 203–206, 2019.
- BATISTOTI, J.; MARCATO, J.; ÍTAVO, L.; et al. Estimating pasture biomass and canopy height in Brazilian Savanna using UAV photogrammetry. **Remote Sensing**, v. 11, n. 20, p. 1–12, 2019.
- BAYMA-SILVA, G.; GREGO, C. R.; KOENIGKAN, L. V.; et al. Protocolo de campo para investigação, calibração e validação de métodos para estimativa de massa de forragem baseados em sensoriamento remoto orbital e proximal. , v. 133, p. 30, 2019. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1117053>>.
- BRETAS, I. L.; VALENTE, D. S. M.; SILVA, F. F.; et al. Prediction of aboveground biomass and dry-matter content in brachiaria pastures by combining meteorological data and satellite imagery. **Grass and Forage Science**, , n. December 2020, p. 1–13, 2021.
- CRUZ, N. T.; PIRES, A. J. V.; FRIES, D. D.; et al. Fatores que afetam as características morfogênicas e estruturais de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e5410716180, 2021.
- DA SILVA, G. B. S., GREGO, C., KOENIGKAN, L., NOGUEIRA, S., PEZZOPANE, J., DOS SANTOS, R. C., ... & TAKEMURA, C. (2019). Protocolo de campo para investigação, calibração e validação de métodos para estimativa de massa de forragem

baseados em sensoriamento remoto orbital e proximal. **Embrapa Informática Agropecuária-Comunicado Técnico** (INFOTECA-E). Acesso em 28 de março de 2021.

EMBRAPA. Manejo de pastagens termos técnicos relacionados ao manejo de pastagens. **Documentos Embrapa Gado de Corte**, v. 52, p. 1–30, 2006.

FIGUEIREDO, E. O.; D'OLIVEIRA, M. V. N.; LOCKS, C. J.; PAPA, D. DE A. Estimativa do Volume de Madeira em Pátios de Estocagem de Toras por meio de Câmeras RGB Instaladas em Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP). **Boletim de Pesquisa Número 9 - Embrapa**, v. d, p. 1–59, 2016. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/4779/1/Bp-023.pdf>>.

GEIPEL, J.; LINK, J.; CLAUPEIN, W. Combined spectral and spatial modeling of corn yield based on aerial images and crop surface models acquired with an unmanned aircraft system. **Remote Sensing**, v. 6, n. 11, p. 10335–10355, 2014.

GIL-DOCAMPO, M. L.; ARZA-GARCÍA, M.; ORTIZ-SANZ, J.; et al. Above-ground biomass estimation of arable crops using UAV-based SfM photogrammetry. **Geocarto International**, v. 35, n. 7, p. 687–699, 2020.

GRÜNER, E.; ASTOR, T.; WACHENDORF, M. Biomass prediction of heterogeneous temperate grasslands using an SFM approach based on UAV imaging. **Agronomy**, v. 9, n. 2, 2019.

JIANG, Q.; FANG, S.; PENG, Y.; et al. UAV-based biomass estimation for rice-combining spectral, TIN-based structural and meteorological features. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, 2019.

JOHANSEN, K.; MORTON, M. J. L.; MALBETEAU, Y.; et al. Predicting Biomass and Yield in a Tomato Phenotyping Experiment Using UAV Imagery and Random Forest. **Frontiers in Artificial Intelligence**, v. 3, n. May, 2020.

LUSSEM, ULRIKE; BOLTEN, A.; MENNE, J.; et al. Estimating biomass in temperate grassland with high resolution canopy surface models from UAV-based RGB images and vegetation indices. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 13, n. 03, p. 1, 2019.

LUSSEM, U.; BOLTEN, A.; MENNE, J.; GNYP, M. L.; BARETH, G. Ultra-high spatial resolution uav-based imagery to predict biomass in temperate grasslands. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, v. 42, n. 2/W13, p. 443–447, 2019.

LUSSEM, U.; SCHELLBERG, J.; BARETH, G. Monitoring Forage Mass with Low-Cost UAV Data: Case Study at the Rengen Grassland Experiment. **PFG - Journal of**

- Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science**, v. 88, n. 5, p. 407–422, 2020. Springer International Publishing. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s41064-020-00117-w>>.
- MAIMAITIJIANG, M.; SAGAN, V.; SIDIKE, P.; et al. Vegetation Index Weighted Canopy Volume Model (CVM VI) for soybean biomass estimation from Unmanned Aerial System-based RGB imagery. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 151, n. August 2018, p. 27–41, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.03.003>>.
- MICHEZ, A.; BAUWENS, S.; BROSTAUX, Y.; et al. How far can consumer-grade UAV RGB imagery describe crop production? A 3D and multitemporal modeling approach applied to *Zea mays*. **Remote Sensing**, v. 10, n. 11, 2018.
- MICHEZ, A.; LEJEUNE, P.; BAUWENS, S.; et al. Mapping and monitoring of biomass and grazing in pasture with an unmanned aerial system. **Remote Sensing**, v. 11, n. 5, 2019.
- MICHEZ, A.; PHILIPPE, L.; DAVID, K.; et al. Can low-cost unmanned aerial systems describe the forage quality heterogeneity? Insight from a timothy pasture case study in southern Belgium. **Remote Sensing**, v. 12, n. 10, 2020.
- MIURA, N.; YAMADA, S.; NIWA, Y. Estimation of canopy height and biomass of *miscanthus sinensis* in semi-natural grassland using time-series uav data. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 5, n. 3, p. 497–503, 2020.
- MOACYR BERNARDINO DIAS-FILHO. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental**, v. Documentos, p. 21–43, 2014. Disponível em: <www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online>.
- NIU, Y.; ZHANG, L.; ZHANG, H.; HAN, W.; PENG, X. Estimating above-ground biomass of maize using features derived from UAV-based RGB imagery. **Remote Sensing**, v. 11, n. 11, 2019.
- PEZZOPANE, J. R. M.; BERNARDI, A. C. DE C.; BOSI, C.; et al. Assessment of Piatã palisadegrass forage mass in integrated livestock production systems using a proximal canopy reflectance sensor. **European Journal of Agronomy**, v. 103, n. February, p. 130–139, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.12.005>>.
- PINOS-RODRÍGUEZ, J. M.; GONZÁLEZ, S. S.; MENDOZA, G. D.; et al. Effect of exogenous fibrolytic enzyme on ruminal fermentation and digestibility of alfalfa and rye-grass hay fed to lambs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 11, p. 3016–3020, 2002.
- POLEY, L. G.; LASKIN, D. N.; MCDERMID, G. J. Quantifying aboveground biomass of shrubs using spectral and structural metrics derived from UAS imagery. **Remote Sensing**,

v. 12, n. 14, p. 12–14, 2020.

PRUDKIN, G.; BREUNIG, M, F .**DRONES E CIÊNCIA: Teoria e aplicações metodológicas**. 2019.

QIU, Z.; XIANG, H.; MA, F.; DU, C. Qualifications of rice growth indicators optimized at different growth stages using unmanned aerial vehicle digital imagery. **Remote Sensing**, v. 12, n. 19, p. 1–18, 2020.

THÉAU, J.; LAUZIER-HUDON, É.; AUBÉ, L.; DEVILLERS, N. Estimation of forage biomass and vegetation cover in grasslands using UAV imagery. **PLoS ONE**, v. 16, n. 1, p. 1–18, 2021.

ENZIMAS FIBROLÍTICAS PARA BOVINOS DE CORTE MANTIDOS EM PASTO TROPICAL

RESUMO: A hipótese deste estudo foi que fornecimento de enzimas fibrolíticas (EF) aumentam a digestibilidade da fração fibrosa em dietas de bovinos a pasto, e o uso de um blend enzimático (BEF) potencializa ainda mais digestão da fibra. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito do fornecimento de suplemento proteico-energético contendo enzimas fibrolíticas em forma individual ou em blend enzimático fibrolítico sobre o consumo, digestibilidade parâmetros ruminais e metabólicos de bovinos de corte a pasto. O ensaio experimental foi realizado de fevereiro a maio de 2019, utilizando cinco novilhos Nelore canulados no rúmen, com idade média de 36 meses e peso corporal (PC) de $559,57 \pm 35$ kg em delineamento Quadrado Latino 5 x 5. Os tratamentos avaliados foram: o fornecimento de suplemento (2 g/kg de PC) proteico-energético com 25% PB; sem a adição de aditivos (Controle), ou com a adição de beta-glucanase (BGLU, 4g/animal), adição de xilanase (XILA, 4g/animal), adição de beta-glucanase e xilanase (BGLU+XILA 4g de beta-glucanase/animal + 1g de xilanase/animal) e a adição de xilanase e beta-glucanase (XILA+BGLU, 4g de xilanase/animal + 1g de beta-glucanase/animal). Todas as médias de tratamentos foram submetidas a análise de variância e comparadas por meio de teste de LSD de Fisher. Foi adotado o nível de 5% de significância para as análises. O fornecimento de EF ou BEF, não afetou ($P>0,05$) o consumo de matéria seca de forragem (MSF), matéria seca total (MST), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), matéria orgânica (MO), matéria orgânica digestível (MOD) e os coeficientes de digestibilidade de MS, FDN, PB e MO. Em relação aos parâmetros ruminais e metabolismo de nitrogênio, as EF e BEF não influenciaram nas concentrações ($P>0,05$) do pH, ácidos graxos voláteis (AGV), nitrogênio amoniacal ruminal ($N-NH_3$), nitrogênio microbiano (NMIC) e nitrogênio ureico sérico (NUS) e excreção de nitrogênio urinário (ENU). O fornecimento de enzimas fibrolíticas ou

um blend enzimático fibrolítico, não altera o consumo, digestibilidade e o metabolismo de nutrientes para bovinos de corte mantidos em pasto tropical recebendo suplemento proteico energético em quantidades moderadas.

Palavras-chave: alimento, digestibilidade, ruminantes, suplementação.

INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais, a produção de bovinos de corte é predominantemente realizada em pastagens (Poppi et al., 2018). Entretanto, devido a parede celular das forragens tropicais serem altamente lignificadas torna esse alimento de difícil digestão (Azevedo et al., 2014). Os microrganismos ruminais são responsáveis pela degradação das fibras no rúmen. Os mesmos produzem enzimas fibrolíticas capazes de hidrolisar as paredes celulares. Contudo, a maioria das estruturas não são digeridas (McAllister et al., 2002).

Pesquisas recentes têm demonstrado que a adição das enzimas fibrolíticas (EF) em dietas de ruminantes podem proporcionar hidrólise das paredes celulares, aumentar a fixação e colonização microbiana nas partículas dos alimentos, além de alterar a viscosidade da digesta (Beauchemin et al. 2019). Benefícios esses que tendem a proporcionar maior digestão da fibra e melhor utilização dos alimentos (Meale et al., 2014; Arriola et al. 2017; Ribeiro et al., 2018).

Tendo em vista a alta concentração de parede celular as forrageiras tropicais e que xilanos e beta-glucanos são componentes desta estrutura, o fornecimento das enzimas exógenas beta-glucanase e xilanase poderia ser alternativa para a melhorar utilização das forrageiras (Cevallos et al. 2006). No entanto, ainda há controversas sobre a eficácia desses produtos em ruminantes. A utilização de duas EF, formando um blend enzimático fibrolítico (BEF) seria uma alternativa, pois teria sua ação potencializada devido as enzimas agirem em mais de um componente da parede celular.

Grande parte dos estudos conduzidos avaliam animais em confinamento, onde as condições de alimentação são controladas. Contudo, não há informações sobre o uso de EF, tão pouco BEF para bovinos de corte mantidos a pasto. Assim, hipotetiza-se que o fornecimento de EF aumenta a digestibilidade da fração fibrosa em dietas de bovinos a pasto, e o uso de um BEF potencializaria ainda mais digestão da fibra. Portanto, objetivou-se avaliar

o efeito do fornecimento de suplemento proteico-energético contendo enzimas fibrolíticas em forma individual ou em blend enzimático fibrolítico sobre o consumo, digestibilidade parâmetros ruminais e metabólicos de bovinos de corte a pasto.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais conduzidos foram aprovados pelo comitê de ética e bem-estar animal da DSM/TORTUGA (CEUA/DSM protocolo BR 181203).

Local do estudo e Animais

O estudo foi realizado no Centro de Inovação e Ciência Aplicada de Ruminantes da DSM/Tortuga, localizada no município de Rio Brilhante - MS, Brasil (21°36'23''S 54°47'38''O). O ensaio experimental foi realizado de fevereiro a maio de 2019, utilizando cinco novilhos Nelore canulados no rúmen, com idade média de 36 meses e peso corporal (PC) de $559,57 \pm 35$ kg em delineamento Quadrado Latino 5 x 5. Todos os novilhos foram mantidos no mesmo piquete (2 hectares) formados por *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés

Tratamentos

Os tratamentos utilizados consistiram em fornecimento de suplemento concentrado (2 g/kg de PC de suplemento proteico-energético) sem a adição de aditivos (Controle), ou com a adição de beta-glucanase (BGLU, 4g/animal), adição de xilanase (XILA, 4g/animal), adição de beta-glucanase e xilanase (BGLU+XILA 4g de beta-glucanase/animal + 1g de xilanase/animal) e a adição de xilanase e beta-glucanase (XILA+BGLU, 4g de xilanase/animal + 1g de beta-glucanase/animal).

O suplemento era composto por milho moído, farelo de soja, ureia e minerais. A composição bromatológica do suplemento e da pastagem é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica (g / kg MS) do suplemento e forragem

	Suplemento	Forragem
Proteína bruta	250,00	80,06±1,24
Nitrogênio não proteico	168,70	*
Nutrientes digestíveis totais	675,00	*
Fibra em detergente neutro	197,10	700,59±1,70
Matéria seca	300,00	300,77±3,17
Matéria orgânica	935,50	920,00±0,90

Manejo dos animais e avaliação da pastagem

Os animais eram presos diariamente às 10h em um curral de manejo e suplementados diariamente em suas cânulas ruminais. As enzimas foram incorporadas ao suplemento imediatamente antes do fornecimento.

Os períodos experimentais duraram 21 dias, sendo caracterizados pelas seguintes fases: do 1º ao 10º dia, serviu como adaptação ao suplemento; do 11º ao 19º dia, aplicação do indicador externo; do 16º ao 19º dia, foram realizadas as coletas de fezes e urina em três horários por dia (6h, 12h e 18h); e no 20º e 21º dia, foram realizadas as coletas de líquido ruminal (10h e 14h).

A massa de forragem (kg de matéria seca /ha) foi determinada a cada 21 dias, cortando quatro áreas de um quadrado com dimensões conhecidas (0,25m²) a 1 cm acima do nível do solo, sendo estas, selecionadas ao acaso no piquete. A composição química da forragem ingerida foi determinada por meio de simulação manual de pastejo, sendo realizada no início do experimento e a cada 15 dias.

Consumo e digestibilidade de nutrientes

Dióxido de titânio foi utilizado para estimar a excreção fecal, sendo fornecido (20 g/animal/dia) via cânula ruminal através de cartuchos de papel (10g às 6h e 10g às 17h). E o consumo de forragem foi determinado através do indicador interno fibra de detergente neutro indigestível (FDNi).

As amostras de fezes foram coletadas imediatamente após a defecação espontânea sendo armazenadas em sacos plásticos e congeladas a (-20 °C) para posteriores análises. As amostras de urina foram coletadas após micção espontânea, diluídas em H₂SO₄ (0.036N) na proporção de 1:4 (urina: H₂SO₄) e congeladas para posteriormente determinar os teores de nitrogênio, creatinina, alantoína e ácido úrico.

As amostras de líquido ruminal foram coletadas manualmente na interface líquida-sólida do rúmen e filtradas por uma camada de gaze. Logo após a coleta com auxílio de um pHmetro portátil (TEC-3P-MP, Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil) foi determinado o pH ruminal. Após esse procedimento uma alíquota de 25 mL foi retirada acidificada com 0,5 mL de H₂SO₄ (1:1) e congelada a -20 ° C para posteriormente determinar o nitrogênio amoniacal ruminal. Outra amostra de 1,2 mL foi acidificada com 0,3 mL de ácido metafosfórico 25% para posteriormente determinar a concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen.

As amostras de sangue foram coletadas por punção da veia caudal em tubos de vácuo. Após a coleta, as mostras foram centrifugadas a 3.000g por 15 minutos para obter o soro. O soro então foi congelado, para posteriormente ser analisado quanto a concentração de ureia. A excreção fecal (kg/d) foi estimada pela razão entre a quantidade de dióxido de titânio (g/d) fornecido e sua concentração nas fezes (g/kg). O consumo de matéria seca de forragem foi estimado tendo o FDNi como indicador interno e calculado pela seguinte equação:

$$CMS = \frac{[(EF \times FDNi_{fezes}) - FDNi_{suplemento}]}{iFDNi_{forragem}} + CMSS$$

Onde: EF é a excreção fecal (kg/d), FDNi_{fezes} é a concentração de FDNi nas fezes (kg/kg), FDNi_{suplemento} é a concentração de FDNi no suplemento (kg), FDNi_{forragem} é a concentração de FDNi na forragem (kg/kg), e CMSS é o consumo de matéria seca de suplemento.

O volume diário de urina foi calculado pela relação entre a excreção diária de creatinina e sua concentração em amostras pontuais conforme descrito por Costa e Silva et

al., (2012). A concentração de creatinina e ácido úrico na urina foi determinada através de testes por kits comerciais (Analisa® Belo Horizonte, MG, BR). A alantoína foi determinada por cromatografia líquida segundo metodologia descrita por George et al., (2006). O nitrogênio excretado através da urina foi determinado pelo método de Kjeldahl, como descrito anteriormente.

A concentração nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foi determinada seguindo metodologias de Chaney & Marbach, (1962), substituindo-se o fenol por solução de salicilato de sódio (12%) Felix; Cardoso (2004). Os Ácidos graxos voláteis (AGV) foram determinados segundo método descrito por método ERWIN et al. (1961), com auxílio de um cromatógrafo a gás (CG, Modelo 370), equipado com coluna Chromosorb 101 e 15% Tween 80 e 1,5 g de ácido fosfórico.

As amostras de soro foram analisadas quanto à concentração de ureia usando um kit comercial (Gold Analisa, Belo Horizonte, MG, Brasil).

Análises laboratoriais

As amostras de forragem, fezes e suplemento foram secas em estufa a 55 ° C por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey com peneiras de 1 e 2 mm. As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) (método no 920.39), proteína bruta (PB) (método no 954.01), matéria orgânica (MO) (método no 942.05) segundo método descrito pela AOAC (1990). A fibra em detergente neutro (FDN), foi determinada segundo método proposto por Mertens, (2002), utilizando α -amilase termoestável. A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), foi quantificada após a incubação *in situ* por 288 horas com uso de sacos próprios para análise de fibra (F57, Ankom®) de acordo com Valente et al., (2011). As concentrações de dióxido de titânio foram determinadas pelo método colorimétrico descrito por (TITGEMEYER et al., 2001).

Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS (Statistical Analysis System, versão 9.0), em um delineamento quadrado latino 5x5, analisado usando um modelo que continha a média geral, o efeito das enzimas, dos animais, períodos experimentais e o efeito residual.

Todas as médias foram submetidas a análise de variância e comparadas por meio de teste de DMS de Fisher. Foi adotado o nível de 5% de significância para as análises.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Disponibilidade média de forragem foi de 5615 kg de MS/ha, enquanto a taxa de lotação foi de 3.6 U.A. /ha. Desta maneira, a oferta de forragem foi de 3,94 kg de forragem/kg de PC. O teor proteico médio da forragem foi de $8,06 \pm 1,24\%$ (Tabela 1). A quantidade média de suplemento ofertada foi de 1,26 kg/animal/dia (Tabela 2).

O fornecimento de EF ou BEF, não afetou ($P>0,05$) o consumo de MSF, MST, PB, FDN, MO e MOD (Tabela 2). O consumo médio de forragem foi de 9,0 kg de MS /animal/dia. As EF ou BEF não alteraram ($P>0,05$) os coeficientes de digestibilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Médias dos mínimos quadrados, erro padrão da média (EPM) e coeficiente de significância para o consumo voluntário e digestibilidade de touros recebendo suplemento contendo enzimas fibrolíticas.

	Controle	Beta	Xila	Beta+Xila	Xila+Beta	EPM	P valor	
	Consumo kg/animal/dia							
MSF	8.83	9.57	9.09	8.40	8.81	0,36	0,17	
MSS	1,20	1,28	1,33	1,24	1,25	0,47	0,44	
MST	10,06	10,83	10,41	9,69	10,03	0,35	0,17	
PB	1,08	1,15	1,14	1,06	1,08	0,03	0,23	
FDN	6,47	7,00	6,66	6,17	6,45	0,24	0,17	
MO	9,28	9,99	9,61	8,94	9,25	0,41	0,18	
MOD	6,64	7,00	6,75	6,23	6,54	0,21	0,18	
	Digestibilidade %							
MS	68,54	67,07	66,98	66,38	67,53	1,40	0,11	
PB	70,96	68,58	70,11	68,72	68,90	3,55	0,26	
FDN	66,32	66,55	66,94	67,15	67,15	0,92	0,95	
MO	71,60	70,20	70,10	69,60	70,71	1,13	0,10	

Sem a adição de enzimas (Controle); Adição de beta-glucanase (Beta), Adição de xilanase (Xila), Adição de beta-glucanase + xilanase (Beta+Xila) Adição de xilanase + beta-glucanase (Xila+Beta); Matéria seca de forragem (MSF); Matéria seca de suplemento (MSS); Matéria seca de total (MST); Proteína bruta (PB); Fibra em detergente neutro (FDN); Matéria orgânica (MO); Matéria orgânica digestível (MOD);

Pesquisas conduzidas com ruminantes têm avaliado o fornecimento de EF isoladas (Kondratovich et al., 2019; Ran et al., 2019) ou unidas formando um BEF (Colombatto et al., 2003; Song et al., 2018). Alguns estudos (Gandra et al., 2017; Pinos-Rodríguez et al. 2002) indicam que o fornecimento de ambos, seriam responsáveis por alterações no consumo e digestibilidade nutrientes. Entretanto, Kondratovich et al. (2019) e Ran et al. (2019) não observaram efeito ao adicionar enzimas fibrolíticas para bovinos confinados recebendo dietas com volumoso de baixa qualidade.

A grande maioria dos estudos tem sido conduzidos com animais confinados e suas respostas apresentam inconsistência (Ran et al., 2019). Essa pesquisa foi pioneira em avaliar o fornecimento enzimas fibrolíticas para bovinos de corte em pastagem tropical. As interações existentes entre bovinos e pastagem, tornam esse sistema de produção de grande dificuldade de compreensão. Algumas características relacionadas aos animais ou forragens podem acabar limitando resultados devido ao alto grau de complexidade deste sistema. A composição bromatológica da forrageira pode ser uma destas características.

Gramíneas do tipo C₄ são caracterizadas por serem um alimento de baixa qualidade, pois apresentam uma alta concentração de parede celular (65 – 75%) e baixa digestibilidade (45 -55%) (Avellaneda Cevallos et al., 2006; Da Freiria et al., 2018). Desta maneira, através da adição de enzimas fibrolíticas em dietas de ruminantes, espera-se que ocorra aumento na degradação destes componentes (Mendoza et al., 2014). Contudo, a ação das enzimas depende da formação de um complexo enzima-substrato estável (Arriola et al., 2017 ; Ran et al., 2019).

Altas proporções de beta-glucanos em dietas são observadas quando os principais ingredientes são a cevada e arroz, tanto na forma de grãos, como em feno e silagens (Cherdthong et al., 2018). Nestes casos, essas maiores proporções dietéticas, podem prejudicar a digestão ruminal e deprimir a absorção de nutrientes no intestino delgado devido a maior viscosidade da dieta (Hristov et al., 2000). Desta maneira, o fornecimento da enzima beta-glucanase pode proporcionar aumento na taxa de passagem e facilitar a absorção de nutrientes (McAllister et al., 2009). (Cherdthong et al 2018), observaram aumento no consumo e na digestibilidade de nutrientes para bovinos de corte suplementados com beta-glucanase consumindo palha de arroz. Contudo, nesse estudo a falta de efeito para o fornecimento da enzima pode ser explicada pela baixa quantidades de beta-glucanos na dieta.

Das estruturas que compõe a parede celular dos vegetais, a hemicelulose é o componente de que fermenta mais rapidamente no rúmen (Soltan et al., 2013). Neste componente de membrana que são encontrados os xilanos (Mendoza et al., 2014). Em condições normais os microrganismos ruminais produzem a enzima xilanase com eficiência para que ocorra a degradação das fibras dietéticas. Contudo, alguns estudos têm demonstrado que a suplementação de xilanase exógena tem aumentado a degradação da fibra. Esse efeito geralmente é observado em dietas com maiores quantidades de suplemento concentrado.

Colombatto et al. (2003), citam que os resultados da utilização de EF ou BEF para dietas com maior proporção de concentrado são mais consistentes quando comparados aos animais que recebem grande quantidade de volumoso. Fato que, pode ser explicado pelo fato de que com o pH ruminal mais ácido, os microrganismos ruminais degradadores de fibra reduzem sua atividade. De acordo com Van Soest (2014), quando o pH ruminal encontra-se abaixo de 6, ocorre a inibição da degradação das fibras. Desta maneira, a adição de EF ou BEF podem apresentar maior contribuição proporcional.

Por outro lado, quando utilizadas EF ou BEF em dietas com maior proporção de volumoso, as formas com as enzimas são inclusas podem influenciar na atividade enzimática (Beuchmann et al., 2003). O maior efeito sobre a digestibilidade das fibras tem sido observado quando é realizado um pré-tratamento da forragem antes do seu fornecimento (Arriola et al., 2017). Beuchmann et al., (2004), citam que este processo favorece que sejam formados o complexo enzima-substrato, o que proporciona aumento no tempo de permanência das enzimas no rúmen.

Em relação aos parâmetros ruminais (Tabela 3), as EF e BEF não influenciaram nas concentrações ($P>0.05$) do pH, AGV, N-NH₃, NMIC. O valor médio de pH do rúmen foi de 6,94. As concentrações médias de acetato, propionato e butirato foram respectivamente de 74,9, 17,5 e 16,9 mmol, enquanto o N-NH₃ ficou com valores médios de 14,41mg/dL. Com relação as variáveis relacionadas ao metabolismo de nitrogênio, nem EF quanto BEF alteraram ($P>0.05$) as concentrações de NUS e ENU (Tabela 3). O NUS apresentou valores médios de 14,02 mg/dL, enquanto a ENU foi na média de 92,16 g/dia.

Tabela 3. Médias dos mínimos quadrados, erro padrão da média (EPM) e coeficiente de significância para parâmetros ruminais e metabolismo de nitrogênio de touros recebendo suplemento contendo enzimas fibrolíticas

	Controle	Beta	Xila	Beta+Xila	Xila+Beta	EPM	P valor
pH	6,95	6,92	6,92	6,99	6,93	0,040	0,827
NH ₃ -N, mg/dL	14,13	16,4	15,15	13,63	12,77	11,42	0,504
Acetato, A, mmol	71,83	73,84	77,67	75,15	76,06	2,800	0,706
Propionato, P, mmol	14,68	17,5	19,3	17,7	18,09	1,390	0,221
Butirato mmol	15,68	17,47	18,1	15,64	17,54	1,440	0,445
Relação Acetato/Propionato	5,03	4,3	4,08	4,33	4,32	0,320	0,282
Total de AGV, mol	102,2	108,82	115,08	108,52	111,71	4,640	0,331
NUS, mg/dL	12,39	15,85	14,71	14,42	12,74	2,91	0,10
ENU, g/dia	86,98	96,36	96,62	90,68	90,16	14,62	0,62
NMIC, g/dia	172,44	204,67	195,57	191,82	205,14	17,11	0,885

Sem a adição de enzimas (Controle); Adição de beta-glucanase (Beta), Adição de xilanase (Xila), Adição de beta-glucanase + xilanase (Beta+Xila) Adição de xilanase + beta-glucanase (Xila+Beta); Nitrogenio ureico sérico (NUS); Excreção de nitrogênio urinário (ENU); Nitrogênio microbiano (NMIC).

A falta de condições ideais para atividades das enzimas no rúmen pode ter limitado a sua ação. Neste estudo, o valor médio observado para pH ruminal foi de 6,94. De acordo Adesogan et al., (2014) as EF apresentam a máxima atividade com pH entre 4 e 5 e temperatura próxima aos 50°C. Estas condições citadas são dificilmente encontradas no ambiente ruminal de bovinos a pasto. Nesse estudo, além do ambiente ruminal não fornecer condições ideais (pH e temperatura) para a atividade das EF ou BEF, a falta de formação de um complexo enzima-substrato estável pode ter limitado sua ação e refletido em não alteração no pH, NAR, AGV e NMIC.

De acordo com Kondratovich et al., (2019) as EF e BEF tem potencial de modificar o ambiente ruminal, podendo causar alterações no pH e as concentrações de AGV, NAR e NMIC. No entanto, outros estudos (Avellaneda et al. 2009; Adesogan et al., 2008) relatam que de que as enzimas fibrolíticas aumentam a digestão e a fermentação ruminal das fibras se houver uma interação adequada entre enzima e substrato antes da ingestão.

CONCLUSÃO

O fornecimento de enzimas fibrolíticas ou um blend enzimático fibrolítico, não altera o consumo, digestibilidade e o metabolismo de nutrientes para bovinos de corte mantidos em pasto tropical recebendo suplemento proteico-energético em quantidades moderadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADESOGAN, A. T.; ARRIOLA, K. G.; JIANG, Y.; et al. Symposium review: Technologies for improving fiber utilization. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 6, p. 5726–5755, 2019. American Dairy Science Association. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2018-15334>>. .
- ADESOGAN, A. T.; MA, Z. X.; ROMERO, J. J.; et al. Ruminant Nutrition Symposium: Improving cell wall digestion and animal performance with fibrolytic enzymes. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4513–4527, 2017. American Dairy Science Association. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-12103>>. .
- ADESOGAN, A. T.; MA, Z. X.; ROMERO, J. J.; ARRIOLA, K. G. Ruminant Nutrition Symposium: Improving cell wall digestion and animal performance with fibrolytic enzymes. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 4, p. 1317–1330, 2014.
- ARRIOLA, K. G.; OLIVEIRA, A. S.; MA, Z. X.; et al. A meta-analysis on the effect of dietary application of exogenous fibrolytic enzymes on the performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4513–4527, 2017. American Dairy Science Association. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-12103>>. .
- AVELLANEDA CEVALLOS, J. H.; GONZÁLEZ MUÑOZ, S. S.; PINOS RODRÍGUEZ, J. M.; et al. Enzimas fibrolíticas exógenas en la digestibilidad in vitro de cinco ecotipos de Brachiaria. **Agronomía Mesoamericana**, v. 18, n. 1, p. 11, 2006.
- AVELLANEDA, J. H.; PINOS-RODRÍGUEZ, J. M.; GONZÁLEZ, S. S.; et al. Effects of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal fermentation and digestion of Guinea grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, n. 1–2, p. 70–77, 2009.
- AZEVEDO, A. C. C. G.; COSTA, K. A. DE P.; COLLAO-SAENZ, E. A.; et al. Valor nutricional das silagens de capins Xaraes e Piatã emurchecidas ou acrescidas de aditivos.

Acta Scientiarum - Animal Sciences, v. 36, n. 1, p. 25–31, 2014.

BAYMA-SILVA, G.; GREGO, C. R.; KOENIGKAN, L. V.; et al. Protocolo de campo para investigação, calibração e validação de métodos para estimativa de massa de forragem baseados em sensoriamento remoto orbital e proximal. , v. 133, p. 30, 2019. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1117053>>. .

BEAUCHEMIN, K. A.; RIBEIRO, G. O.; RAN, T.; et al. Recombinant fibrolytic feed enzymes and ammonia fibre expansion (AFEX) pretreatment of crop residues to improve fibre degradability in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 256, n. July, p. 114260, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114260>>. .

BEAUCHEMIN, K.; COLOMBATTO, D.; MORGAVI, D.; YANG, W. Use of Exogenous Fibrolytic Enzymes to Improve Feed Utilization by Ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 14_suppl_2, p. E37–E47, 2003.

BRETAS, I. L.; VALENTE, D. S. M.; SILVA, F. F.; et al. Prediction of aboveground biomass and dry-matter content in brachiaria pastures by combining meteorological data and satellite imagery. **Grass and Forage Science**, , n. December 2020, p. 1–13, 2021.

CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical chemistry**, v. 8, p. 130–132, 1962.

CHERDTHONG, A.; SEANKAMSORN, A.; SURIYAPHA, C.; CHANJULA, P.; WANAPAT, M. Effect of beta-glucan supplementation on feed intake, digestibility of nutrients and ruminal fermentation in Thai native beef cattle. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, n. 6, p. 1509–1514, 2018.

COLOMBATTO, D.; MOULD, F. L.; BHAT, M. K.; et al. Influence of fibrolytic enzymes on the hydrolysis and fermentation of pure cellulose and xylan by mixed ruminal microorganisms in vitro. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 4, p. 1040–1050, 2003.

COSTA E SILVA, L. F.; VALADARES FILHO, S. C.; CHIZZOTTI, M. L.; et al. Creatinine excretion and relationship with body weight of Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 807–810, 2012.

CRUZ, N. T.; PIRES, A. J. V.; FRIES, D. D.; et al. Fatores que afetam as características morfogênicas e estruturais de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e5410716180, 2021.

EMBRAPA. Manejo de pastagens termos técnicos relacionados ao manejo de pastagens. **Documentos Embrapa Gado de Corte**, v. 52, p. 1–30, 2006.

FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Amônia (NH₃) atmosférica: Fontes, transformação, sorvedouros e métodos de análise. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 123–130, 2004.

- DA FREIRIA, L. B.; ZERVOUDAKIS, J. T.; DE PAULA, N. F.; et al. Do fibrolytic, proteolytic and amylolytic enzymes influence the in vitro fermentation characteristics of forage? **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 1143–1153, 2018.
- GANDRA, J. R.; MIRANDA, G. A.; GOES, R. H. T. B.; et al. Fibrolytic enzyme supplementation through ruminal bolus on eating behavior, nutrient digestibility and ruminal fermentation in Jersey heifers fed either corn silage- or sugarcane silage-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 231, p. 29–37, 2017. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.06.009>>. .
- GEORGE, S. K.; DIPU, M. T.; MEHRA, U. R.; et al. Improved HPLC method for the simultaneous determination of allantoin, uric acid and creatinine in cattle urine. **Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**, v. 832, n. 1, p. 134–137, 2006.
- GRÜNER, E.; ASTOR, T.; WACHENDORF, M. Biomass prediction of heterogeneous temperate grasslands using an SFM approach based on UAV imaging. **Agronomy**, v. 9, n. 2, 2019.
- HRISTOV, A. N.; MCALLISTER, T. A.; CHENG, K. J. Intraruminal supplementation with increasing levels of exogenous polysaccharide-degrading enzymes: Effects on nutrient digestion in cattle fed a barley grain diet. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 2, p. 477–487, 2000.
- KONDRATOVICH, L. B.; SARTURI, J. O.; HOFFMANN, C. A.; et al. Effects of dietary exogenous fibrolytic enzymes on ruminal fermentation characteristics of beef steers fed high-and low-quality growing diets. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 7, p. 3089–3102, 2019.
- KRUEGER, N. A.; ADESOGAN, A. T. Effects of different mixtures of fibrolytic enzymes on digestion and fermentation of bahiagrass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, n. 1–4, p. 84–94, 2008.
- MCALLISTER, T. A.; HRISTOV, A. N.; BEAUCHEMIN, K. A.; RODE, L. M.; CHENG, K. J. Enzymes in ruminant diets. **Enzymes in farm animal nutrition**, p. 273–298, 2009.
- MENDOZA, G. D.; LOERA-CORRAL, O.; PLATA-PÉREZ, F. X.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, P. A.; RAMÍREZ-MELLA, M. Considerations on the Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve forage utilization. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.
- MERTENS, D. R.; ALLEN, M.; CARMANY, J.; et al. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1217–1240, 2002.
- MOACYR BERNARDINO DIAS-FILHO. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. **Embrapa**

- Amazônia Oriental**, v. Documentos, p. 21–43, 2014. Disponível em: <www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online>. .
- NIU, Y.; ZHANG, L.; ZHANG, H.; HAN, W.; PENG, X. Estimating above-ground biomass of maize using features derived from UAV-based RGB imagery. **Remote Sensing**, v. 11, n. 11, 2019.
- DE OLIVEIRA, F. C. L.; SANCHEZ, J. M. D.; VENDRAMINI, J. M. B.; et al. Diurnal vertical and seasonal changes in non-structural carbohydrates in Marandu palisade grass. **Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 3, p. 457–464, 2018.
- PAULINO, M. F.; ET AL. Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica econômica. **Simpósio De Produção De Gado De Corte**, 4, , n. June, p. 93–144, 2004.
- PERIPOLLI, V.; BARCELLOS, J. O. J.; PRATES, Ê. R.; et al. Additives on in vitro ruminal fermentation characteristics of rice straw. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 3, p. 240–250, 2017.
- PINOS-RODRÍGUEZ, J. M.; GONZÁLEZ, S. S.; MENDOZA, G. D.; et al. Effect of exogenous fibrolytic enzyme on ruminal fermentation and digestibility of alfalfa and rye-grass hay fed to lambs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 11, p. 3016–3020, 2002.
- POPPI, D. P.; QUIGLEY, S. P.; SILVA, T. A. C. C. DA; MCLENNAN, S. R. Challenges of beef cattle production from tropical pastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.
- RAN, T.; SALEEM, A. M.; SHEN, Y.; et al. Effects of a recombinant fibrolytic enzyme on fiber digestion, ruminal fermentation, nitrogen balance, and total tract digestibility of heifers fed a high forage diet. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 8, p. 3578–3587, 2019.
- RIBEIRO, G. O.; BADHAN, A.; HUANG, J.; et al. New recombinant fibrolytic enzymes for improved in vitro ruminal fiber degradability of barley straw. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 9, p. 3928–3942, 2018.
- SOLTAN, Y. A.; ABDALLA, A. L.; SILVA, L. R. F.; et al. Response of different tropical pasture grass species to treatments with fibrolytic enzymes in terms of in vitro ruminal nutrient degradation and methanogenesis. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v. 13, n. 3, p. 551–568, 2013.
- SONG, S. D.; CHEN, G. J.; GUO, C. H.; et al. Effects of exogenous fibrolytic enzyme supplementation to diets with different NFC/NDF ratios on the growth performance, nutrient digestibility and ruminal fermentation in Chinese domesticated black goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 236, n. March 2016, p. 170–177, 2018.
- VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C. DE; et al. Evaluation of ruminal

degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2565–2573, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982011001100039&lng=en&tlng=en>. .

WANG, Y.; MCALLISTER, T. A. Rumen microbes, enzymes and feed digestion-A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 15, n. 11, p. 1659–1676, 2002.