



LUCAS FERREIRA PENTEADO

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS INDIRETOS NA ESTIMATIVA
DA MASSA DE FORRAGEM: TIFTON 85**

**LAVRAS-MG
2019**

LUCAS FERREIRA PENTEADO

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS INDIRETOS NA ESTIMATIVA DA MASSA DE
FORRAGEM: TIFTON 85**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Márcio André Stefanelli Lara
Orientador

**LAVRAS-MG
2019**

LUCAS FERREIRA PENTEADO

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS INDIRETOS NA ESTIMATIVA DA MASSA DE
FORRAGEM: TIFTON 85**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Ms. Daniel da Cunha UFLA
Dr. Fernanda de Kássia Gomes UFLA

Prof. Dr. Márcio André Stefanelli Lara
Orientador

Ms. Sérgio Domingos Simão
Coorientador

**LAVRAS-MG
2019**

Aos meus pais por todo apoio que me deram durante toda formação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Zootecnia (DZO), em especial ao Setor de Forragicultura por me dar a oportunidade e possibilitar meu crescimento.

Aos meus pais Jeronimo Tadeu Caldeira Ferreira Penteado e Arlete Aparecida Rocha, que me mostraram como o estudo é importante e não mediram esforços para me apoiar no que foi preciso, mesmo com as dificuldades. Os quais sempre trabalharam muito para manter esse meu sonho de obter um título de graduação.

A minha namorada Jéssica Alexandra Giarola Agostinho que durante minha trajetória pela universidade sempre me deu o apoio e a confiança necessária para sempre batalhar e seguir em busca dos meus objetivos.

Ao meu orientador professor Márcio Lara por acreditar em mim, ensinando como é o meio científico e trabalhar melhor para obter resultados, sempre reparando todos detalhes. Contribuindo com minha formação e tornando um aluno cada vez melhor.

Aos pós-graduandos da forragem Daniel Cunha, Sergio Domingos Simão, que de alguma maneira sempre me ajudaram para que realizasse meus trabalhos na área, além de serem ótimas companhias diárias.

A todos do Setor de Forragicultura que conviveram comigo uma parte de minha graduação sendo ótimos colegas e amigos, que levarei para o resto da vida.

Aos membros do NEFOR que me proporcionaram mais conhecimento e possibilitaram conhecer novas pessoas.

GRATIDÃO!

*“Eu sei que ela nunca compreendeu os meus motivos de sair de lá, Mas ela sabe que
depois que cresce o filho vira passarinho e quer voar”
(Zezé de Camargo e Luciano)*

RESUMO

A produção de espécies forrageiras no Brasil possui um histórico de baixo aproveitamento de seus recursos, ocasionando um entrave para o aumento da produtividade pecuária no país. Compreender melhor a respeito dos fatores que levam a essa subutilização, contribui para melhores resultados dentro e fora da fazenda. Uma das formas de aproveitar melhor a forragem que está sendo produzida é mensurar a massa de forragem, no entanto esse processo pode ser oneroso e usar muito do tempo do pecuarista, com isso, alguns parâmetros podem ser checados como a altura do dossel forrageiro, sua densidade ou os teores de clorofila e relacioná-los com a massa de forragem obtendo de forma rápida e econômica esse valor. Objetivou-se, com esse trabalho, calibrar um prato ascendente com as configurações do prato Neozelandês da Jenquip, aqui chamado de “prato convencional” sendo ele um prato automatizado chamado Smart 1 da SmartFarmBR, e relacionar os valores de massa de forragem com as demais variáveis morfofisiológicas para o cultivar Tifton 85 e definir quais parâmetros podem ser usados com maior acurácia para estimar a massa de forragem. O ensaio foi conduzido no Campus da Universidade Federal de Lavras, no campo agrostológico do setor de forragicultura do Departamento de Zootecnia durante o período de 28/03/2019 a 09/05/2019, totalizando 7 avaliações semanais, as quais foram realizadas medidas indiretas de altura, leituras com os pratos ascendente convencional e prato ascendente Smart 1, leituras com *GreenSeeker Handheld Crop Sensor (GS)* e *atLeaf Handheld chlorophyll meter (SG)* para determinação de clorofila. Foram realizadas também medidas diretas com coleta de massa de forragem ao nível do solo em uma área de 0,25 m². Houve correlações positivas para todas as variáveis relacionadas com exceção do índice de área foliar com a massa de forragem. O Smart 1 foi mais bem correlacionado com todas as variáveis estudadas do que o prato convencional. As correlações ficaram acima de 95% e é possível utilizar qualquer equipamento para correlacionar massa de forragem. É possível também utilizar o GS e SG para estimar a massa de forragem. Com o *atLeaf* foi possível estimar a produção de proteína bruta (PB) da forragem e também correlacioná-la com a massa de forragem, permitindo que apenas uma avaliação seja realizada nos pastos adquirindo massa de forragem e PB em dosséis de Tifton 85.

Palavras-chave: Temperatura mínima. Taxa de acúmulo de forragem. Estimativa de produção. Medidas indiretas de forragem. Correlações.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Precipitações acumuladas (A) e temperaturas mínimas (B) durante o período de coleta de dados.....	19
FIGURA 2 – Vista da parcela do campo agrostológico utilizada para o ensaio.....	20
FIGURA 3 – Coleta de amostra ao nível do solo com o auxílio do quadrado de 0,25m ²	21
FIGURA 4 – Separação dos componentes morfológicos em: folha, colmo e material morto.....	21
FIGURA 5 – Correlação linear entre a Massa de Forragem (MF) com as variáveis: Prato ascendente Smart 1 (S), prato ascendente convencional (C), sensor óptico GreenSeeker (GS), clorofilômetro Spad Green (SG), altura (A) e Índice de área foliar (IAF).	25
FIGURA 6 – Análise de regressão linear simples entre MF com as variáveis: prato ascendente Smart 1 (S - cm), prato ascendente convencional (C - cm), sensor óptico GreenSeeker (GS) e altura (A - cm).	26
FIGURA 7 – Análise de regressão exponencial entre o teor de proteína bruta (PB%) com o sensor óptico GreenSeeker e as regressões lineares simples entre o GreenSeeker e massa de forragem e entre o GreenSeeker com o clorofilômetro atLeaf.	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Tifton 85.....	14
2.2 Métodos diretos e indiretos para estimar a produção de forragem.....	15
2.3 Métodos indiretos para estimativa de clorofila e valor de proteína bruta	16
2.4 Calibração do prato Smart1 para a cultivar Tifton 85	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Unidade para realização do ensaio e coleta de dados.....	19
3.2 Massa de forragem coletada em campo.....	20
3.3 Medidas de altura e densidade do dossel forrageiro	22
3.4 Medidas de clorofila e NDVI	22
3.5 Como realizar a integração da área foliar com o aparelho LAI-3100...	23
3.6 Análises dos dados	23
4 RESULTADOS	25
5 DISCUSSÃO	29
6 CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

O potencial agropecuário brasileiro vem ganhando forças nos últimos anos mesmo tendo uma redução de área de aproximadamente 160,1 milhões de hectares em 2006 para 149,7 milhões de hectares em 2017 (IBGE, 2017), e uma redução em relação ao número de animais de 2,4% no mesmo período, alcançando um valor de 171,858 milhões de cabeças de gado (RAMOS, 2018), sendo composta de 4,85 milhões de cabeças em confinamento (IBGE, 2017). Tais dados indicam um melhor aproveitamento dos recursos forrageiros proporcionando um incremento no número de cabeças de gado por hectare, gerando assim maior rentabilidade a toda cadeia produtiva pecuária brasileira.

Essa realidade tem se tornado possível, pois o monitoramento de variáveis ligadas a produção de massa de forragem, ao valor nutritivo e a resiliência dessa forrageira no ambiente contribuem para melhores decisões de planejamento e manejo.

Portanto, a necessidade da tomada de decisão deve ser realizada dentro de critérios técnicos provados, principalmente, no caso do produtor especializado dedicado a pecuária empresarial (PEDREIRA, 2002).

A mensuração da massa de forragem pode ser realizada desde o corte de toda forragem presente no pasto e sua pesagem, o que torna o método inviável, passando pelo corte de uma amostra de área conhecida, fazendo da seleção de locais uma premissa importante para a melhor estimativa da forragem produzida.

Podemos utilizar em conjunto os métodos indiretos para estimar a massa de forragem, esses métodos relacionam características mais facilmente mensuráveis (CUNHA, 2002) como a altura do dossel e densidade do dossel forrageiro e os teores de clorofila presente na forragem. Porém é necessário considerar a existência de barreiras para a mensuração desses parâmetros com acurácia, um deles consiste na variabilidade do dossel forrageiro, sendo este efeito minimizado por meio de procedimentos adequados de amostragem (DIFANTE, 2003) e que deve ser observado para cada espécie que será avaliada.

Objetivou-se com este trabalho a avaliação de métodos diretos e indiretos de uma área cultivada com o capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*), com a finalidade de correlacioná-las e definir se seria possível correlacionar uma única variável na estimativa a massa de forragem. Objetivou-se também realizar a primeira calibração do Smart 1 para o cultivar Tifton 85.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tifton 85

Pertencente ao gênero dos *Cynodons*, é originário da África Tropical (PEDREIRA et al., 1998), possui o habito de crescimento estolonífero com estolões médios, é um híbrido estéril resultante do cruzamento entre a espécie TIFTON – 68 (*Cynodon spp.*) e a espécie Bermuda Grass da África do Sul (PI 290884) (*Cynodon dactylum*). Desenvolvido na estação experimental da Universidade da Geórgia e introduzido no Brasil a partir de 1993, com a finalidade de resistir às geadas e secas prolongadas (ASSESSORIA TÉCNICA COPÉRDIA, 2010).

O Tifton 85 (*Cynodon spp.*) consiste de uma planta com alta exigência nutricional, principalmente em nitrogênio, segundo recomendações de adubação em pesquisas a dose se encontra por volta de 300 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, para que se tenha melhor relação entre matéria seca produzida e kg de N aplicado, sendo parcelado no mínimo em três adubações (primavera, verão e outono), na forma de sulfato de amônio. A quantidade de matéria seca produzida segundo pesquisas indicam valores de até 55 kg ha⁻¹ dia⁻¹ (SOARES FILHO et al., 2002; ROCHA et al., 2000), podendo ultrapassar os 165 kg ha⁻¹ dia⁻¹ quando utilizado um sistema de irrigação (AGUIAR et al., 2006).

Apresenta resistência ao fogo devido a seus rizomas, que são estruturas subterrâneas com pontos de crescimento possibilitando uma melhor rebrota e a sua capacidade de ser resistente a diversas doenças. Não se desenvolvem em locais onde ocorrem deficiências nutricionais limitantes, por isso é obrigatório para seu estabelecimento à quantidade necessária de adubos e corretivos segundo a análise de solo da área, a recomendação do plantio das mudas preconiza o acompanhamento das curvas de nível em toda a área de forma a permitir a obtenção de um estande satisfatório (RESENDE & ALVIM, 1996).

Seu plantio deve ser realizado em período chuvoso ou utilizar um sistema de irrigação para suprir a necessidade da espécie, tendo nas regiões Sudeste e Centro Oeste as melhores épocas de plantio de outubro ao final de março.

Sendo que os plantios realizados de outubro a janeiro possuem mais chances de estabelecimento por sofrerem menos com estresse hídrico e a baixas temperaturas (SEGHESE, 2009), tendo o estabelecimento do dossel forrageiro no solo realizado em torno de 90 dias

(ASSESSORIA TÉCNICA COPÉRDIA, 2010), além de ser classificado como moderadamente susceptível a cigarrinha das pastagens (SOARES FILHO, 2002).

Para contribuir no estabelecimento e na expressão de seu máximo potencial produtivo devemos coletar informações específicas sobre o dossel forrageiro, que são realizadas através de métodos diretos e indiretos de amostragem informando assim as condições reais do ambiente.

2.2 Métodos diretos e indiretos para estimar a produção de forragem

A quantificação do alimento disponível aos animais em pastagens tem se apresentado como um grande entrave para o aumento produtivo da pecuária brasileira devido à estacionalidade de produção forrageira, que apresenta uma grande variabilidade na produção de matéria seca de estação para estação e mês a mês (CUNHA, 2002).

Para termos o valor real da massa de forragem que está sendo produzida, o método mais exato de se quantificar seria cortar por completo ao nível do solo, secá-la e pesá-la (BURNS et al., 1989), e assim avaliar os teores de matéria seca. Portanto a coleta de massa de forragem se torna inviável pela presença de animais na área que não podem ficar sem alimento e a quantidade de mão de obra e tempo necessário para realizar esse tipo de amostragem.

Para contribuir com essas informações foi desenvolvida a metodologia direta, que consiste da retirada de uma amostra com valor de área definido, e posteriormente, separada seus componentes morfológicos em: folha, colmo, material morto e perfilho reprodutivo, para se encontrar os valores estimados de produção de matéria verde total e matéria seca total.

Mas para que as medidas se tornem significativas e mais acuradas é necessário que os procedimentos de amostragem sejam feitos em um menor tempo possível (DIFANTE, 2003).

Juntamente com a metodologia direta a mensuração da massa de forragem realizada de forma indireta também surgiu como um recurso para aperfeiçoar e facilitar a coleta de dados, consistindo da medida de altura do dossel forrageiro com um bastão graduado e transparência a ser colocado na extremidade superior do dossel.

A medida de densidade da forragem, é realizada por meio de um disco medidor (quadrado ou redondo) de metal ou acrílico de diâmetro e peso conhecidos, desenvolvido por Bransby e Tainton (1977) o qual desliza ao longo de um eixo central (PELLEGRINI et al., 2005), sendo mensurada por uma escala graduada gerando o valor da compressão da forragem. Consiste em uma medição rápida e fácil, entretanto precisa ser feita no mínimo em

50 pontos dentro da área para que se tenham resultados confiáveis (BRANSBY; TAINTON, 1977) buscando sempre a homogeneidade, seja ela realizada em pastagens estabelecidas ou parcelas experimentais.

Os métodos indiretos têm por base a técnica de dupla amostragem, simultaneamente com o método direto, gerando uma calibração. É muito importante que a calibração seja feita de forma a abranger a amplitude de condições da pastagem e de massa de forragem onde o método indireto será realizado, normalmente em um número pequeno de locais (FRAME, 1981; MANNETJE, 2000; PEDREIRA, 2002).

Segundo Pedreira (2002) esta é uma técnica interessante já que é baseada no princípio segundo o qual as leituras do instrumento são influenciadas por combinações de altura e densidade da cobertura vegetal e têm a vantagem de combinar duas características do dossel forrageiro (altura e densidade), que em conjunto, estão mais fortemente associadas com a massa de forragem (MF) do que a altura sozinha.

A altura do prato medidor é uma técnica mais eficiente para medir a MF de dosséis de porte médio a baixo, de espécies folhosas e de colmos macios. Em dosséis com colmos muito grandes e rígidos a leitura pode não levar em conta a densidade, mas responder apenas a altura, resultando em correlações fracas entre altura do prato e MF, por isso não é uma técnica indicada para este tipo de situação onde grande parte da vegetação está acamada.

Com os valores obtidos em uma escala temporal, pode se obter uma curva de calibração para cada espécie, região e estação para estimar a produção de massa de forragem da pastagem, o que proporciona uma maior precisão a respeito das previsões e decisões a serem tomadas a respeito da quantidade de material forrageiro produzido na pastagem.

2.3 Métodos indiretos para estimativa de clorofila e valor de proteína bruta

Outra maneira indireta que pode ser utilizada para auxiliar no manejo das pastagens seria a determinação da quantidade de clorofila presente na planta, podendo ser associada aos teores de nitrogênio presentes na mesma, o que nos indica o valor de proteína bruta presente nessa forragem.

A molécula de clorofila presente nos cloroplastos, compostos de um conjunto de discos membranáceos (tilacóides), dispostos em pilhas (TAIZ et al., 2017) é formada de cinco elementos: nitrogênio, oxigênio, hidrogênio, carbono e o íon magnésio, sendo que envolvendo o íon magnésio na parte central das moléculas se encontram ligados quatro moléculas de

nitrogênio, destacando sua importância para a formação de tal grupo de pigmentos fotossintéticos.

Outro ponto que pode ser explorado são as proteínas, formadas de um conjunto de aminoácidos, e esses consistem de um aglomerado de compostos nitrogenados, tais como as proteínas estruturais presentes nos tilacóides (TAIZ et al., 2017).

Devido a esses fatores, estimar a quantidade de clorofila por métodos indiretos viabiliza obter informações a respeito do manejo da planta forrageira e seus aspectos nutricionais. Para isso deve-se utilizar equipamentos como o aparelho *GreenSeeker Handheld Crop Sensor* detentor do sensor ótico NTech segundo a empresa Trimble (2019), tendo uma leitura de NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) variando de 0,00 a 0,99 e uma de suas propostas seria estimar a quantidade de nitrogênio a ser aplicada, não realizada no trabalho por não haver equações calibradas para espécie em questão, e em posse de curvas calibradas estimar o teor de clorofila.

O clorofilômetro *atLeaf Handheld chlorophyll meters* possui diodos que emitem radiação em 650 nm (luz vermelha) e 940 nm (radiação infravermelha), esses sinais passam por um microprocessador que calcula valores proporcionais aos de teor de clorofila presente na folha (MINOLTA, 1989).

A absorvância das clorofilas é muito eficiente em 650 nm, mas é desprezível em 940 nm (MINOLTA, 1989; MARENCO; LOPES, 2007). Desse modo, o sinal derivado da emissão em 650 nm é utilizado no cálculo do teor relativo de clorofila, enquanto que o sinal originado da emissão em 940 nm serve como um fator de correção para compensar a absorção de fótons em 650 nm por moléculas do tecido foliar desprovidas de clorofila.

A partir desses resultados podemos observar que os métodos podem ser utilizados em conjunto, tornando-se necessário a realização de sua calibração para que resulte em uma maior precisão entre os valores reais observados e os valores preditos.

2.4 Calibração do prato Smart1 para a cultivar Tifton 85

A realização da calibração de um aparelho em desenvolvimento pela SmartFarmBR baseia-se no processo de ajuste de saída dos dados visando estabelecer resultados conforme a norma aplicada e a precisão especificada, sendo crucial para o seu desempenho na coleta de dados independentemente da etapa de produção na qual ele é usado (INMETRO, 2019). Para isso concomitante com as medidas realizadas, devem ser coletadas outras variáveis para que

seja realizada uma transformação da leitura em massa de forragem, por meio de uma equação de calibração apropriada e específica (FRAME, 1981).

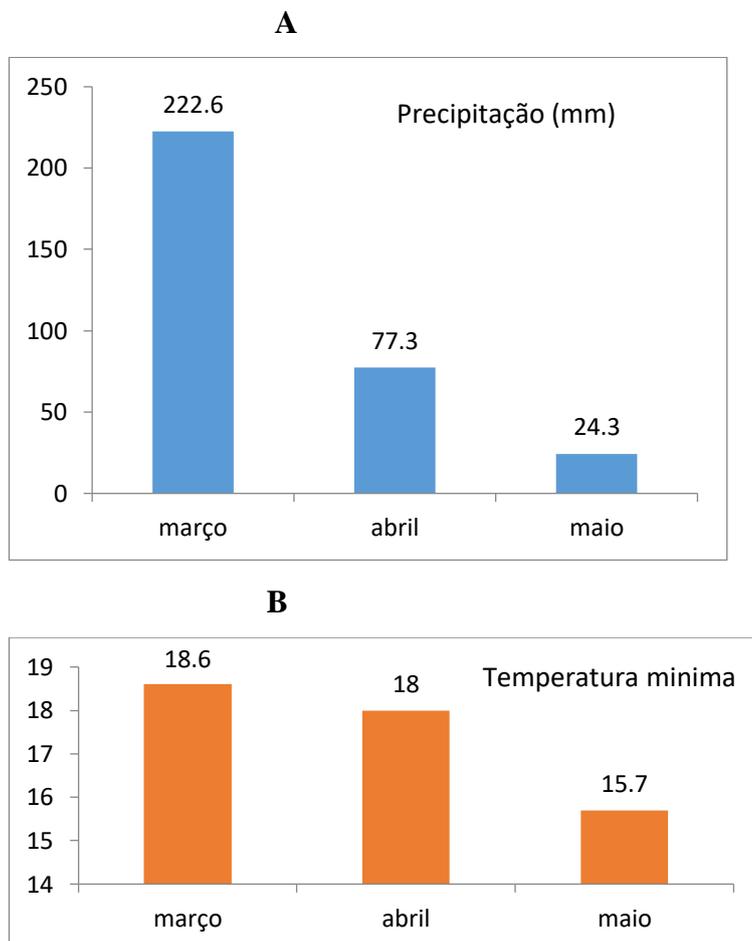
Para se obter os valores de interesse, parâmetros como a altura, densidade e teor de clorofila foram mensurados e correlacionados com a medida do aparelho Smart 1. Para assim estimar somente realizando a leitura de um único aparelho os demais valores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Unidade para realização do ensaio e coleta de dados

O presente estudo foi conduzido no Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras-MG (21°13'52'' de latitude Sul e 44°58'10'' de longitude Oeste, altitude 911m). O clima é classificado (Sistema Köppen) como tropical de altitude com a ocorrência de verões quentes e úmidos e invernos frescos e secos (Cwa) (SÁ JUNIOR et al., 2012), onde a temperatura mínima média foi de 17,44° C e com precipitação acumulada de 324,2mm (INMET, 2019) ao longo do experimento (Figura 1).

FIGURA 1 – Precipitações acumuladas (A) e temperaturas mínimas (B) durante o período de coleta de dados.



A parcela utilizada para realização das avaliações e coleta de dados possuía 2,0 x 2,0 metros (Figura 2), formadas no ano de 2017 por meio do plantio de mudas, onde foi realizado o corte da forragem no dia zero do ensaio à 10 cm do solo e adubado com 120g de N e 120g de KCl seguindo a recomendação de 300 kg ha⁻¹.

FIGURA 2 – Vista da parcela do campo agrostológico utilizada para o ensaio.



O ensaio iniciou-se em 28 de março de 2019 e foi finalizado em 09 de maio de 2019, consistindo de sete ciclos de coletas semanais os quais foram retiradas amostras ao nível do solo utilizando um quadrado de amostragem de 0,25 m² (0,25 x 1 m) (Figura 3), com a finalidade de estimar a produção de massa de forragem (kg MS ha⁻¹) da espécie forrageira, calibrar o prato ascendente Smart 1 e encontrar a medida que possua as melhores correlações com as demais variáveis.

3.2 Massa de forragem coletada em campo.

A cada ciclo de crescimento, amostras de massa de forragem foram retiradas cortando-se ao nível do solo em uma moldura metálica retangular, medindo 0,25 m², utilizada por pesquisadores em áreas de produção mais uniforme (SALMAN; SOARES; CANESIN, 2006).

O corte foi realizado com o auxílio de tesoura em pontos da parcela onde a condição de vegetação foi representativa da média.

As amostras de massa de forragem verde foram pesadas no laboratório e separadas em subamostras acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados e armazenados em freezer a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente foi realizada a separação morfológica (folha, colmo e material morto) (Figura 4), colocadas em saco de papel e então levados para uma estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas, para secagem e determinação da matéria seca.

FIGURA 3 – Coleta de amostra ao nível do solo com o auxílio do quadrado de $0,25\text{m}^2$.



FIGURA 4– Separação dos componentes morfológicos em: folha, colmo e material morto.



3.3 Medidas de altura e densidade do dossel forrageiro

Um método de estimação de forma indireta é o da altura do dossel ou Método da Régua, que consiste da medição da altura da pastagem com régua graduada em centímetros, procurando a altura média das folhas da pastagem conforme descrito por Frame (1981). A régua é um instrumento amplamente utilizado na Europa e mede simplesmente a altura das plantas no dossel forrageiro, em vez de comprimir a altura da pastagem. Entretanto, a altura do dossel pode ser difícil de medir devido à subjetividade associada ao se formar uma medida a partir da altura média (LOPEZ DIAZ; GONZALEZ, 2003).

O uso da altura do dossel como medida indireta é, portanto, melhor relacionado com a massa de forragem se a densidade do dossel for uniforme e constante ao longo de todo o perfil. Como isso é improvável, mesmo nos dosséis forrageiros mais homogêneos, a massa de forragem será não raramente superestimada quanto mais alta for o dossel, pois as maiores densidades são frequentemente encontradas nos estratos inferiores, próximo à base da vegetação (SILVA et al., 2016).

Outro método de medição de forragem de forma indireta é por meio do disco medidor de pastagem: *Rising Plate Meter* (Prato ou Disco Medidor Convencional) é um método indireto que envolve a relação entre a altura da sedimentação um disco de acrílico com 900 cm² e 480,2 g que se movimenta livremente por uma coluna graduada. Já o prato ascendente Smart 1 possui disco de 855,3 cm² e 482 g movimentando se ao longo de um eixo com 90 cm feito de metal onde se encontra embutido a sua central de comando de informações.

3.4 Medidas de clorofila e NDVI

A mensuração de dados realizada com o aparelho *GreenSeeker* seguiu a recomendação de se efetuar a leitura com uma determinada altura do dossel forrageiro, para que o aparelho obtenha um certo raio de irradiação de acordo com a cultura e assim nos gerar a informação a respeito do valor de NDVI (manual técnico *GreenSeeker*). Para o ensaio foi utilizada a altura de 60 cm da parte superior do dossel sendo instalado um cordão com um lastro na extremidade para facilitar a realização das leituras. No interior da parcela foram realizadas quatro leituras no local onde foram retiradas as amostras de forragem e outras seis leituras ao longo da parcela, buscando sempre realizar a medição em pontos onde fossem representativos e homogêneos.

A metodologia empregada com o aparelho *atLeaf* consistiu da leitura de 10 pontos coletados dentro do quadrado de amostragem, realizada na parte média das folhas escolhidas ao acaso. Com os valores obtidos em campo foi utilizada a equação $\hat{y} = 28,1 + 52,4x$ com o coeficiente de determinação (R^2) de 0,72 para obter os teores de clorofila presente nas folhas em micrograma cm^{-2} (ZHU, et al. 2012). Para que esses resultados pudessem ser transformados em teores de nitrogênio, foi necessária a conversão das unidades de $\mu\text{grama cm}^{-2}$ para $\mu\text{grama m}^{-2}$ multiplicando o valor por 10^6 e de μgrama para μmol , sendo necessário encontrar o valor da massa molar da clorofila, a qual possui valor médio entre clorofila de $899,999525 \text{ g mol}^{-1}$. Como na equação os valores não entram em valor decimal, precisamos dividir o valor da massa molar média por 100. Assim, dividimos o teor de clorofila pela massa molar média, gerando o percentual de nitrogênio existente nas amostras.

De acordo com a equação de Barbieri (2009) tem-se a relação das clorofilas totais (CFT) com o nitrogênio foliar, sendo $\text{CFT} = 58,61 + 9,894(\% \text{ N foliar})$ com R^2 de 0,841, quando inserido o teor de clorofila na equação ele nos fornece o teor de nitrogênio presente na espécie forrageira. Com esses valores de nitrogênio se multiplicado pelo fator 6,25 obtemos o teor de proteína bruta presente no alimento (PEREIRA, 2003).

3.5 Como realizar a integração da área foliar com o aparelho LAI-3100

Após descongelamento das subamostras e realizada a separação dos componentes morfológicos as lâminas foliares tiveram suas áreas medidas em um integrador de área foliar LI-COR modelo LAI-3100 antes da secagem com o valor da massa seca de lâminas foliares da subamostra e da leitura de área foliar do aparelho, foi calculada a relação entre massa seca de lâminas foliares e área foliar. Essa relação foi utilizada para se determinar a área foliar da amostra da qual a subamostra foi retirada. Os valores de IAF foram calculados a partir do quociente entre a área foliar da amostra e a área correspondente de amostragem. As massas secas de lâminas foliares e de material morto foram convertidas de forma análoga para kg de MS/ha (SBRISSIA; SILVA, 2008).

3.6 Análises dos dados

A análise de correlação de Pearson foi utilizada para verificar a relação linear entre a variável dependente massa de forragem (kg MS ha^{-1}) com as variáveis independentes: prato ascendente Smart 1 (cm), prato ascendente convencional (cm), clorofilômetro (*Spad Green*),

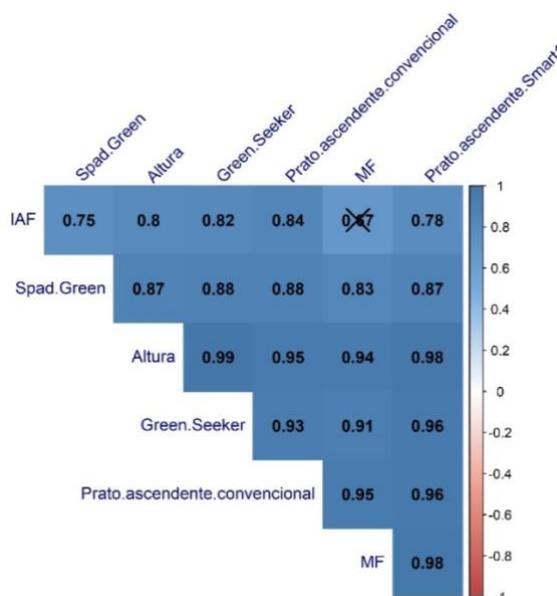
sensor óptico (*GreenSeeker*) e altura (cm). As análises foram realizadas, considerando nível de probabilidade de 5%, por meio das funções *cor* e *rcorr* dos pacotes *stats* e *Hmisc* e a função *corrplot* do pacote *corrplot* do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2019).

Foi realizada a análise de regressão da massa de forragem (kg MS ha⁻¹) com as variáveis (prato ascendente Smart 1 (cm), prato ascendente convencional (cm), sensor óptico (*GreenSeeker*) e altura (cm), entre o teor de proteína bruta (%) com o *GreenSeeker* e o *GreenSeeker* com o clorofilômetro (*Spad Green*). A análise foi realizada utilizando a função *nlsfit* do pacote *easynls* do programa estatístico R. Utilizou-se o modelo de regressão linear simples a 5% de probabilidade para a relação da massa com as demais variáveis. Para a relação da proteína bruta com o *GreenSeeker* utilizou-se o modelo de regressão não linear exponencial pois apresentou melhor ajuste que o modelo linear.

4 RESULTADOS

Na Figura 5 têm-se a correlação linear entre massa de forragem (MF - kg MS ha⁻¹) com as variáveis: prato ascendente Smart 1 (S - cm), prato ascendente convencional (C - cm), clorofilômetro (SG - *Spad Green*), sensor óptico (GS - *GreenSeeker*), altura (A - cm) e Índice de área foliar (IAF).

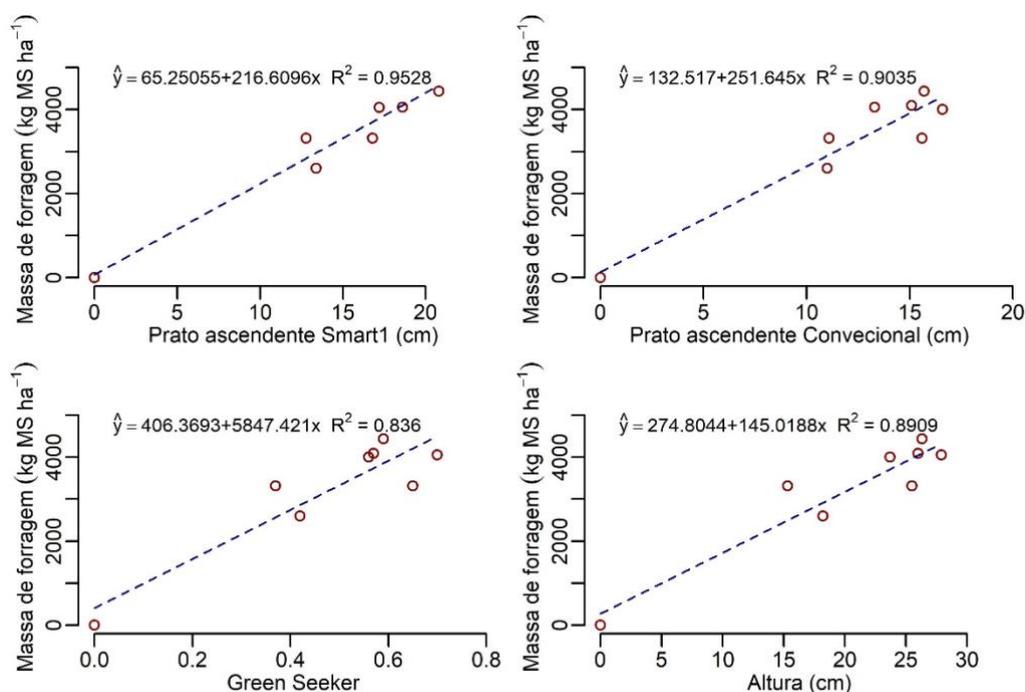
FIGURA 5 – Correlação linear entre a Massa de Forragem (MF) com as variáveis: Prato ascendente Smart 1 (S), prato ascendente convencional (C), sensor óptico *GreenSeeker* (GS), clorofilômetro *Spad Green* (SG), altura (A) e Índice de área foliar (IAF).



Houve correlação linear positiva entre a MF com as variáveis: prato ascendente Smart1 ($P < 0,0001$), prato ascendente convencional ($P < 0,0003$), clorofilômetro *Spad Green* ($P = 0,0115$), sensor óptico *GreenSeeker* ($P = 0,0015$) e altura ($P = 0,0004$). Não houve correlação linear ($P = 0,0676$) entre a massa de forragem (kg MS ha⁻¹) com a variável IAF.

Para a variável MF, o modelo linear simples em função do prato ascendente Smart1 (cm), prato ascendente convencional (cm), sensor óptico (*GreenSeeker*), altura (cm) que estão apresentados na Figura 6.

FIGURA 6 – Análise de regressão linear simples entre MF com as variáveis: prato ascendente Smart 1 (S - cm), prato ascendente convencional (C - cm), sensor óptico *GreenSeeker* (GS) e altura (A - cm).



Analisando a MF com as variáveis (Prato ascendente Smart 1, prato ascendente convencional, *GreenSeeker*, altura) por meio da análise de regressão (Figura 6), houve ajuste linear ($P < 0,05$) com suas respectivas equações, R^2 e R^2 ajustado:

$$\widehat{MF} = 65,2505 + 216,6096 * S; R^2: 95,28\%; R^2 \text{ ajustado: } 94,49\%;$$

$$\widehat{MF} = 132,5170 + 251,6450 * C; R^2: 90,35\%; R^2 \text{ ajustado: } 88,74\%;$$

$$\widehat{MF} = 406,3693 + 5847,421 * GS; R^2: 83,6\%; R^2 \text{ ajustado: } 80,87\%;$$

$$\widehat{MF} = 274,8044 + 145,0188 * A; R^2: 89,09\%; R^2 \text{ ajustado: } 87,28\%.$$

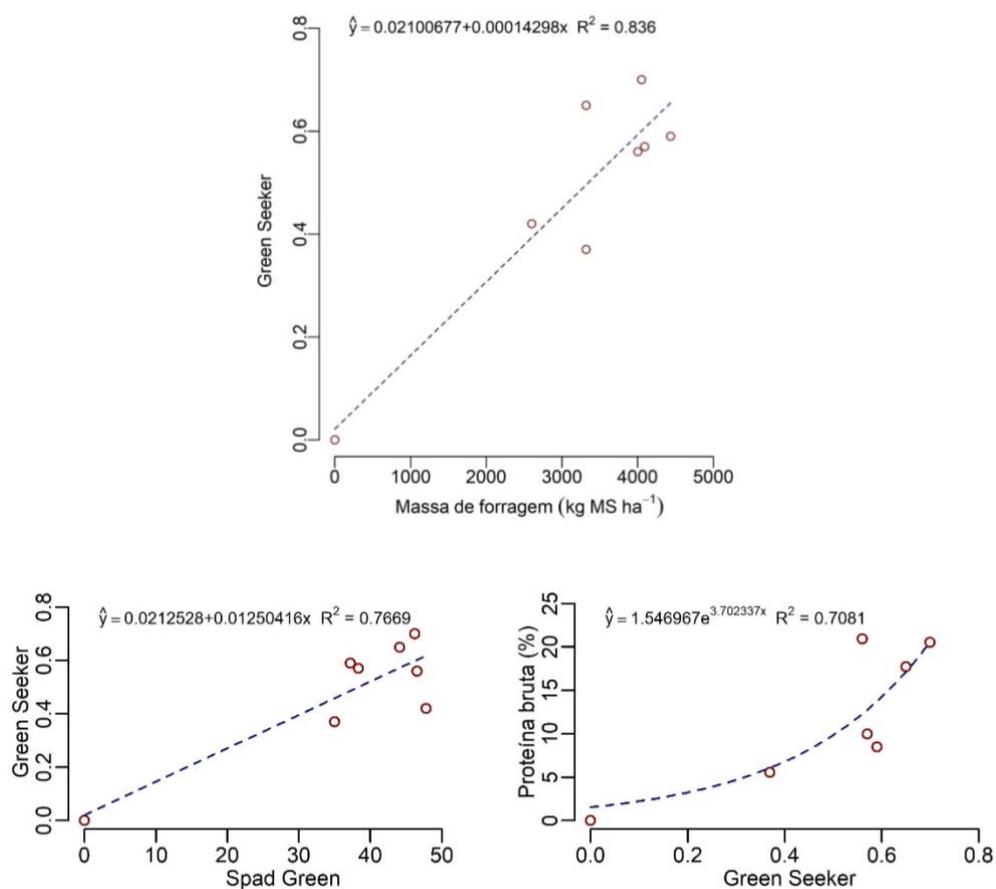
Sendo os valores de R^2 ajustado mais precisos e confiáveis que os valores de R^2 , pois esses levam em conta durante sua avaliação no número de parâmetro e observações que foram realizadas.

A análise para o sensor óptico (*GreenSeeker*) com o clorofilômetro (*Spad Green*) houve ajuste linear ($P < 0,05$) com a seguinte equação, valores de R^2 e R^2 ajustado:

$$\widehat{GS} = 0,0212528 + 0,01250416 * SG; R^2: 76,99\%; R^2 \text{ ajustado: } 72,81\%.$$

A variável proteína bruta com o sensor óptico (*GreenSeeker*) houve ajuste não linear exponencial ($P < 0,05$) ($\widehat{PB} = 1,546967 \exp\{3,702337 * GS\}$) com R^2 de 70,81% (R^2 ajustado = 64,97%) apresentados na Figura 7.

FIGURA 7 – Análise de regressão exponencial entre o teor de proteína bruta (PB%) com o sensor óptico *GreenSeeker* e as regressões lineares simples entre o *GreenSeeker* e massa de forragem e entre o *GreenSeeker* com o clorofilômetro *atLeaf*.



Analisando o sensor óptico (*GreenSeeker*) com a MF houve ajuste linear ($P < 0,05$) ($\widehat{GS} = 0,02100677 + 0,00014298 * MF$) com R^2 de 83,60% (R^2 ajustado = 64,97).

TABELA 1- Intervalos de confiança (IC) a 95% para os modelos lineares e o modelo exponencial

Modelo	P	LI	LS	Valor-p
MF × S	β_0	-695,38	825,88	0,8410 ^{ns}
	β_1	168,45	264,76	< 0,0001 ^{**}
MF × C	β_0	-959,91	1224,95	0,7766 ^{ns}
	β_1	169,49	333,80	0,0002 ^{**}
MF × GS	β_0	-953,95	1766,69	0,4923 ^{ns}
	β_1	3260,67	8434,17	0,0015 ^{**}
MF × A	β_0	-847,67	1397,28	0,5710 ^{ns}
	β_1	94,33	195,71	0,0004 ^{**}
GS × SG	β_0	-0,2520	0,2945	0,8554 ^{ns}
	β_1	0,0056	0,0194	0,0044 ^{**}
PB × GS	β_0	-3,5428	2,2295	0,7116 ^{ns}
	β_1	0,6872	9,6986	0,0898 [*]
GS × MF	β_0	-0,01999	0,2419	0,8238 ^{ns}
	β_1	0,00007	0,00020	0,0150 ^{**}

P: Parâmetros do modelo; β_0 : Intercepto da regressão; β_1 : Coeficiente angular; LI: Limite Inferior do IC; LS: Limite Superior do IC; ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade; ^{**}: significativo a 5% de probabilidade; ^{*}: significativo a 10% de probabilidade; Massa de forragem (MF); Prato ascendente Smart 1 (S); Prato ascendente convencional (C); Sensor óptico *GreenSeeker* (GS); Altura (A); Clorofilômetro atLeaf (SG); Proteína Bruta (PB).

De acordo com a Tabela 1 existem evidências de que β_1 é significativamente diferente de zero ao nível de 5 e 10% de probabilidade e β_0 não é significativamente diferente de zero ao nível de 5% de probabilidade para todos os modelos.

5 DISCUSSÃO

As variáveis independentes utilizadas para ajuste do modelo estatístico foram semelhantes, quando comparados entre si por meio da avaliação da correlação linear de Pearson. Nesse sentido, trabalhar com apenas uma das variáveis independentes é suficiente para estimar a massa de forragem (Figura 5). O propósito dessas relações foi encontrar um método na qual é operacionalmente simples de ser empregado em fazendas comerciais para obter estimativas de MF. Relacionar variáveis independentes e assim correlacioná-las pode ser uma alternativa para produtores rurais, pois reduz o custo em não se coletar a MF de forma direta.

Por meio da leitura do aparelho GS, que possui correlação de 0,96 com a leitura do prato Smart 1 e 0,98 com a massa de forragem, com isso têm-se regressões lineares simples para estimar a quantidade de massa de forragem. Outra possível relação que se pode ter são as leituras dos aparelhos GS com *atLEAF* (clorofilômetro), na qual apresenta correlação de 0,88 e a partir da equação desenvolvida por Zhu et al. (2012), obteve-se valores médios de clorofila (micrograma cm^{-2}). De acordo com Argenta et al. (2001) os clorofilômetros são instrumentos que aferem de forma indireta e não destrutiva, os teores de clorofila com base nas propriedades óticas da folha. A partir desses dados obteve-se por meio da equação de Barbieri (2009) os valores médios de nitrogênio foliar (mg g^{-1}) e os respectivos valores de PB.

Conhecer a respeito do teor de PB presente na forragem e o aumento da digestibilidade do material pelo animal possibilitam ao produtor menores custos com concentrados nas dietas de seus animais, por isso correlacioná-la com a medida indireta do GS não são necessárias às etapas de análises em laboratório que são onerosas e demandam tempo. É possível utilizar os dados relacionados da massa de forragem estimada pelos equipamentos listados com os valores de proteína da forragem e assim formular suplementos para animais em pastejo.

É necessário incorporar mais dados nas equações de ajuste para melhorar a acurácia das avaliações de massa e demais variáveis, para isso seria interessante variar as condições de produção como uso de irrigação, níveis de nitrogênio e principalmente métodos de manejo cuja variação na frequência e intensidade de desfolhação possam causar variações nas densidades da forragem. Outro ponto importante é a avaliação da PB da forragem em laboratório para contrastar e validar os dados da estimativa realizada por meio do método de regressão de Barbieri (2009). Assim, variações na proteína da forragem também podem ser relacionadas com as massas em diferentes condições de manejo, proporcionando correções

nas curvas calibradas para as condições específicas de manejo do pastejo e adubação nas propriedades rurais.

O presente estudo prova que é possível realizar avaliações simples e rápidas nas pastagens e aumentar a acurácia na estimativa de produção da forragem impactando diretamente no sistema de produção animal baseado no uso de pastagens. Espera-se poder calibrar as equações com maior quantidade de dados e análises laboratoriais.

Entre os equipamentos utilizados o prato convencional baseado no equipamento vendido pela Jenquip tem grande potencial de uso, no entanto o processo de leitura do equipamento é totalmente manual atrasando o processo de coleta dos dados. Além disso é necessário mais de uma pessoa na avaliação para anotar os dados ou ainda um gravador para que os dados sejam gravados pelo fazendeiro, assim ele terá que usar tempo extra para ouvir e calcular a massa de forragem de cada piquete. O Smart 1 fará a leitura e a contabilização das massas e do potencial de produção e taxas de lotação de forma automatizada exibindo em segundos um relatório para o pecuarista. Além disso, ele permite avaliações mais rápidas e não será necessário contabilizar o número de amostras de campo, sendo possível avaliar a biomassa de forma prática. A desvantagem desse equipamento comparado ao prato convencional está no preço, pois o equipamento tem sistemas eletrônicos e sensores que aumentam o custo de aquisição e manutenção.

O *GreenSeeker* é uma alternativa promissora, apesar de seu custo ser o mais alto dos equipamentos listados, ele permite a avaliação em tempo curto e é possível calcular a quantidade de nitrogênio necessária para a produção potencial utilizando as próprias curvas do equipamento. Será necessário também calibrar essas curvas com a quantidade de N das folhas mensuradas em laboratório, mas a ferramenta poderá ser mais bem explorada desde que calibrada para as plantas tropicais e as condições de trabalho no Brasil.

O *atLeaf* também é um equipamento de fácil utilização e aferição da clorofila das folhas, possui boa correlação com a massa de forragem estimada por outros métodos e permite o cálculo indireto dos teores de proteína nas forragens, também é um equipamento de custo mais alto que os pratos mas suas leitura foram bem correlacionadas com as demais variáveis estudadas nesta proposta.

Independente do método, a calibração é essencial para manter a precisão das curvas de produção e na ausência de um equipamento é possível estimar seus valores por meio de outros mecanismos.

6 CONCLUSÕES

O uso do prato ascendente Smart 1, prato ascendente convencional e *GreenSeeker* são factíveis para estimar a massa de forragem do capim Tifton 85. O *GreenSeeker* obteve alta correlação com o teor de proteína bruta por meio da quantidade de clorofila presente na folha.

É possível estimar a massa de forragem e proteína bruta por meio de um único equipamento, além de proporcionar um ganho agrônômico e zootécnico, reduz a quantidade de leituras que precisam ser realizadas no campo e reduzindo os custos e tempo gasto pelo pecuarista na obtenção desses dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. D.; DRUMOND, L.; CAMARGO, A.; MINMA, J. H.; SCANDIUZZI, R.; RESENDE, J.; APONTE, J. Parâmetros de crescimento de uma pastagem de tifton 85 (“*Cynodon dactylon*” x “*Cynodon nlemfuensis*” cv. Tifton 68) irrigada e submetida ao manejo intensivo do pastejo. **Revista FAZU**, n.3, p.25-27, 2006.

ALVIM, M.J.; RESENDE, H.; BOTREL, M.A. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do "coast-cross". In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1996. 181p.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Teor de clorofila na folha como indicador do nível de N em cereais. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 715-722, 2001.

ASSESSORIA TÉCNICA COPÉRDIA, 2010. **Tifton– 85**. Disponível em:< <https://www.coperdia.com.br/portal/materiais/leite-tifto85.pdf>>. Acesso em: 08 de maio 2019.

BARBIERI, E.B. **Características Estruturais, Teores de Clorofila e suas Relações com o Nitrogênio foliar e a Biomassa em Capim- Tifton 85**. 2009. 49 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BRANSBY, D. I; TAINTON, N. M. **The disc pasture meter: possible applications in grazing management**. Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa, 12, 115-118, 1977.

BURNS, J.C.; LIPPKE, H. & FISHER, D.S. 1989. The relationship of herbage mass and characteristics to animal responses in grazing experiments. p. 7-19. In: Marten, G.C. (ed.) **Grazing research: design, methodology, and analysis**. CSSA Special Publication no. 16. CSSA-ASA, Madison, WI, USA.

CUNHA, W.F. **Métodos indiretos para estimar a massa de forragem em pastos de *Cynodon spp.***. 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

DIFANTE, G.S. **Considerações sobre as técnicas de amostragem para avaliação da massa forrageira em pastagem**. Disponível em:< <http://atividaderural.com.br/artigos/530b999e9c15f.pdf> > Acesso em : 11 de junho 2019.

FRAME, J. Herbage mass. In : HODGSON, J.; BAKER, R.D.; DAVIES, A. et al. (Ed.) **Sward measurement handbook**. Berkshire: Bristh Grassland Society, 1981. cap.3, p.39-67.

GONÇALVES, R.A. **Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no patossistema Puccina Triticum- Triticum Aestivum**. 2015. 47 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia**, website: Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: Maio de 2019.

INMETRO, 2019. Calibração. Disponível em:<
<http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/servicos/calibracao.asp>> Acesso em : 13 de junho
 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário: Resultados preliminares. **Censo agropecuário**, v. 7, p.1-108, 2017.

LOPEZ DIAZ, J.E.; GONZALEZ, R. Measuring grass yield by non-destructive methods. In: SYMPOSIUM OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, 12., 2003. Optimal forage systems for animal production and the environment. **Proceedings...** Pleven, Bulgaria, 2003. Grassland Science in Europe, n.8, p.569-572, 2003.

MANNETJET'T, L. **Measuring of biomass of grassland vegetation**. In: MANNETJET'T, L.; JONES, R.M. (Ed.) Field and laboratory methods for grassland and animals production research. Wallingford: CAB international. cap. 7, p. 151-177. 2000.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. 2007. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2 ed. Editora UFV, Viçosa, MG. 469 pp.

MINOLTA. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. **Instruction manual**. Minolta Co., Osaka, Japan. 22 pp.

PEDREIRA, C. G. S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA NA REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 39. Recife, 29 de Julho a 01 de Agosto, 2002. Anais ... BATISTA et al., (Ed.). Recife:SBZ, 2002. 566 p. 100-150.

PELLEGRINI, C.B. Precisão da estimativa da massa de forragem com discos medidores em pastagem nativa. **Revista Ciência Rural**, v.40, n.1, p.163-169, 2010.

PEREIRA, M.N. **Proteína verdadeira e nitrogênio não protéico**. Disponível em :<
<https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/proteina-verdadeira-e-nitrogenio-nao-proteico-16975n.aspx>>. Acesso em 05 de maio 2019.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2019. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2019.

RAMOS, C.S. **Pela primeira vez, número de bovinos por hectare no Brasil cresceu, diz IBGE**. Disponível em: <https://www.valor.com.br/agro/5702083/pela-primeira-vez-numero-de-bovinos-por-hectare-no-brasil-cresceu-diz-ibge>. Acesso em: 10 de maio 2019.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: 1999. 359p.

ROCHA, G. P.; EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de gramíneas tropicais. **Pastures Tropicales**, v.22, p.4-8, 2000.

SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, S. S.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.108, p.1-7, 2012.

SALMAN; A. K. D.; SOARES; J. P. G. ; CANESIN. R. C. (2006). Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens. ISSN 0103-9334. **Circular Técnica**.

SBRISSIA, A.F.; , SILVA, S.C. Comparação de três métodos para estimativa do índice de área foliar em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 212-220, 2008.

SEGHESE, M.A. **Informações sobre gramíneas do gênero *Cynodon*. Comunicado Técnico**, n.1, p.1-15,2009.

SILVA, G.M.; SILVA, F.F.; VIANA, P.T. et al. Avaliação de forrageiras tropicais: Revisão. **PUBVET**,v.10, n.3, p.190-196, 2016.

SOARES FILHO, C. V.; RODRIGUES, L. R. A.; PERRI, S. H. V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.24, p.1377-1384, 2002.

WHITEMAN, P. C. **Tropical pasture science**. Oxford: Oxford University Press, 1980. 392 p.

ZHU,J.;TREMBLAY,N.,LIANG,Y..Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species. **Canadian Journal Soil Science**, v.92, p.645–648, 2012.