

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA/FEIS – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
- Departamento de Biologia e Zootecnia -

André Roberto Franco Oliveira
Zootecnista

**Parametrização de um sensor de ultrassom para
estimar a produtividade de massa seca do capim Tifton
85 (*Cynodon* spp.)**

Ilha Solteira
2022

André Roberto Franco Oliveira

**Parametrização de um sensor de ultrassom para
estimar a produtividade de massa seca do capim Tifton
85 (*Cynodon spp.*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Prof. Dr. Leandro Coelho de Araujo
Orientador

Ilha Solteira

2022

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O48p Oliveira , André Roberto Franco.
Parametrização de um sensor de ultrassom para estimar a produtividade de
massa seca do capim tifton 85 (Cynodon app.) / André Roberto Franco Oliveira
. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
36 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Produção Animal, 2022

Orientador: Leandro Coelho de Araujo
Inclui bibliografia

1. Zootecnia de precisão . 2. Modelo empírico . 3. Método indireto.

Raíssa da Silva Santos
Raíssa da Silva Santos

Supervisor Técnico de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Divisão Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB3 - 0000



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Parametrização de um sensor de ultrassom para estimar a produtividade de massa seca do capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*)

AUTOR: ANDRÉ ROBERTO FRANCO OLIVEIRA

ORIENTADOR: LEANDRO COELHO DE ARAUJO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEANDRO COELHO DE ARAUJO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Leandro V. Araujo
Prof. Dr. CECILIO VIEGA SOARES FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / FMV / UNESP - Araçatuba

Fernando S. Galindo
Dr. FERNANDO SHINTATE GALINDO (Participação Virtual)
Centro de Energia Nuclear na Agricultura / Universidade de São Paulo - USP

Ilha Solteira, 30 de maio de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

André Roberto Franco Oliveira, nascido em 25 de julho de 1989, na cidade de São Paulo, Graduiu-se em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, em abril de 2016. Ingressou no programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal, na categoria Mestrado, em março de 2020, onde trabalhou com a linha de pesquisa em Produção, Manejo e Conservação de Alimentos, Gestão e Sustentabilidade, realizando experimento em manejo de pastagens. Participou ativamente das atividades do Núcleo de estudos em Forrageiras Tropicais (NEFORT), onde desenvolveu atividades na área de conservação de volumosos e manejo de pastagens.

RESUMO

O método do sensor de ultrassom em pastagens pode se destacar dos demais por permitir que as leituras sejam realizadas com o sensor acima do dossel sem o contato direto e de forma contínua ou seja, sem a necessidade de serem realizadas ponto-a-ponto como nos demais métodos indiretos. Esses dois aspectos permitem que o sensor possa ser embarcado em veículos para movimentos constantes como drone, pivô central de irrigação, motos, proporcionando maior rapidez na amostragem quando comparado ao disco medidor que o método indireto mais utilizado no mundo e que pode requerer mais de 160 leituras para se alcançar uma precisão aceitável. O objetivo do trabalho é parametrizar e comparar modelos matemáticos para estimar a produtividade de MS da parte aérea do *Cynodon* spp. (Tifton 85), utilizando como inputs alturas do dossel obtidas por uma trena e estimadas com um sensor de ultrassom. O delineamento experimental adotado foi em blocos completos casualizados com esquema fatorial duplo 4x4 e 4 repetições (n= 64). Os tratamentos corresponderam as alturas entre o sensor ultrassônico em relação a superfície do solo (0,5, 1,0, 1,5, 2,0 metros), e os períodos de mensuração em cada rebrotação (7, 14, 21 e 28 dias após a desfolha do capim), ao longo da estação de verão dos anos de 2020 e 2021. A produtividade de MS por tratamento foi utilizada como variável dependente e as respectivas alturas medidas e estimadas (sensor de ultrassom e régua) como variáveis independentes. O modelo apresenta regressão linear e positivas entre a produtividade e os períodos avaliados dos tratamentos 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 metros, apresentando coeficiente de determinação (R^2) de 0,97; 0,98; 0,94 e 0,92, respectivamente. A parametrização do modelo matemático para o sensor de ultrassom do capim tifton 85 foi efetivo. O sensor de ultrassom pode ser calibrado e utilizado como ferramenta de gestão pecuária para a estimativa de produtividade de matéria seca do capim Tifton 85.

Palavras Chave: drone. método indireto. modelo empírico. zootecnia de precisão.

ABSTRACT

The ultrasound sensor method in pastures can stand out from the others because it allows the readings to be carried out with the sensor above the canopy without direct contact and in a continuous way, that is, without the need to be carried out point-to-point as in the other indirect methods. These two aspects allow the sensor to be embedded in vehicles for constant movements such as drones, irrigation center pivot, motorcycles, providing faster sampling when compared to the measuring disk than the most used indirect method in the world and which may require more than 160 minutes. readings to achieve acceptable accuracy. The objective of this work is to parameterize and compare mathematical models to estimate the productivity of MS in the aerial part of *Cynodon* spp. (Tifton 85), using as inputs canopy heights obtained by a tape measure and estimated with an ultrasound sensor. The experimental design adopted was in complete randomized blocks with a 4x4 double factorial scheme and 4 replications (n= 64). The treatments corresponded to the heights between the ultrasonic sensor in relation to the soil surface (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 meters), and the measurement periods in each regrowth (7, 14, 21 and 28 days after grass defoliation), throughout the summer season of 2020 and 2021. DM productivity per treatment was used as a dependent variable and the respective measured and estimated heights (ultrasound sensor and ruler) as independent variables. The model presents linear and positive regression between productivity and the evaluated periods of the treatments 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 meters, presenting a coefficient of determination (R^2) of 0.97; 0.98; 0.94 and 0.92, respectively. The parameterization of the mathematical model for the Tifton 85 grass ultrasound sensor was effective. The ultrasound sensor can be calibrated and used as a livestock management tool to estimate Tifton 85 grass dry matter productivity.

Keywords: drone. indirect method. empirical model. precision animal husbandry.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Área do experimento sob pivô central, localizada na cidade de Selviria/MS.
- Figura 2. Dados climáticos registrados no período do experimento.
- Figura 3. Pivô central irrigando a área experimental.
- Figura 4. Aparelho de ultrassom portátil com transmissão de dados com um Smartphone.
- Figura 5. Transdutor eletroestático, emissor L (esquerda) e um receptor R (direita).
- Figura 6. Medidas da altura do dossel com auxílio do sensor de ultrassom portátil.
- Figura 7. Medindo altura do dossel com auxílio da trena.
- Figura 8. Coleta da MS da parte aérea do capim em um quadrado de 05x05m.
- Figura 9. Regressão entre a produtividade em kg de MS/ha para cada tratamento nos períodos de rebrotação do capim Tifton 85.
- Figura 10. Regressão da estimativa de produção das médias de altura do sensor de ultrassom avaliadas nos períodos de rebrotação do capim Tifton 85.
- Figura 11. Regressão entre a produtividade em kg de MS/ha e as alturas do dossel observadas pelo método da transparência para cada tratamento.
- Figura 12. Regressão entre as alturas do dossel observadas pelo método da transparência e o aparelho de ultrassom para cada tratamento.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1	Sistema de produção em pastagens	10
2.2	Pastagens degradadas	11
2.3	Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>).....	12
2.4	Métodos para estimativa da MS em pastagens	14
2.4.1	<i>Métodos diretos</i>	14
2.5.2	<i>Métodos indiretos</i>	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	Período e local experimental.....	17
3.2	Implantação e delineamento experimental	18
3.3	Descrição do aparelho de ultrassom.....	19
3.4	Parâmetros avaliados.....	21
3.5	Análises Estatística.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	Estimativa de Produtividade de MS.....	24
4.2	Estimativa de altura do dossel do capim Tifton 85	25
5	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

No Brasil o setor da pecuária é um dos mais importantes do agronegócio, gerando milhares de empregos diretos e indiretos com participação significativa dentro da renda bruta da agricultura nacional. Grandes extensões de áreas de pastagens tropicais totalizando 158 milhões de hectares são a principal fonte de alimento para os ruminantes e por isso a criação de bovinos é realizada exclusivamente em pastagens ou pelo menos alguma fase do processo de criação (EMBRAPA, 2022).

Um dos maiores desafios na bovinocultura nacional é a melhoria dos índices de produtividade que ainda são baixos, principalmente em função da ineficiência no manejo das pastagens como a ausência de monitoramento e controle do acúmulo de massa seca (MS) das forrageiras, que por sua vez é uma das formas mais efetivas de gerar subsídios para os diversos processos de gerenciamento e tomada de decisão no ambiente pastoril como a definição da taxa de lotação adequada (THOMSON, 1986; MANNETJE, 1987, 2000).

Vários são os métodos para estimar a disponibilidade de MS em áreas de pastagem. Desde o método direto pelo corte total da forragem em uma área conhecida seguida de pesagem, aos métodos indiretos que são caracterizados pela mínima ou nenhuma remoção física da forragem que foram desenvolvidos, principalmente, em função da demanda por métodos mais rápidos que pudessem ser utilizados em grandes áreas de pastagem ou quando é necessária a obtenção do resultado de forma quase imediata.

Entre os métodos indiretos de estimativa de MS de forragem estão: a estimativa visual; altura do dossel comprimido utilizando o equipamento *plate meter* (disco medidor); a altura do dossel não comprimido utilizando uma régua graduada, a variação de capacitância entre a MS de forragem existente e os métodos eletrônicos por capacitância e ultrassom (HUTCHINGS; PHILLIPS; DOBSON, 1990; FRICKE; RICHTER; WACHENDORF, 2011).

No entanto, o método do sensor de ultrassom em pastagens pode se destacar dos demais por permitir que as leituras sejam realizadas com o sensor acima do dossel sem o contato físico direto do equipamento com a forragem e de forma contínua ou seja, sem a necessidade de ser realizada ponto-a-ponto como nos demais métodos indiretos.

O capim Tifton 85 (*Cynodon spp*) é uma gramínea perene de verão, de crescimento estolonífero rimatozo, que se estabelece por meio de estolões e rizomas. Possui uma folha na forma de lâmina estreita e lígula membranosa, enraizamento

profundo com colmos mais compridos, apresentando grande flexibilidade de aproveitamento como feno, pastejo e silagem. Foi desenvolvido para possuir alta produtividade, alta qualidade de forragem ao gado e para produção de feno. Possui uma alta resposta a fertilização nitrogenada. Segundo Salisbury e Ross (1974), a importância da água em gramíneas como Tifton 85 está correlacionada aos processos fotossintéticos, nas condições de estresse por déficit hídrico ocorre uma menor disponibilidade de gás carbônico para a fotossíntese, limitando os processos de alongamento celular. A planta se adapta nessas condições promovendo um detrimento da parte aérea em prol do sistema radicular, reduzindo a capacidade de competição por luz, devido a redução da área foliar, com isso, apresenta uma queda significativa em sua produção (NABINGER, 1997).

Objetivo com esse experimento foi parametrizar modelos matemáticos para estimar a produtividade de matéria seca (MS) da parte aérea do *Cynodon* spp. (Tifton 85), utilizando como inputs alturas do dossel com um sensor de ultrassom.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema de produção em pastagens

A realidade dos sistemas de produção em pastagens no Brasil revela um baixo aproveitamento do potencial produtivo, uma vez que uma prática extrativista é adotada pela maioria dos produtores o que resulta em ineficientes índices zootécnicos devido o surgimento de áreas em estágio de degradação que consequentemente resultam em baixa taxa de lotação animal, em média de 0,85 U.A ha⁻¹, que representa menos da metade daquelas registradas em alguns países onde a exploração é baseada em forrageiras de clima temperado, com menor potencial produtivo em relação as forrageiras tropicais (DA SILVA; SBRISSIA, 2000).

Nos sistemas de produção que visam explorar o mérito genético da forrageira, estimar a MS de forragem é imprescindível para um excelente planejamento forrageiro, uma vez que a partir dessas predições pode-se estimar a taxa de acúmulo de MS, permitido assim calcular a taxa de lotação através de ajuste na quantidade de forragem disponível, garantindo adequado desempenho animal para cada realidade. Adicionalmente, a quantificação correta de MS fornece indicações constantes sobre a utilização da forragem produzida ou, então, a extensão do seu desperdício, fatores fundamentais na determinação de produtividade de sistemas agropecuários (ESTRADA *et al.*, 1991).

As pastagens têm crescimento sazonal ao longo do ano nas diversas regiões do Brasil, de forma que na região Centro Oeste, a maior parte de produção total de MS da forragem tropical ocorre durante o período chuvoso e quente do ano. Essa sazonalidade de produção de MS na região Sudeste do país vai de outubro a março, caracterizando a estacionalidade de produção das pastagens o que dificulta o planejamento da pecuária pela viabilidade da produção de MS de estação para estação do ano e de mês a mês dentro de uma dada estação, tornando muito difícil o ajuste em taxas de lotação, época e quantidade a ser utilizada de suplementos e manejo do sistema de forma geral.

Nesse cenário, a estimativa e o monitoramento das variações na MS de forragem adquirem um papel fundamental para o planejamento do sistema (ROLIM, 1994). Portanto, nesse contexto, técnicas que permitem o monitoramento e a estimativas de MS de forragem nas pastagens de forma rápida e precisa, funcionariam como ferramentas essenciais para o uso adequado dos recursos forrageiros existentes.

2.2 Pastagens degradadas

O Brasil possui uma área de 158 milhões de hectares de pastagens, sendo, 92 milhões de hectares de pastagens plantadas (expansão de 9,1%) e 58 milhões de hectares de pastagens naturais (retração de 18,7%), sendo que as pastagens degradadas aumentaram de 9,9 milhões para 11,8 milhões de hectares (expansão de 19,3%), aproximadamente.

Dias-Filho (2017) define a degradação como uma perda de vigor e produtividade da pastagem continua no decorrer do tempo, sem possibilidade de recuperação natural. Segundo Andrade *et al.* (2017), o cerrado brasileiro apresenta mais de 50% de suas pastagens cultivadas sob algum processo de degradação. fatores que podem levar a degradação das pastagens, entre eles estão, a escolha incorreta da espécie forrageira, a má formação inicial, a falta de adubação de manutenção e o manejo inadequado da pastagem com taxas de lotações elevadas para a área de pastagem. As forrageiras devem ser tratadas como uma cultura e, desta forma, estratégias para um bom planejamento pastoril pode resultar em maior rentabilidade ao produtor. A eficiência de uma gestão em qualquer atividade depende de um suporte capaz de prover informações relevantes para as diversas decisões gerenciais, por meio do uso sistemático destas informações. Este processo se dá através de um sistema gerador do perfil real da situação econômica da empresa (ARAUJO, 2016).

Para LEMOS *et al.* (2019), o resíduo pós-pastejo serve como base para tomada de decisão referente ao manejo da pastagem, devido à porção remanescente refletir nas respostas da planta mediante a situação que foi submetida, seja utilizando suas reservas, seja apresentando um aparato fotossintético suficiente para rebrota. A remoção excessiva da parte aérea prejudica o desenvolvimento das raízes, porem um sistema radicular bem desenvolvido, permite a exploração de um volume muito maior de solo, promovendo melhoria na absorção de água e nutrientes. De acordo com Souza (2021), a adoção do manejo de pastejo correto propicia aos animais uma proveitosa utilização de forragem de grande qualidade durante o ano inteiro, não comprometendo a sustentabilidade da pastagem e do agronegócio.

2.3 Tifton 85 (*Cynodon dactylon*)

Gramas do gênero *Cynodon* incluem a bermuda [*C. dactylon* (L.) Pers.], a grama-africana (*C. nlemfuensis* Vanderyst) e seus híbridos, entre os quais o mais popular leva o nome de Tifton por ter sido desenvolvido na “Georgia Coastal Plain Experiment Station”, localizada no município de Tifton, estado da Georgia, EUA. Utilizada em pastagens para alimentar bovinos e equinos é considerada uma forrageira produtora de muitos estolões com alta propagação, planta rizomatosa e com alta produtividade (ALVIM *et al.*, 1998).

O capim Tifton 85 (*Cynodon* spp) é uma gramínea perene de verão, de crescimento estolonífero rimatozo, que se estabelece por meio de estolões e rizomas. Possui uma folha na forma de lâmina estreita e lígula membranosa, enraizamento profundo com colmos mais compridos, apresentando grande flexibilidade de aproveitamento como feno, pastejo e silagem. Foi desenvolvido para possuir alta produtividade, alta qualidade de forragem ao gado e para produção de feno. Possui uma alta resposta a fertilização nitrogenada. Segundo Salisbury e Ross (1974), a importância da água em gramíneas como Tifton 85 esta correlacionada aos processos fotossintéticos, nas condições de estresse por déficit hídrico ocorre uma menor disponibilidade de gás carbônico para a fotossíntese, limitando os processos de alongamento celular. A planta se adapta nessas condições promovendo um detrimento da parte aérea em prol do sistema radicular, reduzindo a capacidade de competição por luz, devido a redução da área foliar, com isso, apresenta uma queda significativa em sua produção (NABINGER, 1997).

Apresenta crescimento prostrado característico e vigoroso, com porte relativamente alto, com coloração verde escura, estolões abundantes, verdes de tom arroxeado e rizomas mais grossos e desenvolvidos. A presença de rizomas em sua formação auxilia na reserva de carboidratos e nutrientes que proporcionam maior resistência a situações de estresse, sendo mais tolerante ao frio que a Tifton 68. A espécie forma boa cobertura do solo com relvado denso, sendo também uma cultivar bastante competitiva. Trata-se de um híbrido de propagação vegetativa (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010).

A influência do tempo de rebrote e altura de resíduo na produção do capim Tifton-85, em intervalos de rebrote mais longos permitiram maior produção de matéria

seca. Apesar da altura de resíduo 7,5 cm ter apresentado maior produção de matéria seca, poderia haver prejuízo para qualidade do pasto, pois a altura de resíduo mais baixa aumentou a ocorrência de ervas daninhas da área. Liu *et al.* (2011), não observaram impacto negativo na persistência da pastagem para altura de resíduo de 16 cm com intervalos de rebrota de 14 dias e 21 dias, demonstrando que as diferentes estratégias de manejo não interferiram na persistência da pastagem formada com o capim Tifton-85. Alturas de pastejo e intervalos de rebrote mais longos possibilitaram maior rendimento forrageiro quando as alturas de resíduo foram 8 cm e 16 cm, mas com altura de resíduo de 24 cm isso não foi observado. Segundo os autores a maior idade de rebrote e as alturas de resíduo mais altas além de aumentarem a massa de forragem aumentaram também a quantidade de material senescente que devido a menor fotossíntese podem ter interferido negativamente no acúmulo de forragem quando a altura de resíduo foi de 24 cm.

Ao avaliar a produtividade de MS do capim Tifton 85 Ribeiro e Pereira (2011) verificaram uma produção de 25,23 t/ha/ano, no qual possibilitou um incremento de 170,5Kg MS/dia entre as idades de 28 e 56 dias, quando submetido a doses de até 400 kg/ha/ano de N. Quando avaliaram a produção por hectare de peso corporal de bezerros desmamados em pastagem de Tifton 85, Scaglia e Boland (2014) obtiveram uma produção de 279,2 Kg/ha numa taxa de lotação de 4,53 novilhos/ha, com média de 3.977 Kg MS/ha de massa seca de forragem em 112 dias de amostragem.

O teor de proteína bruta do Tifton 85 se encontra entre 10 a 19%, podendo ocorrer grande variação devido ao seu ciclo de produção, temperatura e adubação nitrogenada (SANCHES *et al.*, 2016). Ao verificar o valores de PB de espécies forrageiras tropicais do gênero *Cynodon*, incluindo Estrela-roxa, Coast-cross, Tifton 68, Jiggs, Hemárhria roxinha e Quicuio, o Tifton 85 destacou-se com uma média de 17,13% de PB em um ciclo de 136 dias, no qual apresentou a maior relação folha:colmo no estrato superior, sendo justamente as folhas, responsáveis pelo maior acúmulo de PB das plantas (POCZYNEK *et al.*, 2016).

2.4 Métodos para estimativa da MS em pastagens

2.4.1 Métodos diretos

Os métodos diretos de avaliação de massa de forragem são baseados no corte e remoção da forragem de uma área amostral ou da área total avaliada, o que os tornam técnicas altamente exata e confiável seguindo os processos e princípios estatísticos (Frame, 1981), mas por serem métodos destrutivos acabam por inviabilizar novas avaliações na área colhida em curto espaço de tempo (MANNETJE, 2000).

Os pontos a serem amostrados no método direto devem ser selecionados ao acaso, mas se a área for desuniforme é recomendada a amostragem estratificada, a fim de se coletar em áreas visivelmente diferentes. Desse modo a quantidade de amostras deve ser proporcional a contribuição da área em relação a área total a ser amostrada. Essas amostras podem ser coletadas utilizando uma moldura de área conhecida, exemplo um quadrado de madeira, metal ou plástico (método do quadrado) e o tamanho da moldura depende da espécie forrageira, uniformidade e tamanho da área a ser amostrada, normalmente sugere estimar a produção de forragem com coeficiente de variação menor que 10 a 15% (SALMAN *et al.*, 2006).

A amostragem é feita através do corte da forragem em uma determinada área, onde o material é recolhido, seco em estufa de ventilação forçada (HAYDOCK; SHAW, 1975) ou micro-ondas (Souza *et al*, 2002) até atingir massa constante.

Podem ser utilizados vários equipamentos para a colheita das forragens, por exemplo, facas, tesouras, canivetes, foices e outros objetos cortantes. No Brasil, os equipamentos mais utilizados são as tesouras, foices, facas, tosquiadoras e roçadoras costais. A proporção da área a ser amostrada pode variar de 100 a 10% no caso de áreas pequenas (ex. parcelas experimentais) e 5% ou até menos no caso de áreas de avaliação muito extensas (ex. fazendas comerciais). Já em experimentos onde as parcelas são colhidas integralmente é ideal descartar a bordadura para eliminar efeitos de extremidade, colhendo a forrageira dentro na porção central da parcela denominada de área útil (MANNETJE, 1987).

Esse tipo de método não é recomendado para grandes áreas de pastagens, pois geralmente apresenta grandes erros uma vez que o número de amostras realizadas é sempre inferior ao recomendado por demandar tempo e custos com mão-de-obra e equipamentos (BARNETT, 1974; MANNETJE, 1987).

2.5.2 Métodos indiretos

Os métodos indiretos minimizam a remoção física da forragem e foram desenvolvidos, principalmente, em função da demanda por métodos rápidos que pudessem ser utilizados em áreas grandes de pastagens. Algumas características desejáveis foram utilizadas como referência, que são (i) redução da quantidade de trabalho e equipamentos, tempo e recursos, com consequente redução do custo do processo de amostragem, (ii) possibilidade de utilização em áreas com animais em pastejo e em locais de difícil acesso onde não seria possível realizar as amostragens adequadamente utilizando o método direto, (iii) possibilidade de amostragens em áreas pequenas, onde procedimentos destrutivos (diretos) poderiam afetar uma proporção relativamente grande da área da parcela e interferir em amostras seguinte e (iv) promover um guia para estimar massa de forragem em sistema de produção animal onde uma medida absoluta não fosse necessária (Frame, 1981).

Os métodos indiretos necessitam de prévia calibração por meio de método direto e por isso são utilizados através da técnica de dupla-amostragem, isto é, dois métodos de avaliação, um direto e outro indireto utilizados de forma concomitante. Após a calibração do método indireto escolhido, as estimativas de MS de forragem passam a ser feitas através das equações calibradas. Por essa razão é importante que a calibração seja feita de forma a abranger a amplitude de condições de pasto e MS de forragem onde o método indireto será utilizado (Silva *et al.*, 2016).

Dofloth *et al.*, (2015) avaliaram dois métodos indiretos para estimar a produção da pastagem de Missioneira-gigante (*Axonopus catharinensis*, Valls). Para um método utilizou-se da altura do dossel com o auxílio de uma régua graduada enquanto para o outro método utilizou-se o disco medidor pela densidade. Entre dos dois métodos testados, o disco medidor apresentou maior coeficiente de determinação. Diferentemente, Cauduro *et al.*, (2006) ao testarem diferentes métodos de estimativa de MS em pastagem de Azevém (*Lolium multiflorum*) sob pastoreio rotativo e duas intensidades de pastejo, avaliaram e compararam a precisão do disco medidor, do bastão graduado e do medidor de capacitância, onde o bastão graduado apresentou o melhor coeficiente de determinação com a massa de forragem.

O método do sensor de ultrassom em pastagens pode se destacar dos demais por permitir que as leituras sejam realizadas com o sensor acima do dossel sem o contato

físico com o equipamento e de forma contínua ou seja, sem a necessidade de serem realizadas ponto-a-ponto como nos demais métodos indiretos. Esses dois aspectos permitem que o sensor possa ser embarcado em veículos de movimentos constantes como drone, pivô central de irrigação, motos, quadriciclos, animais e até mesmo o homem (ex. montado a cavalo), proporcionando maior rapidez na amostragem quando comparado ao equipamento disco medidor que o método indireto mais utilizado no mundo (LÓPEZ-DÍAZ; ROCA-FERNÁNDEZ; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, 2011), mas que pode requerer mais de 160 leituras para se alcançar uma precisão aceitável (BROCKETT, 1996).

Esse número de leituras pode demandar horas se forem obtidas por um operador caminhando pela pastagem (ex. disco medidor) ou minutos se for executado por um drone sobrevoando a pastagem (ex. sensor ultrassônico).

No passado os sensores de ultrassom eram grandes e havia a necessidade de serem conectados em microcomputadores (HUTCHINGS *et al.* 1990) o que tornava inviável sua aplicação em fazendas comerciais. Atualmente, os sensores são pequenos e têm baixo custo para aquisição, além de permitirem a conexão com Smartphones via Bluetooth ou Wi-fi e mais recentemente a internet móvel 5G o que tem estimulado novas pesquisas.

O estudo com o sensor ultrassônico tem como finalidade facilitar o planejamento do produtor, oferecendo uma ferramenta tecnológica que proporciona dados específicos e atuais em tempo real ou armazenamento na nuvem, utilizando um sistema que permite a avaliação da estimativa de produtividade em MS no dia a dia, utilizando um Smartphones ou um computador. Outra vantagem do sensor é a facilidade de acoplamento do mesmo em uma base, como na sela para cavalo na hora do manejo dos animais, ou até mesmo em um drone, oferecendo uma grande quantidade de dados atualizados sem necessitar de elevadas quantidades de operadores, reduzindo erros provenientes das mudanças de observadores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Período e local experimental

O experimento foi conduzido de 08/12/2020 a 20/03/2021, em três ciclos de rebrotação de 28 dias para cada ciclo, na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada no município de Selviria, MS, Cerrado de baixa altitude ($21^{\circ}39'2''\text{S}$ e $52^{\circ}35'37''\text{O}$, altitude de 335 m). Os dados para a parametrização dos modelos matemáticos foram obtidos em uma área de pastagem de Tifton 85 de aproximadamente 1 ha sobre aspersão tipo pivô central, implantada no verão do ano de 2017 e utilizada exclusivamente para produção de feno (Figura 1).

Figura 1. Área do experimento sob pivô central, localizada na cidade de Selviria/MS.



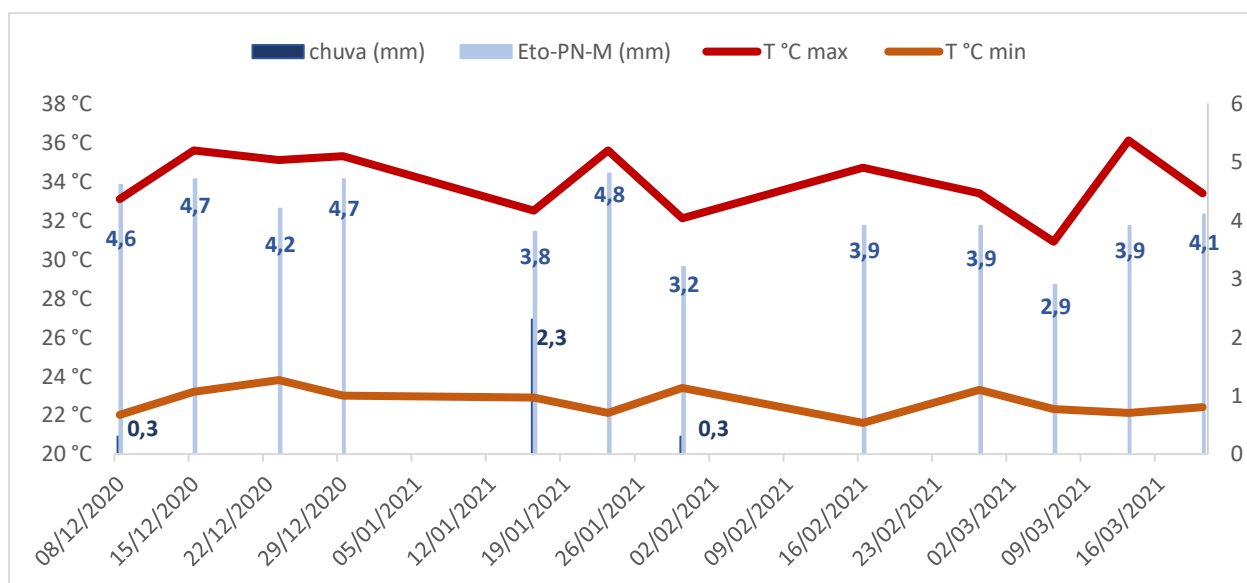
Fonte: Próprio Autor.

Dentro dessa área foi selecionado um local com acesso à internet móvel (3G), pois os dados do aparelho de ultrassom eram compartilhados com um Smartfone (Android) por comunicação via Bluetooth.

O tipo climático da região de estudo é o tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (Aw). Os dados de temperatura do ar e evapotranspiração foram

coletados nos dias das coletas, por uma estação meteorológica automatizada localizada no campus da UNESP em Ilha Solteira, SP com uma distância de 9.775,16 m da área do experimento. A média da precipitação acumulada no período experimental foi de 35,04 mm, registrada por três pluviômetros fixos em pontos dentro da área do experimento. Na figura 2 são apresentados os dados de temperaturas máxima, mínima, precipitação e evapotranspiração (Eto-PN-M) registradas durante o período experimental.

Figura 2. Dados climáticos registrados no período do experimento.



Fonte: Próprio autor.

3.2 Implantação e delineamento experimental

A área de Tifton 85 foi implantada para a produção de feno, em um solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico (SILVA, 1999), totalizando 10.000 m². Dentro dessa área o experimento foi implantado utilizando uma área de 225 m² (15x15). A área de pastagem foi irrigada durante todo o período experimental por um pivô central (Figura 3). Realizou-se o período de uniformização, com cortes utilizando roçadeira e adubações a lanço em cada parcela experimental antes de iniciar cada ciclo. Cada período de rebrotação se iniciou com a desfolha mecânica do capim mantendo-se resíduo de 10 cm seguido, por adubação com N-P-K (19-8-19) em cada parcela experimental. O primeiro período de rebrotação se iniciou no dia 01/12/2020 e, além da adubação, foi aplicado gesso agrícola para correção de enxofre do solo nas quantidades

de 1.000 kg/ha de gesso agrícola (150 kg/ha de SO_4) e 263,33 kg/ha de N-P-K equivalente a 50 kg/ha de N, 21 kg/ha de P_2O_5 e 50 kg/ha de K_2O .

Figura 3. Pivô central irrigando a área experimental



Fonte: Próprio autor

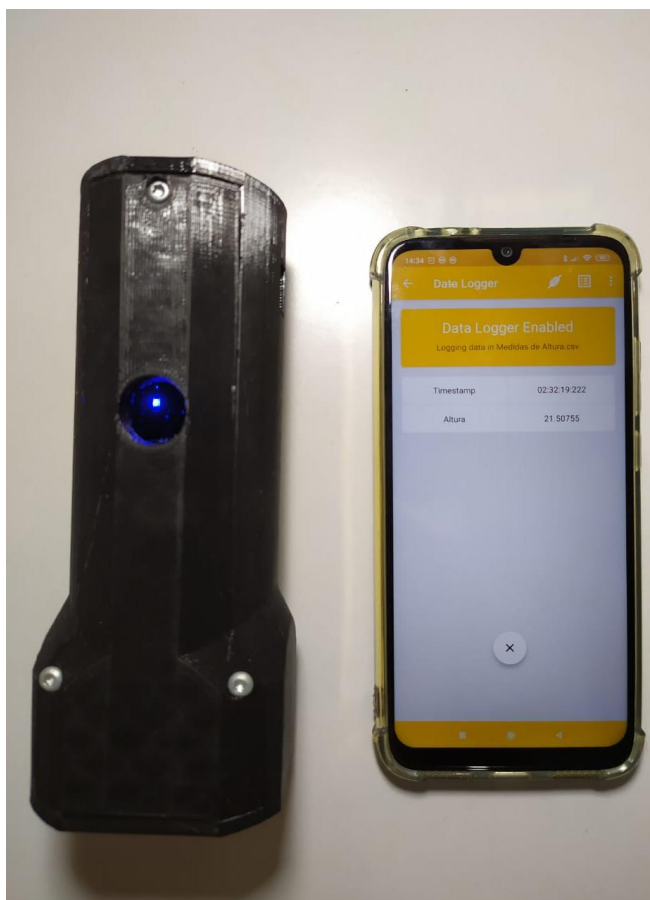
O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados com esquema fatorial duplo (4x4) e 4 repetições ($n=64$). Os tratamentos correspondem as alturas entre o sensor ultrassônico em relação a superfície do solo (0,5, 1,0, 1,5, 2,0 metros), e os períodos de mensuração em cada rebrotação (7, 14, 21 e 28 dias após a desfolha do capim), ao longo da estação de verão dos anos de 2020 e 2021. As parcelas experimentais apresentavam dimensões de 3x3m para cada tratamento, realizando-se as avaliações em área útil de 9 m². Foram realizados três ciclos de avaliações, iniciando no dia 01/12/2021 e concluindo no dia 16/03/2022, totalizando um $n=192$ amostras.

3.3 Descrição do aparelho de ultrassom

Foi utilizado um aparelho de ultrassom portátil com transmissão de dados por Bluetooth para Smartphone (Patente UNESP: Processo: BR 10 2018 075677 0). O módulo US-100 Ultrasonic Distance Sensor opera para uma larga faixa de tensão e

fornece modos de saída de dados digital e serial. O sensor possui um emissor e um receptor de ultrassom e utilizam a técnica de tempo de voo TOF (*Time of Flight*) para determinar distâncias, apresentando como principais vantagens poder trabalhar sem luz (ambientes escuros), baixo custo e alta precisão. Tem como desvantagens, múltiplas reflexões, interferências e mal resolução angular (Figura 4).

Figura 4. Aparelho de ultrassom portátil com transmissão de dados com um Smartphone.



Fonte: Próprio autor

As informações das distâncias dos obstáculos por ser constituído por transdutores eletroestáticos, um emissor (esquerda) e um receptor (direita) (Figura 5), do fabricante EGizmo. Opera na frequência de ressonância de 40 kHz, cujo lóbulo de radiação, tem abertura de aproximadamente 34°. Apresenta compensação de temperatura para fazer a correção da medida da velocidade do som. Sua alimentação tem uma faixa de tolerância de 3.3 V – 5V DC, com excitação/saída do tipo TTL.

Figura 5. Transdutor eletroestático, emissor L (esquerda) e um receptor R (direita).



Fonte: Próprio autor

3.4 Parâmetros avaliados

A altura do dossel foi estimada pelo método da transparência e do ultrassom. Com o ultrassom o tempo das leituras foi equivalente a 5 minutos por parcela com uma taxa de duas observações por segundo, resultando posteriormente em uma média aritmética por medição como mostra a figura 6.

Figura 6. Medidas da altura do dossel com auxílio do sensor de ultrassom portátil.



Fonte: Próprio autor

Após realizar medição da altura do dossel com o auxílio do sensor de ultrassom, foi realizada a medição no mesmo ponto utilizando o método da transparência, uma régua medidora (trena) e uma transparência, onde foram coletados dez pontos, para obtenção da média aritmética. (Figura 7).

Figura 7. Medindo altura do dossel com auxílio da trena.



Fonte: Próprio autor

Após mediar as alturas do capim com o sensor e com a trena foi realizada a coleta da parte aérea do capim em um quadrado de 0,5x0,5m disposto sobre a pastagem em local idêntico ao das avaliações de alturas. Toda a massa verde rente à superfície do solo foi coletada com o auxílio de uma foice (Figura 8). Após a pesagem da amostra verde total, retirou-se uma subamostra por quadrado para pré-secagem em estufa de ventilação forçada à 65°C até peso constante.

Figura 8. Coleta da MS da parte aérea do capim em um quadrado de 05x05m.



Fonte: Próprio autor

3.5 Análises Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS OnDemand for Academics. Antes das análises de variância, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) com o auxílio do PROC UNIVARIATE, para o teste de normalidade dos resíduos de cada variável. Para a análises de variância foi utilizado o procedimento de modelos mistos (PROC MIXED) com medidas repetidas no tempo. A melhor matriz de covariância que se ajustou aos dados foi a auto Regressiva de Primeira Ordem AR1.

Os modelos matemáticos empíricos foram ajustados como regressão linear simples ($Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$) usando o procedimento para regressão (PROC REG) do SAS. A produtividade de MS por tratamento foi utilizada como variável dependente e as respectivas alturas observadas (trena) e estimadas (ultrassom) como variáveis independentes. A parametrização dos modelos foi avaliada por meio das significâncias dos parâmetros β_0 e $\beta_1 X_1$ ($p \leq 0,05$), ε = erro aleatório como mostra na equação, coeficientes de determinação (R^2) e coeficiente de variação (CV%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estimativa de Produtividade de MS

A produtividade do capim *tifton 85* foi estimada pelo sensor de ultrassom (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 metros....) e coletada pelo método direto em 4 períodos de rebrotação (7, 14, 21 e 28 dias) após o início no dia 0 quando a pastagem foi cortada com uma altura de resíduo de 10 cm. Foi realizado uma média de produção nos períodos pelo método direto nos três ciclos de coletas totalizando 12 repetições dentro dos períodos, onde se obteve a produtividade para cada tratamento de altura base do sensor de ultrassom. Não houve diferença significativa entre as produtividades de MS/ha dos tratamentos dentro dos períodos avaliados, como mostra a tabela 1.

Tabela 1. Médias de produtividade em kg de MS/ha, avaliadas para cada tratamento nos períodos de rebrotação do capim Tifton 85.

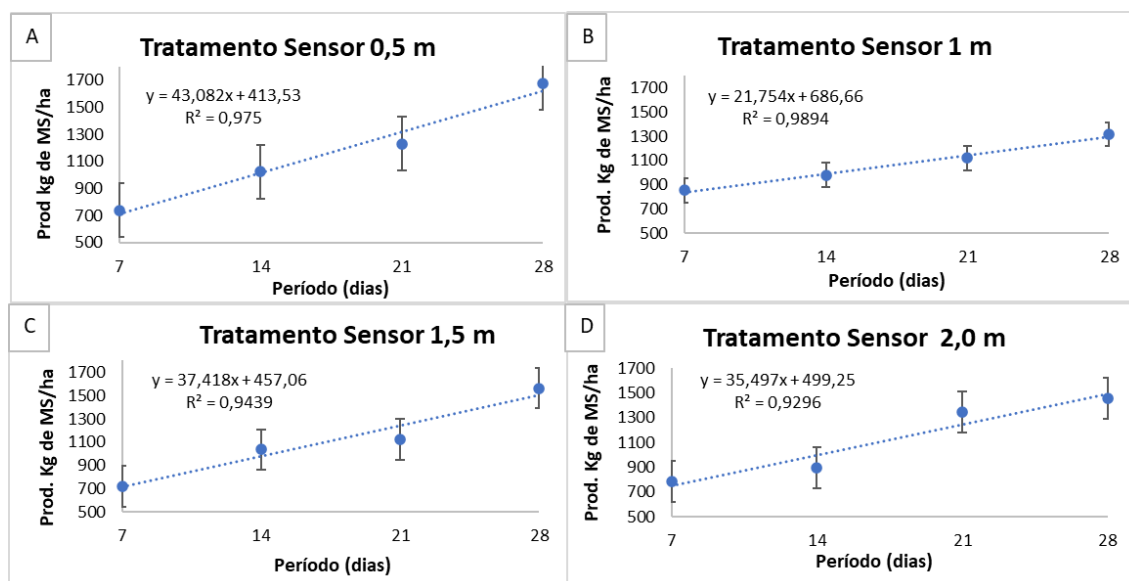
Tratamentos	Períodos (dias de rebrotação)			
	7	14	21	28
0,5 metros	740,437±62,77 a	1022,739±118,97 a	1230,109±225,39 a	1676,551±299,47 a
1,0 metros	853,419±78,21 a	981,421±103,10 a	1119,604±202,90 a	1314,947±209,40 a
1,5 metros	721,314±57,12 a	1036,088±128,95 a	1125,503±214,32 a	1564,589±2503,49 a
2,0 metros	783,052±63,29 a	892,521±137,68 a	1346,119±217,90 a	1460,121±212,36 a
Pr>Fc	0,934	0,159	0,229	0,427

Nota: As medias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV% = 47,44. n= 192. Fonte: próprio autor.

Os tratamentos não apresentaram diferença significativa em sua produtividade dentro de cada período avaliado, e apresentaram com coeficiente de variação de 47,44%.

As produtividades dos tratamentos no decorrer dos períodos avaliados foram constantes e uniformes, e não apresentaram diferença significativas entre os tratamentos (figura 9). Com base nas medias de produtividade no presente estudo, podemos utilizar a altura para predizer a massa de forragem, uma vez que, as informações são mais confiáveis quando a densidade do dossel for constante e uniforme (MOTERLE *et al.*, 2017; PEDREIRA *et al.*, 2002; ZANINE *et al.*, 2006).

Figura 9. Regressão entre a produtividade em kg de MS/ha para cada tratamento nos períodos de rebrotação do capim Tifton 85.



Fonte: Próprio autor.

No gráfico A, B, C e D apresenta a regressão linear e positivas entre a produtividade e os períodos avaliados dos tratamentos 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 metros, apresentando coeficiente de determinação (R^2) de 0,97; 0,98; 0,94 e 0,92, respectivamente. Em ambos os tratamentos, os dados apresentaram comportamento linear crescente, onde com o aumento dos dias de rebrota, houve aumento na produção de MS. Desta forma, o tratamento 1,0 apresentou maior R^2 , sendo assim a altura de medida de 1,0 m apresentou maior R^2 , se mostrando a mais adequado para o presente método de predição de produção de matéria seca.

4.2 Estimativa de altura do dossel do capim Tifton 85

A estimativa de altura do dossel realizado pela leitura do sensor de ultrassom em diferentes distancias do solo (tratamentos) foi avaliado dentro dos períodos de rebrotação. Segundo Da Silva (2011), após o corte, o pasto começa a rebrotar para refazer sua área foliar, interceptar luz e crescer novamente. No período de 7 dias de rebrotação mesmo o capim Tifton no início de sua rebrota os tratamentos não apresentaram diferença significativa entre eles, mostrando que o sensor pode ser utilizado tanto fixado a 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 metros de distância do solo para realizar a leitura nessa fase de crescimento. O sensor de ultrassom trabalha emitindo ondas de ultrassom com uma abertura angular de 34° , sendo que quanto mais próximo do solo

menor é a área de leitura, e quanto mais distante maior é a área de leitura do sensor. Contudo, no período de 14 dias de rebrotação quando o capim Tifton já apresentava um acúmulo de massa desenvolvida, com folhas/colmos, houve diferença entre os tratamentos, mostrando que os sensor fixado em uma base a 0,5 e 1,0 m de altura apresentaram uma maior média de altura, com 21 dias de rebrotação o sensor fixado a 1,0 e 2,0 m de distância do solo apresentaram uma maior média de leitura comparado com os outros tratamentos. e com 28 dias o sensor fixado a 1,0 metro apresentou uma média leitura maior comparado ao demais tratamentos (Tabela 2.).

Tabela 2. Médias de altura do sensor de ultrassom em centímetros avaliadas para cada período de rebrotação do capim Tifton 85.

Tratamentos	Períodos (dias de rebrotação)			
	7	14	21	28
0,5 metros	16,17±0,75 a	22,40±1,24 ab	25,08±1,19 b	27,47±1,19 b
1,0 metros	14,13±0,92 a	23,59±2,05 a	31,25±2,61 a	34,36±1,40 a
1,5 metros	10,80±1,08 a	17,94±1,54 b	22,54±1,45 b	24,86±1,79 b
2,0 metros	14,40±0,78 a	17,94±1,37 b	26,68±1,52 ab	27,49±0,93 b

Nota: As medias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $Pr > F_c = 0,0705$. $CV\% = 23,01$. $n = 192$. Fonte: Próprio autor.

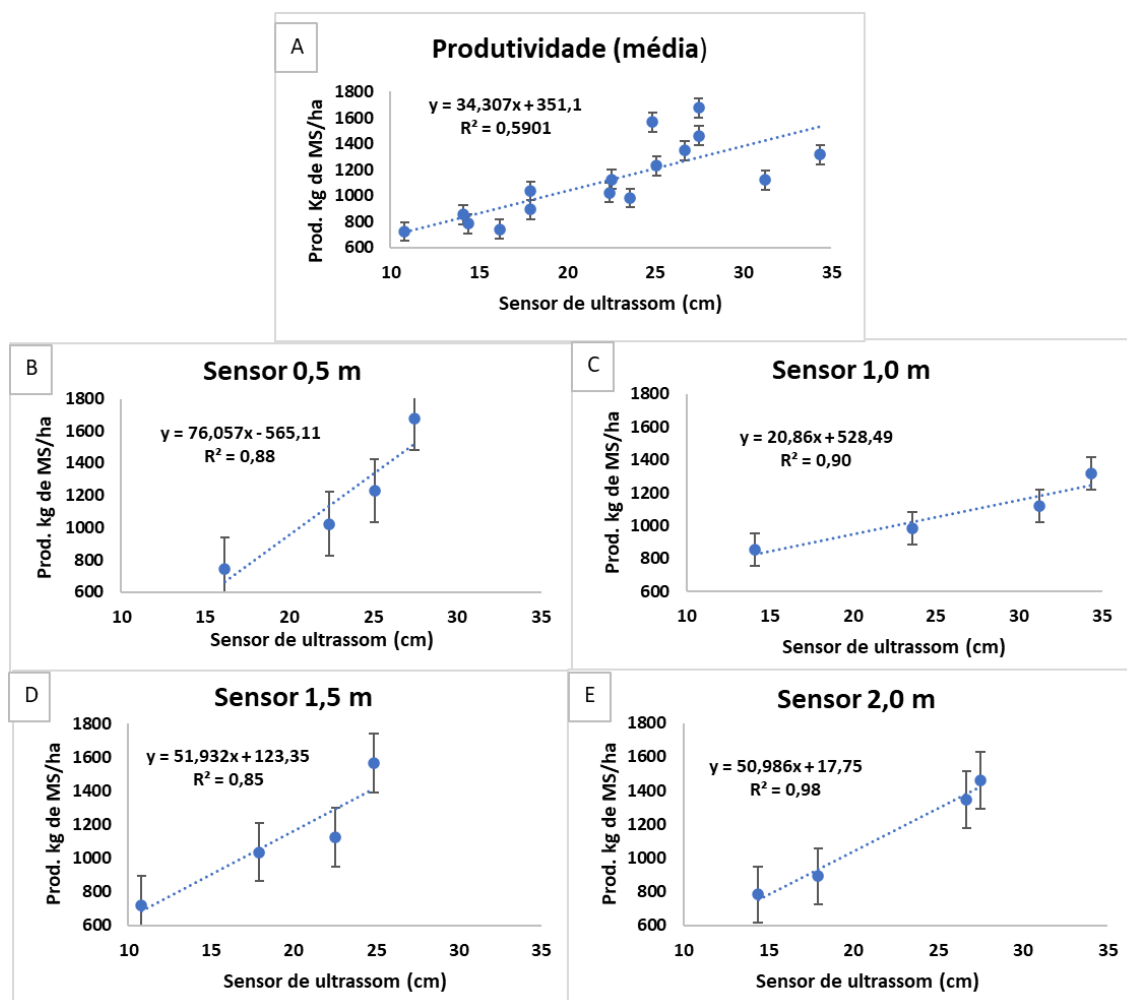
Avaliando dentro dos períodos quando o capim apresenta um desenvolvimento a partir de 14 dias de rebrotação, os tratamentos apresentam diferença significativa. As características do capim vêm se alterando com o tempo, apresentando um acúmulo de biomassa, além do aumento da área folhar, maior número de folhas e perfilhos (DA SILVA *et al.*, 1998).

O método do sensor de ultrassom, por se tratar de um método que avalia a altura não comprida do pasto, respeitando o arranjo e a orientação original das partes morfológicas das plantas no dossel, o cultivar com maior densidade de área foliar e com maiores taxas de acúmulo de forragem tende a apresentar alturas mais elevadas para o incremento em massa de forragem (FAGUNDES *et al.*, 1999; CARNEVALLI, 1999).

Gonzales *et al.* (1990), trabalhando com a espécie *Cynodon dactylon* com e sem presença de animais, constaram que a massa de forragem calculada através de calibrações de altura de planta foi influenciada pela estrutura da pastagem. Avaliando os tratamentos no decorrer dos períodos foi realizado as regressões para cada tratamento,

objetivou-se avaliar a estimativa de produção de MS/ha nos períodos de rebrotação como mostra a figura 10.

Figura 10. Regressão da estimativa de produção das médias de altura do sensor de ultrassom avaliadas nos períodos de rebrotação do capim Tifton 85.



Fonte: Próprio autor.

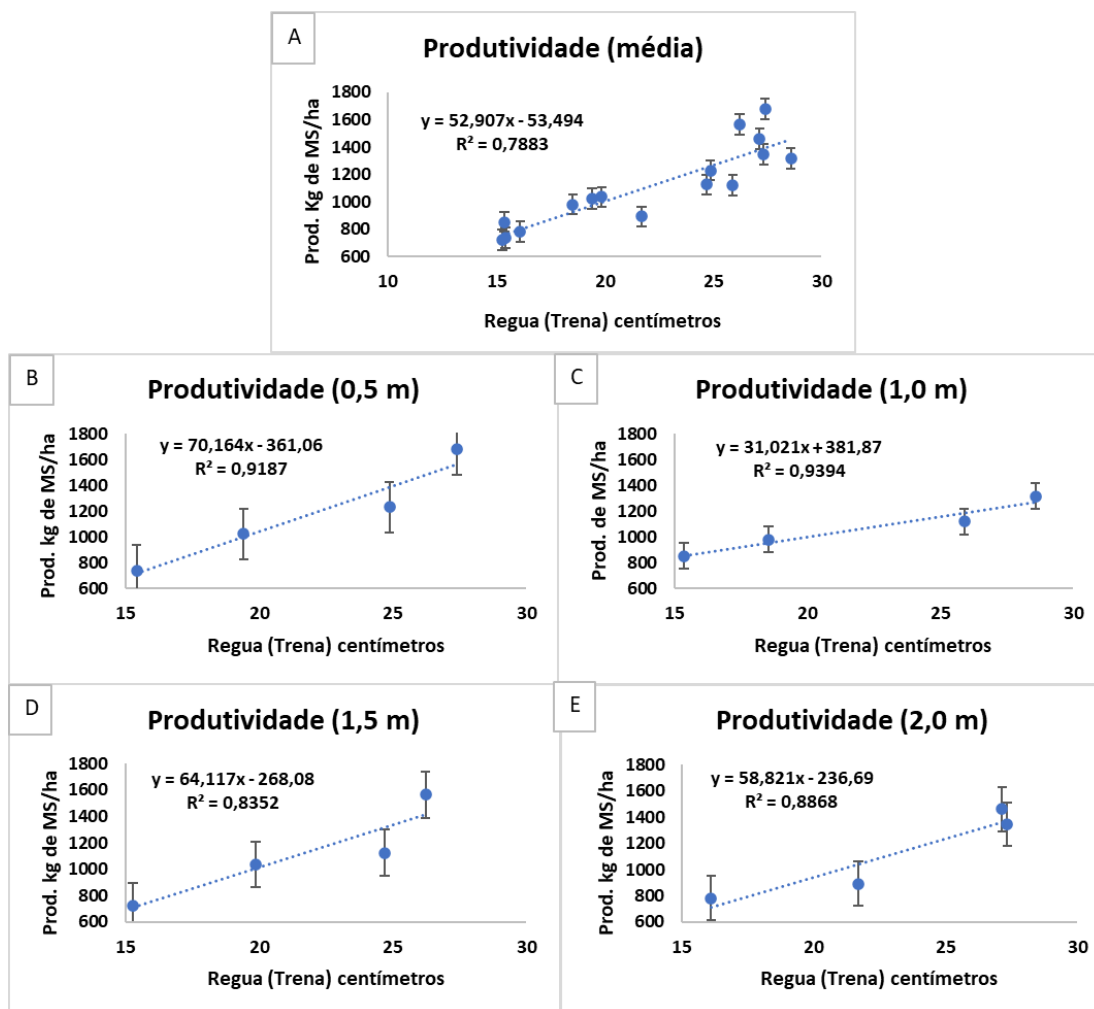
No quadro A foi apresentado a estimativa de produtividade média em kg de MS/ha pela altura do sensor de ultrassom realizada pelos tratamentos nos períodos. Apresentado por uma linear crescente, onde se obteve um R^2 de 0,59, CV% 27,40, erro Padrão da média de 0,88 (n=192). No quadro B, C, D e E apresentou uma regressão positiva dos tratamentos 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 estimando a produtividade pela altura do sensor com um R^2 de 0,88, 0,90, 0,85 e 0,98 com n= 48 respectivamente. Mostrando que os tratamentos 1,0 e 2,0 apresentaram um maior R^2 comparado com os outros tratamentos. Os valores de R^2 do sensor foram bem maiores comparados com os encontrados por Cauduro *et al.*, 2006, onde

avaliando métodos preditores de massa de forragem encontrou R^2 de 0,149, 0,206 e 0,655 com CV% de 31,54, 25,71 e 10,31, utilizando medidor de capacitância, disco medidor de forragem e bastão graduado respectivamente.

Da Silva e cunha (2003) avaliando o disco medidor de forragem e o bastão graduado em cultivares do gênero *Cynodon* ('Tifton- 85', 'Coastcross-1' e 'Florakirk'), utilizadas sob regime de pastejo contínuo com as alturas do pasto de 5, 10, 15 e 20 cm, obtiveram valores de R^2 para o disco medidor de forragem e bastão graduado na primavera e verão com a cultivar 'Tifton-85, de 0,73 e 0,77. e 0,72 e 0,81, respectivamente. Mostrando que o modelo matemático de estimativa de MS do sensor utilizado no presente estudo, apresenta precisão nas leituras de altura para o capim Tifton 85, com valores de R^2 satisfatório comparados com outros métodos de avaliação indireta de massa de forragem. Dessa forma, o sensor de ultrassom pode se tornar uma ferramenta importante para o monitoramento e o planejamento da disponibilidade de forragem tanto para situações de pesquisa como para manejo dos sistemas de produção animal que utilizam pastagens.

Na figura 11 são apresentados os resultados da produtividade observada e predita, em relação a altura aferida pelo auxílio da régua do capim Tifton 85 durante os três ciclos. No quadro A, foram observadas as produtividades em relação à altura da régua, se ajustou ao modelo teórico linear com R^2 de 0,78 e CV de 24,18% e $n=192$. Assim, o ajuste a algum modelo matemático de regressão, seja ele linear, era um requisito para se realizar uma comparação entre resposta produtiva e altura do dossel. Desse modo, nos quadros B, C, D e foram apresentados modelos lineares com R^2 de 0,91; 0,93; 0,83 e 0,88 para os tratamentos 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 com $n= 48$, respectivamente.

Figura 11. Regressão entre a produtividade em kg de MS/ha e as alturas do dossel observadas pelo método da transparência para cada tratamento.



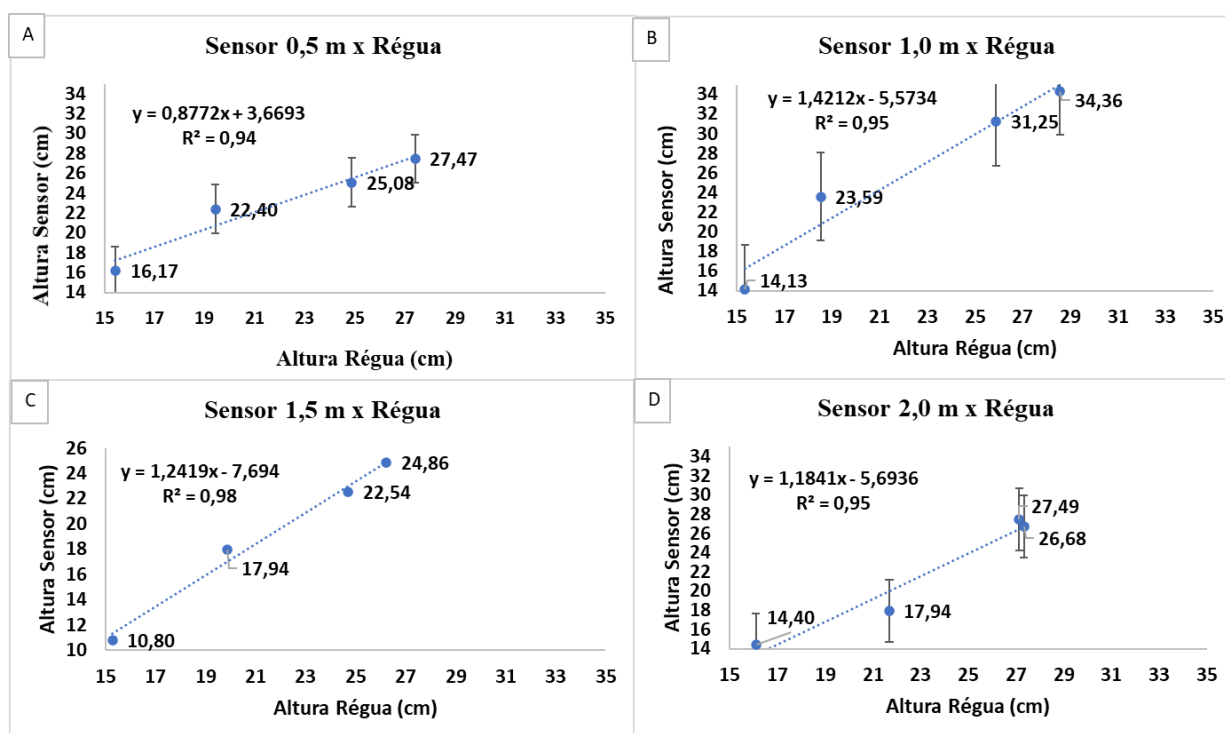
Fonte: Próprio autor.

De acordo com Dofloth *et al.*, 2015, avaliando os métodos diretos, da régua e disco medidor para a estimativa de produção de pasto (MS) a análise de regressão mostrou modelo significativo quando se observa valores de 0,57 e 0,73 R^2 e de 18,3 e 14,5% CV para régua e disco medidor respectivamente.

O modelo apresentou R^2 dentro dos valores encontrados na literatura quando se compara com dados de estimativa de outros aparelhos, segundo Lopez Dias e Gonzalez (2003) e Dobashi *et al.*, (2001) avaliando os métodos indiretos, encontraram valores de 0,82 a 0,97 R^2 quando comparados com outros tipos de técnicas de medição indireta.

Foi realizado também a regressão das medias de altura do dossel feitas pela régua em relação as medias dos tratamentos de altura do sensor de ultrassom, onde apresentou um coeficiente de determinação de R^2 de 0,94; 0,95; 0,98 e 0,95 para os respectivos tratamentos 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 m, mostram que com o aumento da altura do capim, houve maior relação entre as medidas pelo aparelho ultrassom e a medida por transparência (Figura 12).

Figura 12 – Regressão entre as alturas do dossel observadas pelo método da transparência e o aparelho de ultrassom para cada tratamento.



Fonte: Próprio autor.

Quando observamos as medias do sensor de ultrassom com as medias previstas das alturas utilizando a régua, temos valores altos de R^2 , mostrando uma precisão nas alturas aferidas pelo ultrassom comparado com as alturas médias da régua.

Lopez Diaz e Gonzalez (2003) verificaram em sua pesquisa que todos os métodos estão associados a erros variando de moderado a elevado. Alguns métodos indiretos de estimativa de rendimento são apropriados em determinadas condições. Em termos gerais, nenhum método pode ser apontado como o mais apropriado porque muitos fatores, como variações climáticas, características do solo, fenologia da planta e composição florística, podem apresentar influenciar de diferentes formas o método empregado. Tais autores ainda

ressaltam que, melhores resultados foram obtidos adaptando os métodos gerais às condições locais por meio de calibrações.

Neste estudo, o sensor de ultrassom avaliado em diferentes distâncias do solo mostrou-se efetivos, gerando informações seguras, com economia de mão de obra comprovando viabilidade de utilizações em pastagens e, evidentemente, devem ser preconizados alertando-se sobre as suas restrições para o monitoramento da MS em pastagens. Os valores do sensor de ultrassom neste trabalho atingiram a precisão preconizada por THOMPSON (1986), que mencionou que valores de coeficiente de determinação inferior a 0,75 não são satisfatórios.

5 CONCLUSÃO

A parametrização do modelo matemático para o sensor de ultrassom como ferramenta para estimativa de produtividade em massa seca do capim tifton 85 foi efetivo.

O sensor de ultrassom pode ser utilizado em qualquer distância do solo, pois apresentou precisão nas estimativas de MS do capim Tifton, independente da distância ao solo.

Pode ser calibrado e utilizado como ferramenta de gestão pecuária para a estimativa de produtividade de massa seca do capim Tifton 85.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. de C.; NOGUEIRA, S. F. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, MG, v. 7, n. 1, p. 34-41, 2017.
- ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; BOTRELI, M. & MARTINS, C. E. Respostas do coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 833-840, 1998.
- ARAUJO, C. Custos: um desafio para a gestão no agronegócio. **Agribusiness Mackensie**, São Paulo, p. 28-33, 2016. Disponível em: <https://www.mackensie.com.br/artigos/custos-umdesafio-para-gestao-no-agronegocio/>. Acesso em: 07 jul. 2022.
- BARNETT, V. Simple random sampling. In: BARNETT, V. **Elements of sampling theory**. London: English Universities Press, 1974. p. 22-48.
- BROCKETT, B. H. **African Journal of Range & Forage Science** n. 13, n. 1, 1996- .
- CAUDURO, G. F.; CARVALHO, P. C. de F.; BARBOSA, C. M. P. LUNARDI, R. PILAU, A.; FREITAS, F. K. de.; SILVA, J. L. S. da. A comparação de métodos de medida indireta de massa de forragem em pasto de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1617-1623, set-out, 2006.
- CARNEVALLI, R. A. **Desempenho de ovinos e resposta de pastagens de *Cynodon* spp. Submetidas a regimes de desfolha sob lotação contínua**. Piracicaba, 1999. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1999.
- DA SILVA, S. C.; PASSANEZI, M. M.; CARNEVALLI, R. A.; PEDREIRA, C. G. S.; FAGUNDES, J. L. Bases para o estabelecimento do manejo de *Cynodon* sp. para pastejo e conservação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1998, Piracicaba. **Anais [...]** Piracicaba: ESALQ-USP, 1998. p. 129-150.
- DA SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F. A planta forrageira no sistema de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM: A PLANTA FORRAGEIRA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO, 17., Piracicaba, 2000. **Anais [...]** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 3-21.
- DA SILVA, S.C.; CUNHA, W.F. Métodos indiretos para estimar a massa de forragem em pastos de *Cynodon* spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 8, p. 981- 989, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/pw9s3BV3gZWdTDLFjwTN4Gh/?lang=t>. Acesso em: 07 jul. 2022. doi: 10.1590/S0100 204X2003000800011.
- DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2017. 24 p.

DUFLOTH, J. H.; BACK, A. J.; PASSOS, R. dos. Estimativa da produção de pasto através de dois métodos indiretos: Régua (altura) e Disco Medidor (densidade). **Agropecu. Catarin.**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 83-86, mar. 2015.

EGIZMO. **Ultrasonic Sonar Module**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://mirrobo.ru/micro/wpcontent/uploads/2017/01/ultrasonic-sonar-module1r0.pdf#page=1&zoom=auto,-73,798>. Acesso em: 06 jul. 2022.

EMBRAPA. **Agricultura e preservação ambiental: uma análise do cadastro ambiental**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/car/sintese>. Acessado em: 24 mar. 2022.

ESTRADA, C. L. H.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J. Efeito do número e tamanho do quadrado nas estimativas pelo botanal da composição e disponibilidade de matéria seca de pastagens cultivadas. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 20, n. 50, p. 483-493. 1991.

FAGUNDES, J. L.; DA SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISIA, A. F.; CARNEVALLI, S. A.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. Sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999.

FONSECA, D. M.; SANTOS, M. E. R.; MARTUSCELLO, J. A. Importância das forrageiras no sistema de produção. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2010. p. 13-29.

FRAME, J. Herbage mass. In: HODGSON, J. *et al.* **Sward measurement handbook**. Berkshire: Brith Grassland Society, 1981. Cap. 3, p. 39-67.

FRICKE, T. F.; RICHTER, M. Wachendorf Assessment of forage mass from grassland swards by height measurement using an ultrasonic sensor. **Computer and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 79, p. 142-152, 2011.

GONZALES, M. A.; HUSSEY, M. A.; CONRAD, B. E. Plant height, disk, and capacitance meters used to estimate bermudagrass herbage mass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 861-864, 1990.

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Clayton, v. 15, p. 663-670, 1975.

HUTCHINGS, N. J.; PHILLIPS, A. H.; DOBSON, R. C. An ultrasonic rangefinder for measuring the undisturbed surface height of continuously grazed grass swards. **Grass & Forage Science**, Chichester, v. 45, p. 201-209, 1990.

LIU, K.; SOLLENBERGER, L.E.; NEWMAN, Y.C.; VENDRAMINI, J.M.B.; INTERRANTE, S.M.; WHITE-LEECH, R. Grazing management effects on productivity, nutritive value, and persistence of 'Tifton 85' bermudagrass. **Crop Science**, Hoboken, v. 51, p. 353-360, 2011.

LÓPEZ-DÍAZ, J., ROCA-FERNÁNDEZ, A.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. Measuring herbage mass by non-destructive methods: A review. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tehran, v. JAST A1, 303–314, 2011.

LOPEZ DIAZ, J.E.; GONZALEZ, R. Measuring grass yield by non-destructive methods. In: SYMPOSIUM OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, 12., 2003. **Proceedings** [...] Pleven, Bulgaria, 2003. Grassland Science in Europe, n. 8, p. 569-572, 2003.

MANNETJE'T, L. Measuring biomass of grassland vegetation. In: MANNETJE'T, L.; JONES, R. M. (ed.) **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CAB International, 2000. Cap. 7, p. 151-177.

MANNETJE'T, L. Measuring quantity of grassland vegetation. In: MANNETJE'T, L. (ed.) **Measurement of grassland vegetation and animal production**. Berkshire: CAB International, 1987. Cap. 4, p. 63-95.

MOTERLE, P. H.; ROCHA, M. G.; PÖTTER, L.; SICHONANY, M. J. O.; AMARAL NETO, L. G. A.; SILVA, M. F.; SALVADOR, P. R.; VICENTE, J. M. Padrões de deslocamento de bezerras de corte recebendo suplemento em pastagem de azevém. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 69, n. 4, p. 1021-1029, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9258>.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13, 1997, Piracicaba. **Anais** [...] Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. p. 15-95.

PEDREIRA, C. G. S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, [s. l.]. **Anais** [...] [S. l.: s. n.], 2022. p. 100-150.

POCZYNEK, M. *et al.* Capacidade produtiva e qualidade nutricional de gramíneas perenes submetidas a sistema contínuo de cortes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 68, n. 3, p. 785-794, 2016.

RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G. Produtividade de matéria seca e composição mineral do capim-tifton 85 sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 811-816, 2011.

ROLIM, F. A. **Estacionalidade de produção de forrageiras**: fundamentos da exploração racional, Piracicaba: FEALQ, v. 2, p. 533-566. 1994.

SALISBURY, F. D.; ROSS, C. **Plan physiology Wards**. [S. l.: s. n.], 1974.

SALMAN, A. K. D.; GUIMARÃES, J. P.; CANESIN, R. C. **Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. (Circular Técnica, 84).

SANCHES, A. C. *et al.* Produtividade, composição botânica e valor nutricional do Tifton 85 nas diferentes estações do ano sob irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 1, p. 221-232, 2016.

SCAGLIA, G.; BOLAND, H. T. The effect of bermudagrass hybrid on forage characteristics, animal performance, and grazing behavior of beef steers. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 92, p. 1228-1238, 2014.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370 p.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R de A.; RASSINI, J. B. **Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de microondas doméstico**. [S. l.]: Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2002.

SOUZA, M. A. **Pastejo rotacionado como ferramenta de sustentabilidade no semiárido**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina) - UniAGES, Paripiranga, 2021. Disponível em:
[https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/14728/1/Monografia MaxMed.Vet.OK_20210714093627%20%281%29.pdf](https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/14728/1/Monografia%20MaxMed.Vet.OK_20210714093627%20%281%29.pdf). Acesso em: 07 jul. 2022.

THOMSON, N. A. Techniques available for assessing pasture. **Dairy Farming Annual, Palmerston North**, v. 38, p. 113-121, 1986.

ZANINE, A. D. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. de J. Principais métodos de avaliação de pastagens. **Revista Electrónica de Veterinária REDVET**, [s. l.], v. 7, p. 1-13, 2006. DOI:
<https://doi.org/http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111106.html>