

HELIZANI COUTO BAZAME

**ADUBAÇÃO NITROGENADA À TAXA VARIADA EM CAPIM XARAÉS COM
BASE EM SENSORES ESPECTRAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

Bazame, Helizani Couto, 1991-

B362a Adubação nitrogenada à taxa variada em capim xaraés com
2018 base em sensores espectrais / Helizani Couto Bazame. – Viçosa,
MG, 2018.

x, 44 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Francisco de Assis de Carvalho Pinto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Pastagens - Adubos e fertilizantes. 2. Detectores.
 3. Nitrogênio- Fixação. 4. Agricultura de precisão.
- I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.
II. Título.

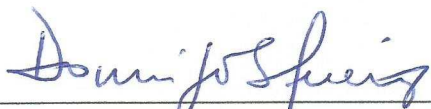
CDD 22. ed. 633.202

HELIZANI COUTO BAZAME


ADUBAÇÃO NITROGENADA À TAXA VARIADA EM CAPIM XARAÉS COM
BASE EM SENSORES ESPECTRAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

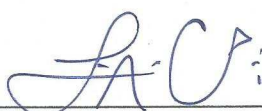
APROVADA: 21 de fevereiro de 2018.



Domingos Sávio Queiroz
(Coorientador)



Nerilson Terra Santos



Francisco de Assis de Carvalho Pinto
(Orientador)

Aos meus pais Lucy Andrade Couto e José Henrique de Moura Bazame e ao meu irmão Henrique Couto Bazame, pelo amor incondicional, confiança e investimento.

DEDICO

Conhece a frase “na prática a teoria é outra”?
Sabe quem disse isso?
Eu também não sei,
mas com certeza era alguém fraco de teoria.
Na prática a teoria fraca é outra,
mas a teoria forte é a mesma.
(Gilson Volpato)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me guiado e permitido que eu chegasse até aqui, me dando força em todas as provações.

A minha família, que sempre esteve ao meu lado, me apoiou e me incentivou em todas as decisões tomadas.

Ao meu namorado Daniel, pelo apoio, amor e ajuda na execução de todas as etapas desse projeto.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

Ao professor Francisco de Assis de Carvalho Pinto, pela orientação, confiança, paciência e amizade.

Ao Pesquisador Domingos Sávio Queiroz e ao professor Daniel Marçal de Queiroz, pela coorientação e ensinamentos a mim passados.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos.

A EPAMIG pela concessão da área experimental e toda ajuda concedida pelos funcionários durante o experimento, principalmente a gerente Vanessa e os funcionários Jorge e Ném.

A FINEP pelo financiamento de projeto e infraestrutura concedido as fazendas da EPAMIG.

Aos meus amigos da Piscicultura José Lopes, José do Carmo, Sadaki, Jardel e Geraldo, por me adotar e me tratar como família.

Aos colegas do laboratório, em especial a Amélia, Anderson, Bruno, Cleonice, Diego, Emanuel, Gregori, Jessica, Juliana, Lucas, Marco, Marcelo e Remo pela amizade e companheirismo.

A professora Flora, pelo apoio, ajuda e amizade.

Enfim, a todos que me ajudaram de alguma forma na execução desse projeto, o meu muito obrigada.

BIOGRAFIA

HELIZANI COUTO BAZAME, filha de José Henrique de Moura Bazame e Lucy Andrade Couto, nasceu no dia 26 de junho de 1991 na Serra, ES.

Em janeiro de 2016, concluiu o curso de Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2016, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, submetendo-se à defesa em fevereiro de 2018.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área total do experimento no Campo Experimental da EPAMIG, em Leopoldina, MG.....	10
Figura 2 – Coleta de dados com o Clorofilômetro portátil (SPAD 502) (a) e com o Radiômetro (GreenSeeker) (b).....	13
Figura 3 – Amostragem para a determinação da produtividade de forragem total no pós-pastejo.....	14
Figura 4 – Separação em lâmina foliar, colmo+bainha e forragem morta no pré-pastejo.....	14
Figura 5 – Vista do gado pastejando a área.....	17
Figura 6 – Disponibilidade de forragem do para o gado durante o pastejo.....	17
Figura 7 – Variáveis climáticas observadas durante o primeiro ciclo de manejo.....	19
Figura 8 – Variáveis climáticas observadas durante o segundo ciclo de manejo.....	20
Figura 9 – Variáveis climáticas observadas durante o terceiro ciclo de manejo.....	20
Figura 10 – Dados das variáveis NDVI e SPAD e a média da variação do NSI baseados nas medidas do GreenSeeker e SPAD 502 para cada tratamento nos três ciclos de manejo da cultura.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados das análises de solo antes das adubações nos tratamentos.....	11
Tabela 2 – Duração dos três ciclos do capim Xaraés - média para cada tratamento.....	12
Tabela 3 – Produtividade dos diferentes componentes do pasto de capim-xaraés ao final dos três ciclos ciclo de manejo da cultura – média por avaliação.....	24
Tabela 4 – Teor de proteína bruta estimada para cada tratamento nos três ciclos de manejo da cultura.....	30

RESUMO

BAZAME, Helizani Couto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Adubação nitrogenada à taxa variada em Capim Xaraés com base em sensores espectrais.** Orientador: Francisco de Assis de Carvalho Pinto. Coorientadores: Domingos Savio Queiroz e Daniel Marçal de Queiroz.

O nitrogênio interfere diretamente no processo de fotossíntese, pela sua participação na molécula de clorofila, aumentando sua eficiência e a produção de matéria seca. A agricultura de precisão consiste em fazer manejo a sítio específico das culturas agrícolas com base em informações de cada local. Dentre técnicas de agricultura de precisão, o uso de sensores para obter dados espectrais relacionados com as características agrônômicas das culturas vem sendo amplamente utilizado. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o uso de sensores espectrais para recomendação da adubação nitrogenada, em pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés na época seca. O estudo foi realizado no Campo Experimental da EPAMIG, em Leopoldina-MG. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com 4 repetições e 4 tratamentos: uma testemunha sem aplicação de N (T_T), uma aplicação de N à taxa fixa constituindo a parcela de referência (T_R) e duas diferentes técnicas para aplicação de N à taxa variada (T_G e T_S). As variáveis espectrais utilizadas foram leituras obtidas com um clorofilômetro portátil (SPAD 502) e um radiômetro (GreenSeeker). Os dados obtidos de forragem total, teor de proteína bruta e capacidade suporte do pasto foram submetidos à análise de variância. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). Os sensores utilizados no trabalho se mostraram eficientes para recomendação de adubação nitrogenada à taxa variada em pastagens de *Urochloa brizantha*, cultivar Xaraés. A adubação nitrogenada à taxa variada foi mais eficiente que à taxa fixa em *Urochloa brizantha*, cultivar Xaraés, pois obteve-se a mesma produtividade de forragem total, teor de proteína bruta e taxa de lotação utilizando menor quantidade de adubo nitrogenado.

ABSTRACT

BAZAME, Helizani Couto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Nitrogen fertilization at a variable rate in Xaraés grass based on spectral sensors.** Adviser: Francisco de Assis de Carvalho Pinto. Co-advisers: Domingos Savio Queiroz and Daniel Marçal de Queiroz.

Nitrogen directly interferes in the photosynthesis process, due to its participation in the chlorophyll molecule, increasing its efficiency and the production of dry matter. Precision farming consists of site-specific management of agricultural crops based on information from each location. Among precision farming techniques, the use of sensors to obtain spectral data related to the agronomic characteristics of the crops has been widely used. The objective of the present work was to evaluate the use of spectral sensors to recommend nitrogen fertilization in pastures of *Urochloa brizantha* cv. Xaraés in the dry season. The study was carried out in the Experimental Field of EPAMIG, in Leopoldina-MG. The experimental design was a randomized block design with four replicates and four treatments: one control without application of N (T_T), one application of N at the fixed rate constituting the reference plot (T_R) and two different techniques for variable rate application of N (T_G and T_S). The spectral variables used were readings obtained with a portable chlorophyllometer (SPAD 502) and a radiometer (GreenSeeker). The data obtained from total forage, crude protein content and pasture support capacity were submitted to analysis of variance. The comparison of means was performed by the Tukey test at 5% probability ($P < 0.05$). The sensors used in the work were efficient for the recommendation of nitrogen fertilization at a variable rate in *Urochloa brizantha* pastures, Xaraés cultivar. Nitrogen fertilization at the variable rate was more efficient than the fixed rate in *Urochloa brizantha*, cultivar Xaraés, because it obtained the same total forage yield, crude protein content and stocking rate using a smaller quantity of nitrogen fertilizer.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Objetivo Geral.....	4
1.2	Objetivos Específicos.....	4
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1	Pastagens tropicais – Capim Xaraés.....	4
2.2	Adução nitrogenada em pastagens à taxa fixa e variada.....	5
2.3	Agricultura de Precisão (AP).....	6
2.4	Clorofilômetro portátil modelo SPAD 502.....	6
2.5	GreenSeeker.....	8
2.6	Capacidade suporte do pasto.....	8
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1	Caracterização da área experimental.....	9
3.2	Implantação do experimento.....	10
3.3	Determinação das variáveis espectrais.....	13
3.4	A determinação da produtividade de forragem total e teor de proteína bruta.....	13
3.5	Determinação da capacidade suporte do pasto e desaparecimento de lâmina foliar.....	16
3.6	Análise estatística.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1	Dados meteorológicos.....	18
4.2	Resposta do Capim Xaraés ao nitrogênio mensurada pelo SPAD 502 e GreenSeeker.....	21
4.3	Produtividade de forragem e teor de proteína bruta.....	24
5	CONCLUSÕES.....	33
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
7	APÊNDICE.....	44
	Apêndice A.....	44

1 INTRODUÇÃO

O rebanho bovino brasileiro chegou a 218,23 milhões de cabeças em 2016, um acréscimo de 1,4 % em relação a 2015. O Brasil manteve-se como segundo colocado no ranking mundial, atrás apenas da Índia. O país se destaca como o quinto produtor mundial de leite, atingindo 33,62 bilhões de litros. O estado de Minas Gerais é o maior produtor de leite do país com 26,7% da produção nacional (IBGE, 2016).

Entre os diversos desafios enfrentados pela pecuária brasileira, um que merece atenção é a manutenção da oferta de pastagem em quantidade e qualidade o ano todo (ROMA et al., 2012). A criação de gado em pasto é tida como a forma mais barata e competitiva do mundo, contudo, ela só é possível se a pastagem for produtiva e o sistema de produção sustentável (PEREIRA et al., 2015).

A adoção do modelo em pasto encontra-se pressionado em razão da crescente expansão da agricultura em áreas de pastagem e da pressão social para a abertura de novas áreas (BORGES et al., 2015). Portanto, o crescimento da produção de leite e carne em pastagens ocorrerá por meio da ampliação da produtividade da terra (TEIXEIRA; OLIVEIRA, 2014).

Para o bom desenvolvimento das pastagens, fatores como as condições climáticas e a disponibilidade de nutrientes no solo devem ser levados em consideração (ROMA et al., 2012). A baixa disponibilidade de nutrientes é, seguramente, um dos fatores que interferem na produtividade e na qualidade da forragem. O fornecimento de nutrientes, em quantidades e proporções adequadas, particularmente o nitrogênio (N), assume importância fundamental no processo produtivo de pastagens. Pois, o nitrogênio do solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, não é suficiente para atender a demanda de gramíneas com alto potencial produtivo (FAGUNDES et al., 2006).

O nitrogênio interfere diretamente no processo de fotossíntese pela sua participação na molécula de clorofila, aumentando sua eficiência e a produção de matéria seca (MACEDO et al., 2012). O nitrogênio é um dos principais nutrientes a proporcionar maior perfilhamento e produção, bem como melhorias no valor nutritivo da cultura produzida (MARQUES et. al., 2016).

A agricultura de precisão consiste em fazer manejo a sítio específico das culturas agrícolas com base em informações de cada local. Com o uso de ferramentas da agricultura de precisão é possível identificar a variabilidade temporal e espacial do nitrogênio, identificando áreas homogêneas que apresentam a necessidade de aplicar ou

não doses desse nutriente (BASSO et al., 2013). Dentre as técnicas de agricultura de precisão, o uso de sensores para obter dados espectrais relacionados com as características agronômicas das culturas vem sendo amplamente utilizados.

O medidor indireto de clorofila foliar, modelo SPAD (Soil-Plant Analyses Development) 502 da Minolta, é um exemplo desses sensores. O SPAD 502 avalia, quantitativamente, a intensidade da cor verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e a 940 nm, onde não ocorre absorção (PÔRTO et al., 2014).

Para à determinação do índice SPAD, a folha é presa entre uma haste articulada e outra fixa (pressionando-se a haste articulada) no momento da medição. A haste móvel emite luz, que atravessa o tecido foliar e atinge um receptor na haste fixa, que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos e por meio de um conversor A/D, esses sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais, gerando um número adimensional, conhecido como leitura SPAD (DANIEL et al., 2016).

Outro exemplo desses sensores que vem sendo utilizado para o manejo localizado do N é o GreenSeeker, desenvolvido pela Universidade de Oklahoma (EUA), na década de 1990 (NTECH INDUSTRIES, 2008). Esse sensor utiliza diodos de emissão de radiação nos comprimentos de onda do vermelho (650nm) e infravermelho próximo (770nm) sobre o dossel das plantas para a determinação da reflectância nesses comprimentos de onda, fornecendo o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) (BREDEMEIER et al., 2013).

Os valores do NDVI podem variar entre -1 e 1. Os valores positivos de NDVI estão associados a vegetação saudável. Alvos que refletem mais intensamente na porção do vermelho em comparação com o infravermelho próximo (nuvens, corpos d'água ou neve) apresentam NDVI negativo (CORDEIRO et al., 2017). Quanto maior o valor do NDVI, maior o vigor de crescimento da cultura (LIU, 2006; ALLEN et al., 2007; TASUMI et al., 2008; BEZERRA et al., 2011).

O GreenSeeker possui vantagens quando comparado ao SPAD 502, por ser um sensor de dossel, ele possui diferenciação do campo de visão, podendo abranger maior área de estudo integrando informações sobre a vegetação como um todo. Já o SPAD 502, em que a medição é foliar, apresenta limitações operacionais referentes a amostragem e a representatividade da mesma, podendo ser afetadas pela diferença existente no conteúdo de nitrogênio em uma mesma folha (CHAPMAN; BARRETO, 1997), limitando o seu potencial de uso quando comparado aos sensores de dossel, além

da característica de serem insensíveis à quantidade de biomassa (AMARAL et al., 2010).

O instituto americano *Potsh & Phosphate Institute* (PPI), em um dos seus boletins de recomendações de manejo para sítio-específico, publicou uma metodologia para prescrição de N à taxa variada com base nas leituras do clorofilômetro portátil SPAD da Minolta para as culturas do trigo e do milho. Nesta metodologia é calculado um índice de suficiência de N (NSI), quando este fosse menor que 95%, seria realizado a aplicação deste nutriente (FRANCIS; PIEKIELEK, 1999).

Villar et al. (2015) avaliaram em seu trabalho o uso do método PPI para recomendação da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens*. Os autores utilizaram como variáveis espectrais as leituras obtidas com o SPAD 502 e dois índices de vegetação calculados a partir de um espectrorradiômetro. Os autores concluíram que a aplicação de N à taxa variada com base em variáveis espectrais é mais eficiente quando comparado à aplicação à taxa fixa e, para leituras foliares das variáveis espectrais, o clorofilômetro portátil se mostrou mais indicado que os índices de vegetação para recomendar adubação nitrogenada em pastagens de *Brachiaria decumbens*.

Corrêdo (2017) testou a viabilidade do uso do método PPI para indicar a necessidade de aplicação de adubo nitrogenado variando o valor de NSI. O autor avaliou a produtividade de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés sob adubação à taxa variada utilizando leituras das variáveis espectrais por meio do SPAD 502 e uma câmera comum por meio de diferentes índices de vegetação coloridos (IVC). O autor concluiu que a eficiência de uso de N foi maior para o NSI de 0,85, quando comparado aos NSI de 0,90 e 0,95, incluindo o tratamento à taxa fixa de nitrogênio.

O uso de sensores espectrais no manejo da adubação nitrogenada tem se tornado uma técnica promissora para os agricultores que buscam praticidade, agilidade e confiabilidade dos resultados. Portanto, no presente trabalho será proposta uma metodologia para recomendação da adubação nitrogenada à taxa variada em capim Xaraés, com base no método PPI, utilizando dois sensores espectrais.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho foi avaliar o uso de sensores espectrais para recomendação da adubação nitrogenada à taxa variada, em pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés.

1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar e comparar a utilização do clorofilômetro portátil SPAD 502 e do GreenSeeker para recomendação de doses de nitrogênio a serem aplicadas no capim-xaraés;
- Avaliar e comparar a eficiência da adubação nitrogenada sob manejo à taxa fixa e variada de nitrogênio, a produtividade de forragem total, o teor de proteína bruta, e a capacidade de suporte do capim-xaraés.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pastagens tropicais – Capim Xaraés

Uma característica importante da pecuária brasileira é ter a maioria de seu rebanho criado a pasto (FERRAZ; FELÍCIO, 2010), que se constitui na forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimento para os bovinos (CARVALHO et al., 2009; DEBLITZ, 2009; FERRAZ; FELÍCIO, 2010).

A utilização de pastagem como fonte primária de alimento por bovinos é, sob o ponto de vista fisiológico desses animais, fundamental, tendo em vista que os ruminantes necessitam de fibra efetiva para se manterem saudáveis (CAMACHO et al., 2015). O gênero *Brachiaria* caracteriza-se pela alta produção de matéria seca, facilidade de estabelecimento, adequado valor nutritivo e crescimento inclusive no período seco (COSTA et al., 2005; SILVA et al., 2016).

Entre as gramíneas mais utilizadas para formação de pastos no Brasil, as da espécie *Urochloa brizantha*, cultivares Marandu, Xaraés e Piatã são as mais difundidas. Diante da disponibilidade de várias cultivares, a escolha da gramínea a ser utilizada como pasto, leva em consideração fatores como a adaptação ao solo, o clima, a produção, o valor nutritivo, entre outros (TSUZUKIBASHI et al., 2016).

A cultivar Xaraés (*Urochloa brizantha*), foi coletada na região de Cibitoke, África e foi liberada pela Embrapa em 2003. É uma planta cespitosa, de 1,5 m de altura com coloração verde-escura, folha lanceolada, colmos finos com nós que podem enraizar em contato com o solo, gerando novas plantas (VALLE et al., 2010). Apresenta rápida rebrota, mediana exigência em fertilidade do solo, alta produtividade, especialmente de folhas, prolongando o período de pastejo até o período seco (VALLE et al., 2010).

2.2 Adubação nitrogenada em pastagens à taxa fixa e variada

A busca pela melhoria da produtividade e da qualidade de uma cultura agrícola é influenciada por inúmeros fatores, como a escolha da variedade, a disponibilidade de nutrientes no solo, a compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e na interação da cultura com o ambiente (MARQUES et al., 2016).

A deficiência de nutrientes no solo, acrescido do manejo incorreto do pasto, contribui para a degradação das pastagens, que é o processo evolutivo em que uma planta forrageira perde vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural após estresses bióticos (superpastejo, praga e doença) ou abióticos (seca, geada, queimada) (SANTOS; FONSECA, 2016). Após esse estresse a planta torna-se incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, bem como de superar efeitos nocivos de plantas daninhas.

A deficiência de nutrientes é geralmente provocada pela indisponibilidade no solo de elementos essenciais a um bom desenvolvimento. A fertilização nitrogenada tem por objetivo melhorar a produção de matéria seca da planta, bem como a recuperação do nitrogênio aplicado no sistema solo-planta, minimizando suas perdas, sem ocasionar efeitos danosos ao meio ambiente (MARQUES et. al., 2016). As gramíneas tropicais respondem de maneira bastante expressiva à adubação nitrogenada. Em virtude da importância desse elemento no metabolismo da planta, fica evidente a necessidade de adubar as forrageiras com nitrogênio (PINTO, 2015).

Para obter êxito com a adubação da pastagem é preciso ter uma visão mais ampla do uso de adubos, analisando suas consequências sobre todas as etapas de produção animal, antes de iniciar o programa de adubação (SANTOS; FONSECA, 2016). A resposta da adubação em termos de produção de forragem vai depender da espécie de planta forrageira, da escolha da área a ser adubada, da disponibilidade dos outros

nutrientes, do manejo da pastagem, do clima da região, da fertilidade do solo e da colheita eficiente do pasto adubado.

2.3 Agricultura de Precisão (AP)

A agricultura tem passado por uma série de transformações, tornando-se uma atividade que requer cada vez mais o gerenciamento de seus processos produtivos (SOARES FILHO et al., 2015). Entre os sistemas de gestão utilizados na agricultura brasileira, técnicas de agricultura de precisão destacam-se como alternativas modernas que visam otimizar recursos em áreas agrícolas (BAIO et al., 2017).

A agricultura de precisão é baseada no gerenciamento localizado de sistemas agrícolas usando recursos como mapeamento de fatores de produção, ferramentas de suporte a decisão e aplicação local de insumos (BOTTEGA et al., 2016).

O uso da agricultura de precisão tem proporcionado o aumento da produtividade de culturas agrícolas, associado ao uso racional e adequado de adubos (CARNEIRO et al., 2017). Tais tecnologias tem o papel de conceber sistemas de produção ambientalmente adequados, agronomicamente eficientes e economicamente viáveis, isto é, sistemas sustentáveis, capazes de atender as demandas de um mercado cada vez mais globalizado demandante em quantidade e exigente em qualidade e origem do produto (DIAS FILHO, 2014).

No Brasil, as técnicas de AP foram utilizadas quase que exclusivamente na aplicação de fertilizantes e corretivos a taxas variáveis (BOTTEGA et al., 2016). Pois as áreas utilizadas para exploração agrícola, não são obrigatoriamente uniformes. Mesmo dentro de pequenas porções de uma gleba existirão diferenças no solo e no relevo que podem demandar tratamentos diferenciados (MOLIN et al., 2015).

O uso da agricultura de precisão pode resultar em maior competitividade no mercado, devido à otimização de custos de produção e produtividades mais elevadas. Esses ganhos proporcionados pela prática da AP permitem ao produtor oferecer o produto no mercado por um preço mais competitivo (BAIO et al., 2017).

2.4 Clorofilômetro portátil modelo SPAD 502

Uma importante aplicação de sensores na agricultura de precisão é a sua utilização para a identificação do *status* nutricional relacionado ao nitrogênio em diversas culturas agrícolas, de forma eficaz, prática e menos onerosa. Para avaliar a

quantidade de nitrogênio presente na planta, estudos têm sido publicados utilizando-se a intensidade do verde da folha como critério indireto de avaliação (SANTOS; FONSECA, 2016).

O clorofilômetro é o equipamento mais comumente utilizado para avaliar indiretamente a quantidade de nitrogênio presente na planta em tempo real. Normalmente o aparelho emprega métodos óticos baseados na absorbância ou refletância de certos comprimentos de ondas na superfície da folha. O seu uso inclui tanto o sensoriamento remoto quanto o de contato (FONTES, 2016).

O clorofilômetro modelo SPAD-502, da Minolta, fornece leituras de forma indireta e não destrutiva do teor de clorofila presente na folha das plantas (POCOJESKI et al., 2015). A intensidade de cor verde na folha é detectada no aparelho através da quantidade de luz absorvida pela folha, nos comprimentos de onda (λ) de 650 nm (vermelho) e 940 nm (vermelho distante próximo). A luz absorvida no λ de 650 nm (pelas clorofilas, sem a interferência ocasionada pelos carotenoides) indica a quantidade de clorofilas, enquanto a quantidade absorvida próxima do λ de 940 nm serve como referência interna na compensação da espessura e conteúdo de água da folha (MINOLTA, 1989; SWIADER; MOORE, 2002; DANIEL et al., 2016).

As leituras SPAD normalmente apresentam correlação com o teor de clorofila ou o teor de N total presente nas folhas (BRUNETTO et al., 2012). uma vez que aproximadamente de 50 a 70 % do N das folhas integram compostos associados aos cloroplastos e ao conteúdo de clorofila (CHAPMAN; BARRETO, 1997; LORENSINI et al., 2017).

O diagnóstico nutricional da forrageira pode possibilitar o emprego de ações de manejo, notadamente o uso de adubos, em tempo hábil para melhorar a sua produtividade. Esse diagnóstico é importante especialmente para o nitrogênio, cuja natureza dinâmica de suas transformações no solo dificulta a idealização de um método capaz de prevê-las (SANTOS; FONSECA, 2016).

Pesquisas têm demonstrado que as medições com o SPAD se correlacionam com a concentração de nitrogênio na planta e/ou com a produtividade de várias culturas agrícolas. Dentre elas destacam-se o Vime (DANIEL et al., 2016); o Pepino japonês (PÔRTO et al., 2014); o Arroz irrigado (POCOJESKI et al., 2015); o Trigo (THEAGO et al., 2015); Algodão (LEE et al., 2009); Espécies florestais (RIBEIRO et al., 2009) e Forrageiras (BRAVIN; COSTA et al., 2009; CORRÊDO, 2017; OLIVEIRA, 2014; VILLAR et al., 2015).

2.5 GreenSeeker

Com a necessidade de avaliar o estado de nitrogênio da planta e de manejar o programa de fertilização nitrogenada das culturas em tempo real têm surgido no mercado equipamentos como clorofilômetro, fluorômetro, radiômetro e espectralradiômetro portáteis que empregam métodos óticos baseados na absorbância ou refletância da luz na superfície da folha em determinados comprimentos de onda (FONTES, 2016).

O radiômetro GreenSeeker, fabricado pela Trimble, foi desenvolvido pela Universidade de Oklahoma (EUA), na década de 1990, como alternativa para fornecer informações específicas sobre o estado de culturas agrícolas.

O GreenSeeker utiliza diodos de emissão de radiação nas faixas do vermelho (650 nm) e infravermelho próximo (770 nm). A leitura de reflectância é calculada por microprocessador interno, fornecendo o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que é transmitido a um computador portátil adaptado ao sensor (NTECH INDUSTRIES, 2008).

O Índice Vegetativo de Diferença Normalizada (NDVI) é o índice de vegetação mais conhecido e mais amplamente utilizado para a caracterização e monitoramento de colheitas, permitindo o mapeamento da cultura e uma posterior aplicação de insumos em taxas variáveis (HILL et al., 2010).

2.6 Capacidade suporte do pasto

A capacidade de suporte do pasto é definida como a taxa de lotação máxima que pode ser colocada na pastagem, durante um período de tempo definido, no qual se obtém máximo ganho por área, sem causar a degradação da pastagem. A capacidade de suporte das pastagens é bastante variável em função do solo, clima, estação do ano e espécie ou cultivar forrageira, fatores esses que irão determinar a oferta de forragem ao longo do ano (COAN; REIS, 2007).

As características estruturais do pasto são os principais fatores que determinam o consumo de forragem de animais em pastejo (CASAGRANDE et al., 2011). O estudo de manejo do pastejo para gramíneas forrageiras têm sido intensificados a cada ano. Reconhece-se que a etapa de utilização da forragem produzida na pastagem, isto é, a

colheita do pasto pelo animal, é a etapa mais importante do pastejo e o ponto de partida para qualquer intervenção do sistema produtivo (DA SILVA; CORSI, 2003).

Nas condições brasileiras, o período das secas é a fase mais crítica do sistema de produção de bovinos em pastejo. Nesta época o rebanho bovino alimenta-se de forragem de baixo valor nutritivo, oriunda do crescimento do período de primavera/verão. A forragem do período das secas é caracterizada por um elevado teor de fibra indigerível e teores de proteína bruta inferiores ao nível crítico de 6 a 7% MS, limitando, desta forma o, seu consumo (REIS et al., 2005).

Entre os fatores ou práticas de manejo de pastagem que têm proporcionado aumento na capacidade de suporte animal e melhoria de desempenho econômico, destaca-se o uso de fertilizantes, sobretudo os nitrogenados (FAGUNDES et al., 2011). A capacidade de suporte do pasto pode ser acrescida com o uso de adubação nitrogenada, pois o nitrogênio é um dos principais nutrientes responsáveis pelo crescimento das plantas forrageiras.

Moreira et al. (2011), avaliaram a produção primária e secundária de *Brachiaria decumbens* no verão adubada com quatro doses de nitrogênio. O capim foi manejado à taxa variável para manter a altura média do pasto em aproximadamente 20 cm. As taxas de lotação observadas foram de 3,6 Unidades Animal (UA) ha⁻¹ para 75 kg ha⁻¹ de N, 4,2 UA ha⁻¹ para 150 kg ha⁻¹, 4,8 UA ha⁻¹ para 225 kg ha⁻¹ e 5,3 UA ha⁻¹ para 300 kg ha⁻¹. Os pastos adubados com maiores doses de nitrogênio expressaram maior capacidade suporte do pasto, possibilitando uma forragem com maior valor nutritivo, que tornou necessária o aumento da taxa de lotação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado no Campo Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), localizada em Leopoldina-MG, em área situada a 21° 28' 25" de latitude Sul, 42° 43' 15" de longitude Oeste e 187 m de altitude, durante o período de abril a agosto de 2017. Segundo a classificação climática de Koppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso, cuja temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C.

3.2 Implantação do experimento

O experimento foi desenvolvido em *Urochloa brizantha* cv. Xaraés. A área do experimento era composta por 16 parcelas de 0,1749 ha cada (Figura 1). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e quatro tratamentos: uma testemunha sem aplicação de N (T_T), uma aplicação de N à taxa fixa constituindo a parcela de referência (T_R) e duas diferentes técnicas para aplicação de N à taxa variada (T_G e T_S).

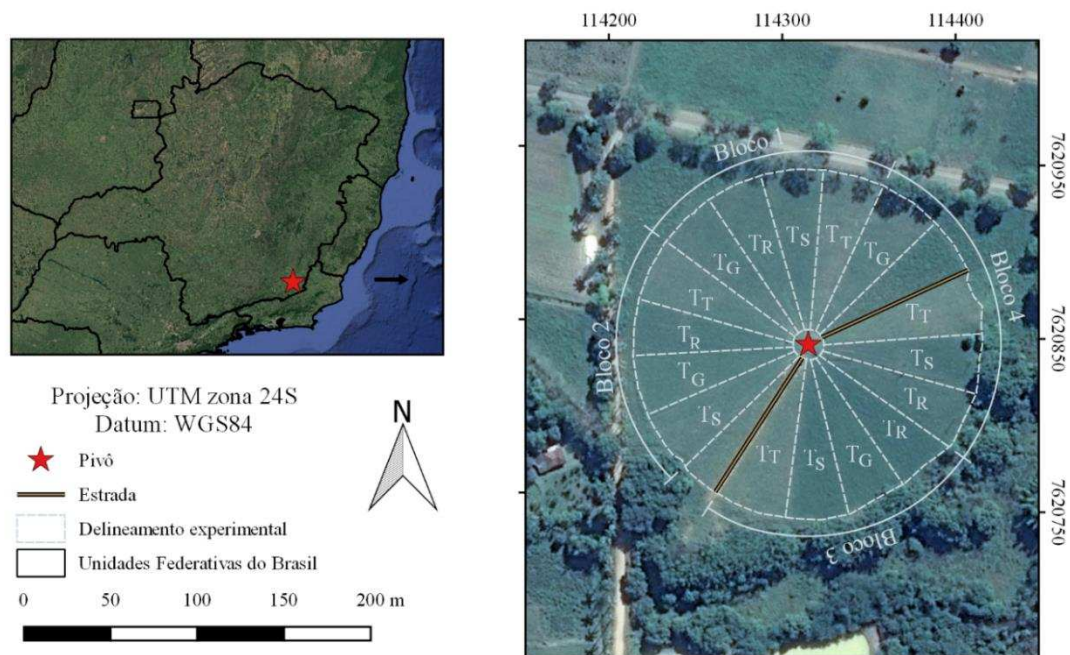


Figura 1 – Área total do experimento no Campo Experimental da EPAMIG, em Leopoldina, MG. T_T = Testemunha, T_R = Referência, T_G = Sensor GreenSeeker, T_S = Sensor SPAD 502. Fonte: Google Earth.

O solo da área experimental apresentava características químicas na camada de 0 a 20 cm descritas na Tabela 1. A correção de fertilidade do solo foi realizada conforme recomendação da 5ª aproximação (RIBEIRO et al., 1999), com exceção do nitrogênio, cada parcela recebeu 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 100 kg ha^{-1} de K_2O . A duração de cada ciclo de manejo foi considerada o período de descanso entre a saída dos animais após a pastagem atingir 15 cm de altura até a entrada dos animais quando pastagem atingia 30 cm de altura novamente.

Tabela 1 – Resultados das análises de solo antes das adubações nos tratamentos

Dados	Unidades	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
pH	H ₂ O	6,1	5,8	5,8	6,0
P	mg/dm ³	4,6	5,3	6,8	7,3
K	mg/dm ³	64	37	75	53
Ca ²⁺	cmol _c /dm ³	2,3	2,3	2,4	2,1
Mg ²⁺	cmol _c /dm ³	1,0	1,0	0,9	0,8
H+Al	cmol _c /dm ³	2,6	3,1	3,1	2,5
SB	cmol _c /dm ³	3,5	3,4	3,5	3,0
CTC(t)	cmol _c /dm ³	3,5	3,4	3,5	3,0
CTC(T)	cmol _c /dm ³	6,1	6,5	6,6	5,5
V	%	57,0	52,0	53,0	55,0
P-rem	mg/L	25,8	20,1	20,7	25,8

Para implantação do experimento, foi realizado um corte do capim para a uniformização da área a 10 cm de altura do solo com uma roçadora acoplada ao trator. Para ajustar os períodos de rebrota ao pastejo as roçadas foram realizadas com diferença de uma semana entre os blocos. Os tratamentos a campo foram organizados da seguinte maneira:

- T_T: parcela testemunha, sem aplicação de adubo nitrogenado;
- T_R: parcela de referência, com aplicação à taxa fixa de 150 kg ha⁻¹ de adubo nitrogenado;
- T_G: utilizou como variável espectral o NDVI determinado pelo GreenSeeker;
- T_S: utilizou como variável espectral a leitura do clorofilômetro portátil (SPAD 502).

Nos tratamentos de aplicação à taxa variada, foram aplicados inicialmente o equivalente a 50 % da dose da parcela de referência, ou seja, 75 kg ha⁻¹. A aplicação de N à taxa variada foi realizada com base no índice de suficiência de nitrogênio (NSI) apresentado pelo PPI (FRANCIS; PIEKIELEK, 1999). Caso o NSI da parcela fosse inferior a 0,85, seriam aplicadas 25 % da dose de N da parcela de referência, equivalente a 37,50 kg ha⁻¹. Para o cálculo do NSI, foram realizadas leituras da variável espectral quando as plantas da parcela de referência atingiram 20 e 25 cm de altura.

Para determinação da altura foi utilizada uma régua graduada em centímetros, onde foram medidos 40 pontos aleatórios por parcela e, posteriormente, era calculada a altura média. A altura do dossel em cada ponto foi aferida desde o nível do solo até a curvatura das folhas superiores em torno da régua.

A partir das leituras da variável espectral, foi calculado o NSI, conforme a Equação 1 (FRANCIS; PIEKIELEK, 1999):

$$NSI = \frac{VS_{ptv}}{VS_{pr}} \quad (1)$$

em que:

NSI – índice de suficiência de nitrogênio;

VS_{ptv} – variável espectral na parcela com aplicação a taxa variada;

VS_{pr} – variável espectral na parcela de referência.

Quando as plantas de cada parcela atingiram 30 cm de altura, foi realizado uma coleta de forragem em uma área representativa de 3 m², utilizando uma moldura de ferro de 1 m² em três pontos da parcela para a determinação da produtividade de forragem total e teor de proteína bruta. Em seguida, o pastejo foi realizado com vacas mestiças Holandês x Zebu lactantes, que foram agrupadas de acordo com a produção individual e tempo de lactação e sorteadas entre os tratamentos. Vacas foram acrescidas nas parcelas caso houvesse forragem disponível visando a uniformização da altura do resíduo da parcela a 15 cm do solo. Esse procedimento foi realizado durante os três ciclos de manejo do pasto.

As datas de início e término de cada ciclo de manejo da cultura e as datas em que foram feitas as coletas das variáveis espectrais de acordo com a altura das plantas de cada parcela de referência (T_R) são apresentadas no apêndice A.

Os dados de temperatura foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação de Muriaé (Latitude 21° 06' S, Longitude 42° 23' W, altitude 297 m) e os dados de precipitação foram obtidos por meio de um pluviômetro localizado no Campo Experimental de Leopoldina.

3.3 Determinação das variáveis espectrais

Para determinar a variável espectral pelo clorofilômetro SPAD 502 (Minolta), em cada parcela foram feitas leituras no terço médio da lâmina foliar mais nova totalmente expandida (Figura 2a) de 30 plantas identificadas aleatoriamente. A média dos valores representou o valor SPAD da parcela.

Para determinar a variável espectral NDVI pelo radiômetro GreenSeeker (Trimble), o aparelho foi posicionado a uma altura de 1,0 m acima do dossel (Figura 2b) e foram realizadas 40 leituras em toda extensão da parcela. A média dos valores representou o valor NDVI da parcela.

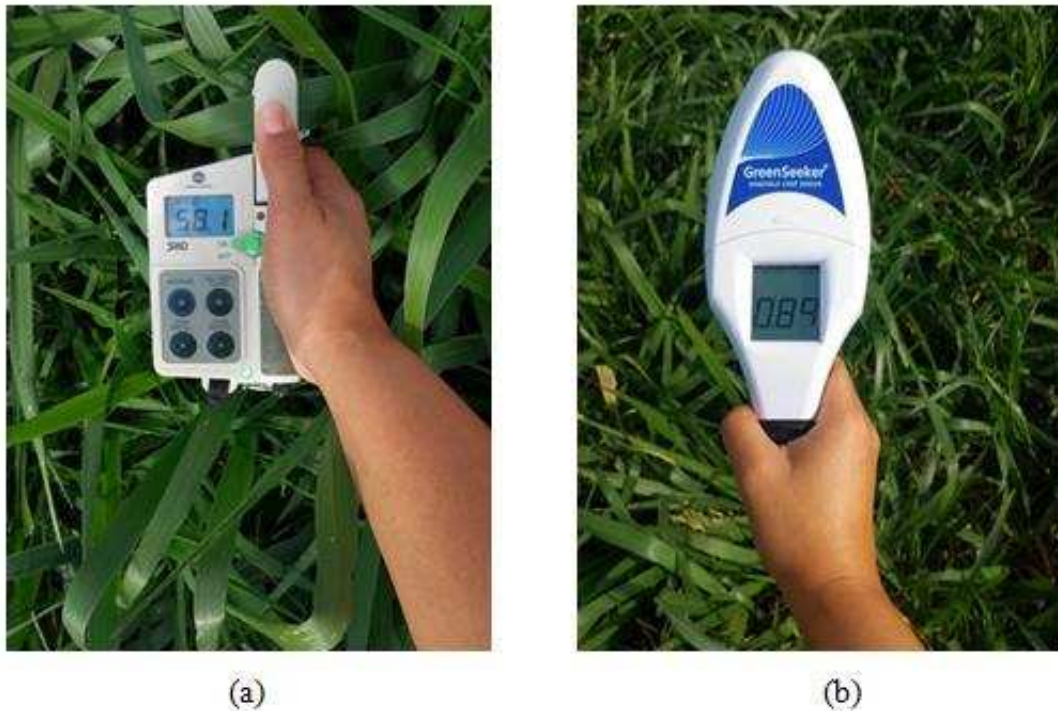


Figura 2 – Coleta de dados com o Clorofilômetro portátil (SPAD 502) (a) e com o Radiômetro (GreenSeeker) (b).

3.4 A determinação da produtividade de forragem total e teor de proteína bruta

A determinação da produtividade de forragem foi realizada antes e após o pastejo em cada ciclo de pastejo. Em cada parcela foram coletadas amostras rente ao solo com uma foice de poda (cutelo) em uma área de 1 m², em formato quadrado (Figura 3), o mesmo foi lançado três vezes dentro da área útil de cada parcela, em locais em que a altura da forrageira foi igual à média observada dentro da parcela. Após a colheita, foram retiradas subamostras de 300 g que foram separadas em lâmina foliar, colmo+bainha e

forragem morta (Figura 4), pesadas e levadas à estufa em temperatura de 65 °C por 72 horas, para pré-secagem. Passadas às 72 h as amostras foram pesadas para a determinação da amostra seca ao ar (ASA).



Figura 3 – Amostragem para a determinação da produtividade de forragem total no pós-pastejo.



Figura 4 – Separação em lâmina foliar, colmo+bainha e forragem morta no pré-pastejo.

Posteriormente, as amostras de forragem foram moídas em moinho de facas com peneiras de porosidade de 1 mm. Após o fracionamento, subamostras de 2 g da ASA foram levadas à estufa sem circulação forçada de ar para secagem definitiva a 105 °C, por 16 horas. Foi realizada uma nova pesagem em balança com precisão de 0,0001 g, constituindo a amostra seca em estufa (ASE). A partir dos resultados de ASA e ASE foi possível determinar o percentual de massa seca (% MS) descrito pela Equação 2.

$$\% \text{ MS} = \frac{\% \text{ ASA} \times \% \text{ ASE}}{100} \quad (2)$$

em que:

%MS – percentagem de massa seca;

%ASA – percentagem de amostra seca ao ar;

%ASE – percentagem de amostra seca em estufa.

A partir dos resultados de % MS foi possível determinar a produtividade de MS por unidade de área (Equação 3), a partir da massa inicial colhida no campo (MN).

$$\text{MS} = \frac{\% \text{ MS} \times \text{MN}}{100} \quad (3)$$

em que:

MS – produtividade de forragem total (kg ha⁻¹);

MN – massa de amostra em termos de matéria natural colhida em (kg ha⁻¹).

A determinação do teor de proteína bruta foi realizada pelo método proposto por Kjeldahl, antes do pastejo de cada ciclo da cultura. Foram retiradas subamostras de 250 mg composta de lâmina foliar, colmo+bainha e forragem morta que foram submetidas a três etapas distintas: digestão, destilação e titulação (DETMANN et al., 2012).

3.5 Determinação da capacidade suporte do pasto e desaparecimento de lâmina foliar

Quando as plantas de cada parcela atingiram 30 cm de altura, vacas mestiças Holandês x Zebu lactantes foram introduzidas e à medida que houve forragem disponível, vacas de equilíbrio foram acrescidas (Figura 5 e 6). As parcelas foram submetidas à pastejo até que as plantas atingissem 15 cm de altura, nesse momento as vacas foram retiradas e foi calculada a taxa de lotação média de acordo com a equação 4. O ajuste na taxa de lotação foi feito com base na observação visual e foi levado em conta, principalmente, o resíduo alcançado ao final do período de ocupação. Buscou-se manter a mesma condição do resíduo não pastejado entre as estratégias de adubação.

$$\text{Tx lotação} = \frac{\left(\frac{\text{NAC}}{\text{DC}}\right) \times \left(\frac{\text{PM}}{450}\right)}{\text{AT}} \quad (4)$$

em que:

Tx lotação – taxa de lotação (UA ha⁻¹);

NAC – número de animais por ciclo (dias);

DC – duração do ciclo (dias);

PM – peso médio dos animais (kg);

AT – área total das parcelas (ha).

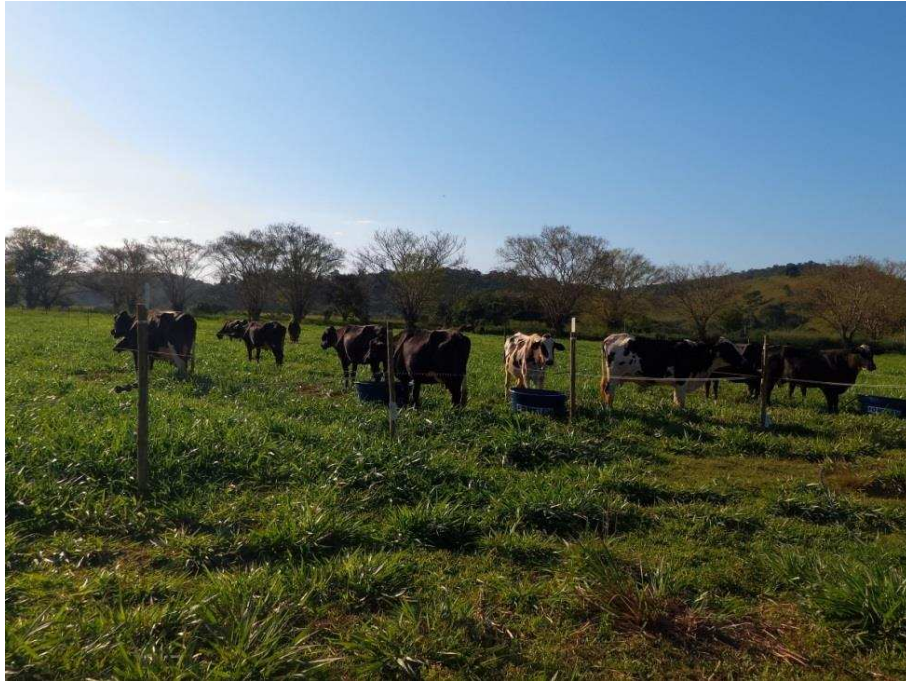


Figura 5 – Vista do gado pastejando a área.



Figura 6 – Disponibilidade de forragem total para o gado durante o pastejo.

Após o pastejo, as touceiras que não foram rebaixadas pelos animais, foram rebaixadas com auxílio de roçadeira costal para a uniformização da altura a 15 cm em cada parcela. O desaparecimento de lâmina foliar foi mensurado pela disponibilidade de forragem total antes do pastejo menos disponibilidade de forragem total após o pastejo, antes da roçada.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos de produtividade de forragem total, teor de proteína bruta, capacidade suporte do pasto e desaparecimento de lâmina foliar foram submetidos à análise de variância. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade ($P < 0,05$), utilizando o *software* R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados meteorológicos e período de descanso

Os períodos de descanso de cada tratamento para os três ciclos de manejo são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Períodos de descanso dos três ciclos do capim Xaraés - média para cada tratamento

Tratamentos	1º Ciclo	2ºCiclo	3ºCiclo
T _T	38	38	46
T _R	30	23	30
T _G	31	23	30
T _S	30	23	30

T_T= Testemunha, T_R= Referência, T_G= Sensor GreenSeeker, T_S= Sensor SPAD 502.

Os períodos de descanso de cada tratamento nos três ciclos de manejo variaram de acordo com as condições climáticas de cada ciclo e a quantidade de nitrogênio fornecido as plantas de acordo com os tratamentos à taxa fixa e variada.

Os tratamentos que receberam adubação nitrogenada à taxa fixa e à taxa variada apresentaram valores semelhantes de período de descanso, diferente da testemunha com um maior período de descanso. Esse resultado confirma a eficácia da adubação nitrogenada à taxa variada, já que a duração dos ciclos era mensurada pela quantidade de dias que a plantas das parcelas demoravam para atingir 30 cm de altura.

As variáveis climáticas observadas durante o primeiro ciclo de manejo são apresentadas na Figura 7. O primeiro ciclo de manejo ocorreu do início de abril ao início de junho e foi caracterizado por um volume acumulado de 61,1 mm de precipitação pluviométrica, sendo que a maior concentração da chuva ocorreu no fim do ciclo. Os valores de precipitação variaram ao longo dos meses sendo o mês de maio o mais chuvoso.

A temperatura média durante o ciclo foi de 21,25 °C, com amplitude térmica acentuada (média das máximas: 26,8°C e média das mínimas: 17,2°C). Segundo Sherman e Riveiros, 1990, a temperatura ideal para o crescimento da *Urochloa brizantha* cv. Marandu é de 30 a 35 °C e a mínima é de 15°C. Verifica-se que as temperaturas mínimas em poucos períodos estiveram abaixo de 15°C, demonstrando que não houve limitação térmica ao crescimento do pasto, apesar da época estudada.

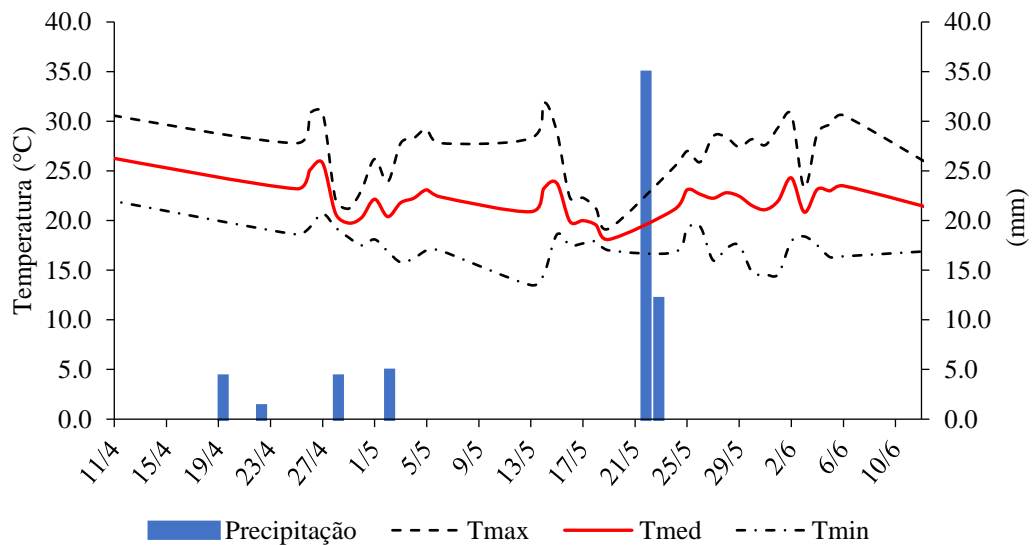


Figura 7 – Variáveis climáticas observadas durante o primeiro ciclo de manejo.

As variáveis climáticas observadas durante o segundo ciclo de manejo são apresentadas na Figura 8. O ciclo foi caracterizado por um volume de chuva acumulado igual a 61,4 mm, concentrando-se no início do ciclo, que pode ter favorecido a adubação realizada e o desenvolvimento da cultura devido ao suprimento de água. A temperatura média do ciclo foi de 20,59 °C.

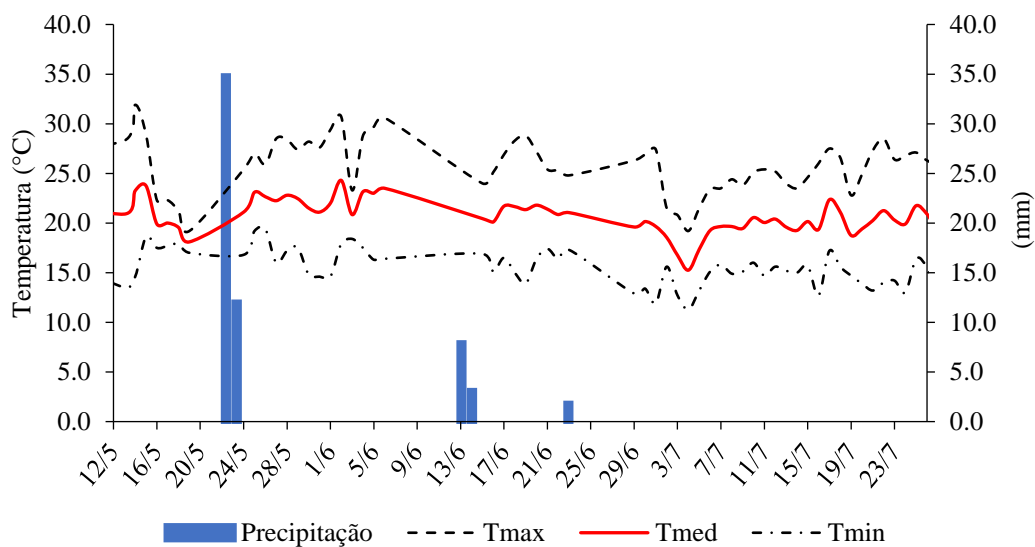


Figura 8 – Variáveis climáticas observadas durante o segundo ciclo de manejo.

As variáveis climáticas observadas durante o terceiro ciclo de manejo são apresentadas na Figura 9. No terceiro ciclo de manejo foram registradas as mais baixas precipitações e temperaturas dos três ciclos, com volume acumulado de 12,8 mm, caracterizando o final do outono e início do inverno. A temperatura média do ciclo foi em torno de 19,46 °C.

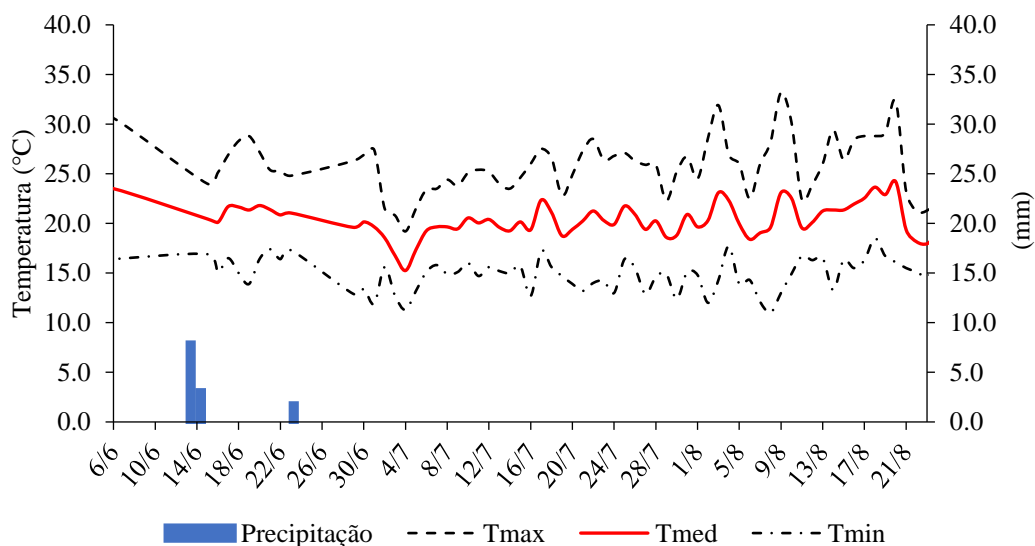


Figura 9 – Variáveis climáticas observadas durante o terceiro ciclo de manejo.

4.2 Resposta do Capim Xaraés ao nitrogênio mensurada pelo SPAD 502 e GreenSeeker

Os dados das variáveis NDVI e SPAD e a média da variação do Índice de suficiência de nitrogênio (NSI) baseados nas medidas do GreenSeeker e SPAD 502 para cada tratamento nos três ciclos de manejo da cultura são apresentados na Figura 10. Os valores de NSI sempre estiveram acima de 0,85 para os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e abaixo para a testemunha, que não recebeu adubação nitrogenada, nos três ciclos de manejo da cultura. Ao final do período experimental, nenhuma parcela dos tratamentos à taxa variada recebeu adubação suplementar, ou seja, receberam $75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$ a menos de adubo que a parcela de referência.

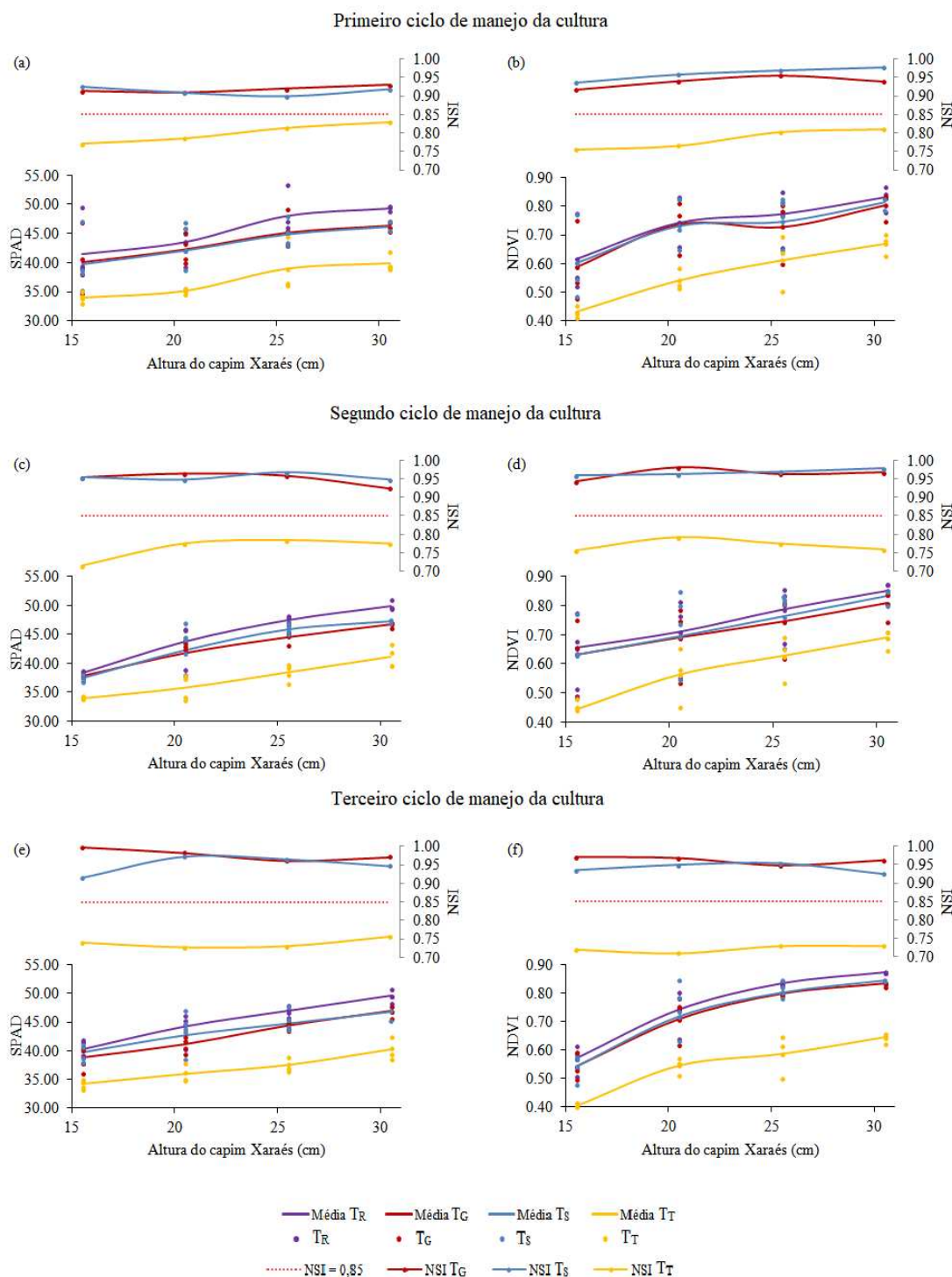


Figura 10 – Dados das variáveis NDVI e SPAD e a média da variação do NSI baseados nas medidas do GreenSeeker e SPAD 502 para cada tratamento nos três ciclos de manejo do capim Xaraés. T_T = Testemunha, T_R = Referência, T_G = Sensor GreenSeeker, T_S = Sensor SPAD 502.

Os valores de NSI do tratamento testemunha (T_T) decresceram ao longo do período de avaliação. Antes da implantação do experimento a área recebia adubação nitrogenada a cada 60 dias para garantir a manutenção da oferta de forragem para o

gado. Com a falta da adubação nitrogenada, possivelmente, houve esgotamento do estoque de nitrogênio no solo, que ocasionou a queda na produtividade da forragem e a diminuição da coloração verde da folha. No terceiro ciclo de manejo o tratamento T_T apresentava claros sinais de deficiência de nitrogênio no pasto, entre eles a clorose das folhas, o aparecimento de folhas menores e restrições do crescimento que refletiram no aumento do tempo de duração do ciclo da cultura (Tabela 2).

Os valores de NDVI apresentaram resposta semelhante nos três ciclos de manejo, tendendo aumentar conforme o aumento da altura do dossel. O aumento nos valores de NDVI era esperado, uma vez que a biomassa das parcelas aumenta com o desenvolvimento da cultura. Tal observação corrobora o identificado por Rosa et al. (2015), a qual utilizando o mesmo sensor também verificou o aumento nos valores de NDVI para cultura de cana-de-açúcar ao longo do período experimental.

Observou-se pouca diferença na amplitude das curvas do NDVI mensurado entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada. Este fato se explica, porque em situações em que a disponibilidade de nitrogênio é alta, o máximo potencial do sistema fotossintético se estabelece, sendo o excedente de nitrogênio armazenado na forma de outros compostos de reserva (MOLIN et al., 2010). Dessa forma, o uso de sensores é importantíssimo, pois, além de detectar parcelas deficientes do nutriente, permite inferir quando a adubação ocorre em excesso, que resulta no aumento das perdas de nitrogênio e diminui a eficiência do uso do nutriente pelas plantas.

Segundo Tremblay et al. (2009), a saturação em sensores que trabalham com NDVI ocorre quando se atinge um nível denso de vegetação e, por conseguinte, deixa de existir relação linear das medidas do sensor com parâmetros como índice de área foliar e biomassa. No presente trabalho não ocorreu à saturação do NDVI nos dois primeiros ciclos, fato que pode ser explicado pelo início de pastejo ter ocorrido quando a altura das plantas atingia 30 cm de altura, correspondente a 95% de interceptação luminosa pelo dossel foliar para capim Xaraés (SILVA et al., 2008). Essa condição de interceptação luminosa não permite que a cultura atinja níveis densos de dosséis para evitar auto sombreamento e senescência das folhas inferiores, o que representa perda de forragem. Já o terceiro ciclo apresentou uma tendência de saturação do NDVI, que ocorreu devido às plantas já estarem bem formadas e com maior presença de biomassa vegetal nas parcelas.

Observou-se a tendência de aumento do índice SPAD de acordo com o crescimento da cultura. Cancellier et al. (2013), ao avaliar a dinâmica dos índices de

clorofila resultante da adubação nitrogenada em genótipos de arroz de terras altas, no município de Gurupi (TO), concluíram que a retranslocação do nitrogênio acumulado nos tecidos ocorre da parte inferior da planta, ou seja, das folhas fisiologicamente mais velhas para os órgãos mais jovens, justificando-se o aumento das leituras, visto que elas foram realizadas na última folha completamente expandida da planta.

4.3 Produtividade de forragem e teor de proteína bruta

A produtividade dos diferentes componentes do pasto de capim-xaraés no pré e pós-pastejo para os tratamentos obtidos nos três ciclos ciclo de manejo da cultura são apresentados na Tabela 3. Durante o período experimental, os valores de produtividade de forragem total e lâmina foliar, no pré-pastejo, não apresentaram diferença estatística entre as parcelas que receberam adubação nitrogenada à taxa variada quando comparadas à taxa fixa. Apenas a testemunha apresentou desempenho inferior aos tratamentos que receberam adubação nitrogenada.

Tabela 3 – Produtividade dos diferentes componentes do pasto de capim-xaraés ao final dos três ciclos ciclo de manejo da cultura – média por avaliação

Características	T _T	T _R	T _G	T _S	Valor P ¹	CV (%)
Pré-pastejo						
Forragem total (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	51,53b	80,66a	76,51a	81,48a	0,0026	12,03
Lâmina foliar (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	33,51b	55,74a	53,62a	57,94a	0,0002	9,57
Colmo (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	15,38	20,23	20,32	19,6	0,4242	24,61
Forragem morta (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	3,69	4,74	4,27	5,61	0,7870	59,28
Pós-pastejo						
Forragem total (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	31,77	52,88	46,16	45,26	0,0531	20,71
Lâmina foliar (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	12,62c	23,91a	22,66ab	18,76b	0,0001	10,82
Colmo (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	12,06	21,04	14,91	18,3	0,2089	34,79
Forragem morta (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	5,02	6,69	6,79	7,03	0,7571	45,57
Desap. de lâmina (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	20,89b	31,83ab	30,95ab	39,17a	0,0150	19,81
Taxa de lotação (UA ha ⁻¹)	2,30b	3,49a	3,44a	3,29a	0,0005	8,70
Segundo ciclo de manejo						
Pré-pastejo						
Forragem total (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	53,73b	121,56a	117,79a	137,73a	0,0001	12,63
Lâmina foliar (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	27,95b	76,19a	70,75a	85,83a	0,0001	11,65
Colmo (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	19,77b	33,80ab	37,09ab	40,87a	0,0496	28,46
Forragem morta (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	3,47	8,58	5,19	10,89	0,0526	48,79
Pós-pastejo						

Forragem total (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	42,11b	91,19a	90,27a	86,65a	0,0000	8,01
Lâmina foliar (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	19,31b	34,67a	34,37a	33,73a	0,0017	14,15
Colmo (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	18,20b	45,69a	41,55a	39,87a	0,0006	17,08
Forragem morta (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	3,69b	8,42ab	10,56a	10,25a	0,0124	30,16
Desap. de lâmina (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	8,64b	41,52a	36,38a	52,10a	0,0008	27,75
Taxa de lotação (UA ha ⁻¹)	2,10b	6,11a	5,69a	5,60a	0,0001	14,1
Terceiro ciclo de manejo						
Pré-pastejo						
Forragem total (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	37,07b	91,43a	94,11a	88,98a	0,0017	20,34
Lâmina foliar (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	26,71b	59,84a	62,72a	58,12a	0,0005	15,73
Colmo (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	9,60b	30,43a	32,94a	33,18a	0,0030	26,79
Forragem morta (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	2,27	2,87	3,06	2,36	0,6807	40,47
Pós-pastejo						
Forragem total (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	20,87b	76,73a	69,28a	75,72a	0,0001	16,09
Lâmina foliar (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	9,70b	35,82a	30,99a	33,01a	0,0006	21,61
Colmo (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	8,64b	34,23a	34,02a	37,64a	0,0004	21,94
Forragem morta (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	2,23	5,83	3,93	3,48	0,2429	59,88
Desap. de lâmina (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	17,01	24,01	31,73	25,11	0,1644	33,63
Taxa de lotação (UA ha ⁻¹)	1,45b	4,32a	4,13a	4,07a	0,0000	7,26

¹Valores de probabilidade pelo teste F da análise de variância ($P < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra numa mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,05$). T_T= Testemunha, T_R= Referência, T_G= Sensor GreenSeeker, T_S= Sensor SPAD 502.

A ausência de diferença estatística entre os tratamentos confirma a eficácia do uso de ferramentas de agricultura de precisão para a recomendação da adubação nitrogenada à taxa variada em capim Xaraés, pois ao utilizar metade da quantidade de adubo do tratamento à taxa fixa, obteve-se a mesma produtividade de forragem total e lâmina foliar, o que permitiu obter a mesma taxa de lotação entre os tratamentos. A aplicação de nitrogênio à taxa variada em áreas espacialmente variáveis contribui para o aumento da eficiência de uso do nitrogênio. Essa forma de se manejar o nitrogênio leva à redução na aplicação desse nutriente em locais onde o potencial produtivo é alto, nos quais as plantas estão bem supridas e não haveria resposta a altas doses de nitrogênio aplicadas, porém sem comprometer a produtividade de forragem (BREDEMEIER et al., 2013).

Os resultados obtidos confirmam a vantagem da utilização de sensores espectrais para auxiliar a recomendação da adubação nitrogenada. Essa vantagem deve-se à possibilidade de aplicação de nitrogênio à taxa variada de acordo com a necessidade da cultura considerando a variabilidade espacial e temporal do requerimento de nitrogênio,

evitando perdas e conseqüentemente, aumentando a lucratividade (SHIRATSUCHI et al., 2014).

Estudos de campo indicam justificativas econômicas e ambientais para aplicação de nitrogênio à taxa variada (LAMBERT et al., 2006; HONG et al., 2007). O nitrogênio aplicado de maneira uniforme, aplicação à taxa fixa, é um risco considerável ao meio ambiente, pela lixiviação de nitrato para águas superficiais e subterrâneas (SHANAHAN et al., 2008; BREDEMEIER et al., 2013).

Observando a tendência de produtividade de forragem total nos três ciclos de manejo da cultura, o primeiro ciclo foi o que apresentou o menor valor do período experimental, efeito da roçada drástica realizada para início das avaliações. Após o pasto ter sido roçado, não se via lâmina foliar e partes dos colmos eram cortados, tornando o tempo de resposta da planta mais lento devido ao comprometimento da rapidez na rebrota, apesar das condições ambientais mais favoráveis no primeiro ciclo com precipitação de 61 mm e temperatura média de 21, 25°C.

O período de descanso no primeiro ciclo, de 30 dias nos tratamentos com adubação, foi o mesmo do terceiro ciclo, quando os dias eram mais curtos, a precipitação mais baixa e a temperatura média também mais baixa. Apesar dos poucos estudos sobre os benefícios ou prejuízos da roçada de pastos tropicais, a roçada realizada para eliminar rapidamente o pasto com morfologia inadequada ao consumo e desempenho animal possivelmente compromete a rapidez da rebrotação (SANTOS; FONSECA, 2016).

Castro et al. (2013), pesquisando *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no município de Cidade Gaúcha (PR), manejados em quatro alturas de desfolha por bovinos de corte em sistema de lotação contínua, obtiveram uma produtividade de forragem total de 67,77 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para o período de inverno, com as plantas manejadas a 30 cm de altura. A produtividade encontrada no presente trabalho mostrou-se superior para a mesma estação do ano. O fato de Leopoldina se encontrar mais próxima do Equador do que o município de cidade Gaúcha e a baixa altitude explica, em parte, essa tendência de aumento na produtividade de forragem total. Devido ao seu posicionamento geográfico, Leopoldina recebe maior quantidade de radiação solar e tem maior número de horas luminosas. A diferença na produtividade obtida em relação a Castro et al. (2013), pode ainda ser explicada pela adubação, realizada pelos autores à taxa fixa. A adubação realizada à taxa fixa não mensura a necessidade ou não de adubação suplementar ao longo do período experimental.

Notou-se uma tendência de encontrar maiores valores de produtividade de forragem total no segundo ciclo de manejo da cultura. A precipitação pluvial registrada ocorreu, em sua maioria, no início de ciclo (Figura 8), que pode ter favorecido a adubação realizada e o desenvolvimento da cultura devido ao suprimento de água. Outro fator que pode ter contribuído para o aumento da forragem total é o fato do rebaixamento do pasto ao fim do primeiro e segundo ciclo de manejo terem sido realizados pelos animais, o que favorece o crescimento do pasto, pois o efeito residual do pós-pastejo é maior, facilitando a sua regeneração.

A produtividade de forragem total depende de fatores definidos pela composição genética da espécie e fatores climáticos como temperatura, luminosidade, água, entre outros. No trabalho realizado por Galzerano et al. (2013), os autores avaliaram o capim-Xaraés na época das águas na região de Jaboticabal (SP), utilizando como critério de manejo a interceptação pelas plantas de 95% de radiação fotossinteticamente ativa e adubação com 100 kg ha⁻¹. A produtividade de forragem total obtida foi de 149,07 kg ha⁻¹ dia⁻¹. Este valor de produtividade se aproxima do valor encontrado no segundo ciclo de manejo para os tratamentos que receberam adubação nitrogenada, apesar das coletas terem sido realizadas na época seca, onde o clima apresentava-se menos favorável para o desenvolvimento de forrageiras tropicais.

Devido à *Urochloa brizantha* ser uma espécie tropical, a queda da produtividade é explicada pela variação dos fatores ambientais. Espécies forrageiras tropicais têm crescimento ótimo dentro de uma faixa de temperatura entre 25 a 35 °C e seu crescimento é reduzido até cessar sua atividade sob temperaturas entre 10 e 15 °C (DANTAS et al., 2016). Sendo, a temperatura, conforme Tonato et al. (2010) um dos principais fatores responsáveis pela estacionalidade da produtividade das pastagens. A produtividade de forragem total decresceu à medida que se avançou para o inverno.

O terceiro ciclo de manejo apresentou tendência de menor produtividade quando comparado ao segundo ciclo de manejo. Houve quedas na produtividade de lâminas foliares, reflexos das baixas temperaturas e das baixas precipitações (Figura 9). Porém, o terceiro ciclo apresentou tendência de maior produtividade de forragem total quando comparado ao primeiro ciclo de manejo, que pode ser explicado pela ocorrência do efeito residual das doses de N aplicadas em ciclos anteriores e pelo rebaixamento do pasto ter sido realizado pelos animais.

Os valores percentuais da fração de lâmina foliar tenderam a superar os valores de colmo e forragem morta em todos os três ciclos de manejo. Isso pode ser explicado

pelo pasto ter sido manejado com menores alturas, favorecendo o maior controle do alongamento do colmo com o aumento da intensidade de pastejo (EUCLIDES et al., 2009; FLORES et al., 2008; CARLOTO et al., 2011). Esse resultado é importante, pois a presença de maior quantidade de lâminas foliares em relação a colmo e forragem morta afeta positivamente o desempenho animal, devido à alta contribuição para a dieta, relacionado ao valor nutritivo dessas estruturas (CASTRO et al., 2013).

Silva et al. (2016) observaram vários tipos de capim objetivando estudar suas características estruturais. Os autores encontraram relação lâmina/colmo (2,45) para o cultivar Xaraés, que representa 71 % de folhas na massa de forragem. Estes valores se assemelham aos valores encontrados no presente trabalho no qual os valores de lâmina foliar estão na média de 65 % de folhas na massa de forragem para os tratamentos que receberam adubação nitrogenada.

Segundo Euclides et al. (2000), existe uma relação positiva entre o ganho de peso dos animais e a massa seca de lâminas foliares em pastos de *Brachiaria decumbens* e *Urochloa brizantha* manejados sob lotação contínua. Os autores atingiram o ponto de máximo ganho animal quando a massa de lâmina foliar foi de 1.100 kg ha⁻¹. A produtividade de lâmina foliar no pré-pastejo para os tratamentos T_R, T_G e T_S ultrapassaram 1.100 kg ha⁻¹ nos três ciclos de manejo, atingindo produtividade acima do ótimo para ganho animal.

Os valores de produtividade de forragem total, no pós-pastejo, não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no primeiro ciclo de manejo da cultura. No primeiro ciclo de manejo da cultura os tratamentos apresentavam densidade de touceiras semelhantes, que ocasionou a não diferenciação da produtividade de matéria seca total dos tratamentos no pós-pastejo. Já no segundo e terceiro ciclo de manejo da cultura houve diferença estatística entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e a testemunha. Essa diferença ocorreu, pois, o acúmulo de doses de nitrogênio favoreceu o perfilhamento resultando no adensamento da cultura, maior aparecimento de touceiras no pasto, resultando na diferença de forragem total entre os tratamentos T_R, T_G e T_S e o tratamento T_T.

O percentual de material morto no pós-pastejo aumentou em relação ao pré-pastejo, isto se deve ao pasto estar mais baixo facilitando a coleta de material morto. A palha da roçada no início da avaliação, para uniformização dos pastos, persistiu mesmo com o pisoteio animal ao longo dos três ciclos de avaliação, o que contribuiu para os altos valores obtidos no coeficiente de variação da forragem morta. Segundo a

classificação de Gomes (2011), amostras com coeficiente de variação acima de 30 % possuem dispersão dos dados muito alta, apontando baixa confiabilidade.

Os valores de taxa de lotação média não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada nos três ciclos de manejo da cultura, já a parcela de testemunha, que não recebeu adubação nitrogenada, apresentou diferença significativa, entre esse tratamento e aqueles que receberam adubação nitrogenada, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Euclides et al. (2009) avaliaram a produção animal e sua relação com as características dos pastos de *Urochloa brizantha* cultivares Marandu, Xaraés e Piatã, em Campo Grande (MS). A taxa de lotação para o cultivar Xaraés foi em média 3,8 UA ha⁻¹ no período das águas e 1,4 UA ha⁻¹ no período seco. Os valores de taxa de lotação encontrados nesse trabalho foram superiores para o mesmo cultivar. Provavelmente a adubação realizada pelos autores à taxa fixa, aplicados 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio de novembro a dezembro de cada ano, não foi suficiente para atender à demanda de nitrogênio pelas plantas, que possivelmente propiciou menor oferta de forragem, reduziu a taxa de lotação e aumentou a pressão de pastejo. O tratamento T_T também ultrapassou o resultado encontrado por Euclides et al. (2009), podendo ser explicado pelo histórico de adubação da área antes da implantação do experimento.

A tendência de maior disponibilidade de lâmina foliar no segundo ciclo de manejo da cultura favoreceu o aumento da capacidade suporte do pasto e, conseqüentemente, o desaparecimento de lâmina foliar (Tabela 3). A taxa de lotação variou de 5,6 a 6,11 UA ha⁻¹ para os tratamentos que receberam adubação nitrogenada. Fukumoto et al. (2010), em pastos de capim-marandu manejados com 30 dias de descanso, em Valença, Rio de Janeiro, obtiveram uma taxa de lotação média de 5 UA ha⁻¹ no período de janeiro a junho de 2005.

Pinto (2015), ao avaliar duas estratégias de aplicação de 400 kg ha⁻¹ de N em *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, em Leopoldina – MG, sobre a distribuição de forragem ao longo do ano, capacidade de suporte do pasto e produção de leite, concluiu que a combinação da adubação nitrogenada com lâminas d'água proporcionou a obtenção de taxas de lotação altas no outono e inverno, sem diferença significativa para as taxas de lotação na primavera e verão. A média das taxas de lotação obtida por estação do ano foi de 6,01 UA ha⁻¹ no outono e 5,98 UA ha⁻¹ no inverno. Dados semelhantes de taxa de lotação foram obtidos no segundo ciclo de manejo para os tratamentos que receberam adubação nitrogenada, confirmando que a aplicação à taxa variada foi realizada com

doses condizentes as reais necessidades da cultura. A vantagem da aplicação à taxa variada comparada com à taxa fixa é principalmente na sincronia da aplicação do nitrogênio com a época ideal de absorção do nutriente pela planta no decurso da cultura considerando a variabilidade espacial (SHIRATSUCHI et al., 2014).

A queda na produtividade de lâminas foliares no terceiro ciclo de manejo da cultura propiciou menor oferta de forragem favorecendo a queda na taxa de lotação quando comparado ao segundo ciclo de manejo. Essa queda, pode ser atribuída à chegada do inverno, com o clima seco, a produtividade homogênea de lâmina foliar pelas plantas forrageiras é reduzida. A partir da menor disponibilidade de alimento para os animais, ajustes da lotação à capacidade suporte do pasto foram realizados.

Os teores de proteína bruta estimados para cada tratamento nos três ciclos de manejo da cultura são apresentados na Tabela 4. O teor de proteína bruta do primeiro ciclo de manejo não apresentou diferença estatística entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Uma possível explicação para não ter havido diferenciação entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e a testemunha é o histórico de adubação da área. Antes da implantação do experimento a área recebia adubação nitrogenada a cada 60 dias para garantir a manutenção da oferta de forragem para o gado. Após a implantação, possivelmente, a testemunha ainda tinha resquícios do adubo aplicado, e o tempo de duração do primeiro ciclo de manejo não foi suficiente para que ocorresse a diferenciação, no teor de proteína, entre os tratamentos, devido à influência do efeito residual.

Tabela 4 – Teor de proteína bruta para cada tratamento nos três ciclos de manejo da cultura

Ciclos de manejo	T _T	T _R	T _G	T _S	Valor P ¹	CV (%)
1° Ciclo	9,16	13,43	11,35	11,91	0,09156	19,02
2° Ciclo	8,01b	13,58a	12,43a	11,96a	0,00109	11,58
3° Ciclo	6,48b	13,41a	11,59a	11,71a	0,00012	11,53

¹Valores de probabilidade pelo teste F da análise de variância ($P < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra numa mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,05$). T_T= Testemunha, T_R= Referência, T_G= Sensor GreenSeeker, T_S= Sensor SPAD 502.

O teor de proteína bruta não apresentou diferença significativa entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada, já a testemunha, que não recebeu adubação nitrogenada, apresentou diferença significativa, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade no segundo e terceiro ciclos de manejo da cultura. A adubação

nitrogenada à taxa variada teve o mesmo desempenho que a adubação à taxa fixa na produção de nutrientes pelas plantas forrageiras.

Sem o uso de técnicas de agricultura de precisão, os agricultores tendem a aplicar nitrogênio à taxas fixas, sem levar em consideração a necessidade cultura, resultando em maior risco de perda do nutriente. A não diferença estatística nos valores de proteína bruta demonstra que, possivelmente, houve perda de nitrogênio nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada à taxa fixa. A chave para otimizar a relação entre rendimento da cultura, o lucro e a preservação do meio ambiente é alcançar uma melhor sincronia entre o nitrogênio aplicado e a demanda de nitrogênio pela a cultura. Pois, minimizar o impacto ambiental causado pelo uso excessivo de nutrientes é crucial para os sistemas de produção em todo o mundo (SHANAHAN et al., 2008).

O tratamento Testemunha, sem aplicação de nitrogênio, apresentou valor inferior de teor de proteína no segundo e terceiro ciclo de manejo da cultura, sendo reflexo da ausência de adubação nitrogenada, das baixas temperaturas, da queda na intensidade da luz e da baixa precipitação fatores climáticos relacionados à chegada do inverno. O valor nutricional pode ser sensivelmente alterado no inverno, e o crescimento de forragem pode ocorrer às custas da concentração de proteína bruta da forragem (NEWMAN et al., 2007). Fato esse que pode ser constatado também pelo tempo que as plantas do tratamento Testemunha levaram para atingir 30 cm de altura no terceiro ciclo de manejo (Tabela 2).

Os teores de proteína bruta obtidos nesse experimento são superiores aos relatados por Fernandes et al. (2015), que trabalharam com *Urochloa brizantha* cv. Marandu, na região de Uberaba – MG, adubado com 300 kg ha⁻¹ de N. Os autores obtiveram teores médios de proteína bruta variando entre 8,4 e 12,0 % para diferentes períodos do ano. Dantas et al. (2016) trabalhando com *Urochloa brizantha*, cv Marandu, em Jaboticabal – SP, em função de lâminas de irrigação, em diferentes estações do ano, obtiveram média de 11,6 a 14,4 % no período do outono e do inverno, teores próximos aos obtidos neste trabalho.

Machado et al. (2017) avaliaram a influência de diferentes doses de nitrogênio sobre o acúmulo, perfilhamento e características químicas do capim *Braquiária*, no município de Felixlândia - MG. Os tratamentos consistiram em quatro doses de N: 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e a testemunha, os teores de proteína bruta variaram de 7,7 a 11,1 %. Os autores concluíram que a adubação nitrogenada promove benefícios, como a melhoria da composição química de forragem.

Os sensores GreenSeeker e SPAD 502 se mostraram eficientes para a recomendação da adubação nitrogenada à taxa variada ao longo do período experimental. Os sensores conseguiram detectar a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas, proporcionando o melhor uso do nitrogênio, maximizando a produtividade com economia no uso do insumo.

Diante do contexto da agricultura de precisão, a confecção de mapas que visam identificar a variabilidade espacial de nutrientes no campo, necessita de uma boa amostragem de pontos. O uso do sensor SPAD 502 para a realização dessa amostragem, apresenta desvantagem em relação ao GreenSeeker, por ser um sensor de contato, podendo ter sua adoção comprometida devido a maior dificuldade na coleta de pontos amostrais em áreas extensas de lavoura, que possivelmente inviabilizaria a confecção dos mapas. O GreenSeeker, por sua vez, pode ser acoplado tanto a barra de um trator como a de um implemento agrícola, e a amostragem de pontos pode ser realizada por meio do escaneamento de toda a área, possibilitando o seu uso em áreas extensas.

5 CONCLUSÕES

- Os sensores utilizados no trabalho foram eficientes para recomendação de adubação nitrogenada à taxa variada em pastagens de *Urochloa brizantha*, cultivar Xaraés;
- A adubação nitrogenada à taxa variada foi mais eficiente que à taxa fixa em *Urochloa brizantha*, cultivar Xaraés, pois obteve-se a mesma produtividade de forragem total, teor de proteína bruta e taxa de lotação, utilizando menor quantidade de adubo nitrogenado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C. A. B.; COSER, A. C.; MARTINS, C. E.; OLIVEIRA, R. A.; CUNHA, F. A.; FIGUEIREDO, J. L. A. Altura de capins e cobertura do solo sob adubação nitrogenada, irrigação e pastejo nas estações do ano irrigação e pastejo nas estações do ano. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n.1, p. 21-27, 2010.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, n.395, p.380-394, 2007.

AMARAL, L. R.; MOLIN, J. P. Sensor óptico no auxílio à recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.12, p.1633-1642, 2011.

AMARAL, L. R.; PORTZ, G.; FARIA, T. F.; MOLIN, J. P. Comparação de clorofilômetros como indicadores de suficiência de nitrogênio em Cana-de-açúcar. Congresso brasileiro de agricultura de precisão, 2010. **Anais... CONBAP 2010**.

BAIO, F. H. R.; SILVA, S. P.; CAMOLESE, H. S.; NEVES, D. C. Financial analysis of the investment in precision agriculture techniques on Cotton crop. **Engenharia Agrícola**, v.37, n. 4, 2017.

BASSO, B.; CAMMARANO, D.; FIORENTINO, C.; RITCHIE, J. T.; Wheat yield response to spatially variable nitrogen fertilizer in Mediterranean environment. **European Journal of Agronomy**, v.51, p. 65-70, 2013.

BEZERRA, M. V. C., BERNARDO, B. S.; BERGSON, G. B. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.709, 2011.

BORGES, A. L. C. C.; TEIXEIRA, R. M. A.; SILVA, E. A.; FERNANDES, L. O.; RUAS, J. R. M.; QUIEIROZ, D. S.; LAGE, H. F. Desempenho nutricional de bovinos leiteiros. **Informe Agropecuário**, v.36, n.286, p. 88-99, 2015.

BOTTEGA, E. L.; PEGORARO, C.; GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A. M.; QUEIROZ, D. M. Spatial and temporal distribution of weeds in no-tillage system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.12, 2016.

BRAVIN, M. P.; OLIVEIRA, T. K. Adubação nitrogenada em milho e capim-xaraés sob plantio direto

e preparo convencional em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.10, p.762-770, 2014.

BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1147-1154, 2013.

BRUNETTO, G.; TRENTIN, G.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; MIOTTO, A.; MOSER, G. R. Z.; MELO, G. W. Use of the SPAD-502 in estimating nitrogen content in leaves and yield in grapevines in soils with different texture. **American Journal of Plant Sciences**, v.3, p.1546-1561, 2012.

CAMACHO, M. A.; SILVEIRA, L. P. O.; SILVEIRA, M. V. Eficiência de genótipos de *Brachiaria brizantha* Stapf. (Syn: *Urochloa brizantha*) na produção de biomassa sob aplicação de fósforo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.4, 2015.

CANCELLIER, E. L.; SILVA, J.; SANTOS, M. M.; SIEBENEICHLER, S. C.; FIDELIS, R. R. Índices de clorofila em partes da planta de arroz de terras altas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, p.199-206, 2013.

CARLOTO, M. N.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; LEMPP, B.; DIFANTE, G. S.; PAULA, C. C. L. de. Desempenho animal e características de pasto de capim-xaraés sob diferentes intensidades de pastejo, durante o período das águas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.97-104, 2011.

CARNEIRO, F. M.; FURLANI, C. E. A.; ORMOND, A. T. S.; KAZAMA, E. H.; SILVA, R. P. Mechanized fertilization: individual application of nitrogen, phosphorus and potassium in sugarcane, **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 278-287, 2017.

CARVALHO, T. B.; ZEN, S.; TAVARES, E. C. N. **Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina**. Em: Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural, 47, 2009, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SOBER. 2009.

CASAGRANDE, D. R.; AZENHA, M. V.; VALENTE, A. L. S.; VIEIRA, B. R.; MORETTI, M.; RUGGIERI, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. Estrutura do dossel e comportamento de novilhas nelores recebendo suplementação em pastagem de 118 capim-marandu manejada em lotação contínua com três intensidades de pastejo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v, 40, n. 11, p, 2294-2301, 2011.

CASTRO, L. M.; BARBOSA, M. A. A. F.; BARBERO, R. P.; BRITO, V. C.; SAAD, R. M.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; BRIDI, A. M. Produção de forragem e composição estrutural de pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés manejados em diferentes alturas de pastejo. **Semina**, v. 34, n.6, suplemento 2, p. 4145-4156, 2013.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v.89, p.557-562, 1997.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, A. M.; FONTANA, D. C.; MELO, R. W.; SHIMABUKURO, Y. E.; FIOR, C. S. Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 883-896, 2017.

CORRÊDO, L. P. **Uso de sensores óticos para determinação da taxa variada de adubação nitrogenada em *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés**. 2017. 57p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.

COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.3, p.187-193, 2005.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SILVA, G. P.; SEVERIANO, E. C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1578-1585, 2009.

DANIEL, E. S.; AMARANTE, C. V. T.; MARTIN, M. S.; MIQUELLUTI, D. J.; CAMPOS, M. L. Relação entre o teor absoluto e relativo de clorofila em folhas de vimeiro. **Ciência Florestal**, v. 26, n.1, p. 307-312, 2016.

DANTAS, G. F.; FARIA, R. T.; SANTOS, G. O.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F. Herbage yield and quality of irrigated brachiaria in autumn and winter. **Engenharia Agrícola**, vol.36, n.3, 2016.

DIAS FILHO, M. B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Amazônia. 1ªed, Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36p. (INFOTECA-E Documentos, 402)

DEBLITZ, C. **Agri benchmark beef report 2009: benchmarking farming systems worldwide**. VTI, Braunschweig. 2009.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para Análise de Alimentos**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco – MG: Suprema, 2012.

DIKER, K.; BAUSCH, W. C. Potential of use of nitrogen reflectance index to estimate plant parameters and yield of maize. **Biosystem Engineering**, v.84, n. 4, p. 437-447, 2003.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALLE, C. B.; DIFANTE, G. S.; BARBOSA, R. A.; CACERE, E. R. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.98-106, 2009.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 808-818, 2014.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MORAIS, R. V.; MISTURA C.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, M. E. R.; LAMBERTUCC, D.M. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.30-37, 2006.

FERNANDES, L. O.; REIS, R. A.; PAES, J. M. V.; TEIXEIRA, R. M. A.; QUEIROZ, D. S.; PASCHOAL, J. J. Desempenho de bovinos da raça Gir em pastagem de *Brachiaria brizantha* submetidos a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.1, p.36-46, 2015.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. Production systems - an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FLORES, R. S.; EUCLIDES, V. P. B.; ABRÃO, M. P. C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G. S.; BARBOSA, R. A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1355-1365, 2008.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: Anamnese e Diagnóstico**. Viçosa, MG, Editora UFV, Edição 631.811, 2016. 315p.

FRANCIS, D. D.; PIEKIELEK, W. P. **Assessing Crop Nitrogen Needs with Chlorophyll Meters**. SSMG-12, p. 1-4, 1999.

FUKUMOTO, N. M.; DAMASCENO, J. C.; DERESZ, F. Produção e composição do leite, consumo de matéria seca e taxa de lotação em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1548-1557, 2010.

GALZERANO, L.; MALHEIROS, E. B.; RUGGIERI, A. C.; RAPOSO, E.; MORGADO, E.S.; SILVA, W. L.; COSTA, J. P. R.; CAPUTTI, G. P. Desenvolvimento das características do dossel do capim xaraés e suas inter-relações. **Scientia plena**, v. 7, n. 11, 2011.

GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L.; CARPEJANI, G. C.; MORAIS, M. G. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.2, p.205-211, 2011.

HONG, S. D.; SCHEPERS, J.; FRANCIS, D. D.; SCHLEMMER, M. R. Comparison of ground-based remote sensors for evaluation of corn biomass affected by nitrogen stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, n.15, p.2209-2226, 2007.

HILL, J.; UDELHOVEM, T.; VOHLAND, M.; STEVENS, A. The use of laboratory spectroscopy and optical remote sensing for estimating soil properties. Em: Oerke EC, GERHARDS, R.; MENZ, G.; SIKORA, R.A. Precision crop protection - the challenge and use of heterogeneity. Springer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20 n.12, p 67–70, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal**, 2016. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/16994-rebanho-de-bovinos-tem-maior-expansao-da-serie-historica.html>>. Acesso em 17 de fevereiro de 2018.

KAPP JUNIOR, C.; GUIMARÃES, A. M.; CAIRES, E. F. Use of active canopy sensors to discriminate wheat response to nitrogen fertilization under no-tillage. **Engenharia Agrícola**, v.36, n.5, 2016.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**, Justus Perthes, Gotha. 1928.

LAMBERT, D. M.; Lowenberg-DeBoer, J.; Malzer, G. L. Economic analysis of spatialtemporal patterns in corn and soybean response to nitrogen and phosphorus. **Agronomy Journal**, v.98, n.1, p.43-54, 2006.

LEE, J. H; KANG, C. S.; ROH, A. S.; PARK, K. Y.; LEE, H. J. Assessment of N topdressing rate at panicle initiation stage with chlorophyll meter-based diagnosis in rice. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v.12, n.4 p.195-200, 2009.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande - MS, Ed. UNIDERP, 2007. 908 p.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; CONTI, L.; FERREIRA, P. A. A.; DANTAS, M. K. L.; BRUNETTO, G. Nitrogen fertilization in the growth phase of 'Chardonnay' and 'Pinot Noir' vines and nitrogen forms in sandy soil of the Pampa Biome. **Revista Ceres**, v.64, n.4, 2017.

MACEDO, C. H. O.; ANDRADE, A. P.; SANTOS, E. M.; SILVA, D. S.; SILVA, T. C.; EDVAN, R. L. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.371-382, 2012.

MACHADO, S. L. M.; SALES, E. C. J.; REIS, S. T.; MESQUITA, V. G.; CARVALHO, Z. G.; MONÇÃO, F. P.; GOMES, E. A. S.; QUEIROZ, D. S.; LIMA, A. C. R. Forage accumulation, tillering and bromatological characteristics of Brachiaria grass under nitrogen fertilization. **Científica**, v.45, n.2, p.197-203, 2017.

MARQUES, M. F.; ROMUALDO, L. M.; MARTINEZ, J. F.; LIMA, C. G.; LUNARDI, L. J.; LUZ, P. H. C. HERLING, V. R. Momento de aplicação do nitrogênio e algumas variáveis estruturais e bromatológicas do capim-massai, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.3, p.776-784, 2016.

MARTHA JUNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. Área do piquete e taxa de lotação no pastejo rotacionado. **Comunicado técnico 101**. Embrapa. Dezembro, 2003.

MINOLTA CAMERA Co. Ltd. **Chlorophyll meter SPAD-502 Instructional Manual**. Minolta, Osaka, Japan, 1989. 22p.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. Editora Oficina de Texto, 1º Ed, 2015. 223p.

MOLIN, J. P.; FRASSON, F. R.; AMARAL, L. R.; POVH, F. P.; SALVI, J. V. Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, 2010.

MOREIRA, L. M.; SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; MORAIS, R. V.; MISTURA, C. Produção animal em pastagem de capim-braquiária adubada com nitrogênio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.4, 2011.

NEWMAN, Y. C.; SINCLAIR, T. R.; BLOUNT, A. S.; LUGO, M. L.; VALENCIA, E. Forage production of tropical grasses under extended daylength at subtropical and tropical latitudes. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, n1, p. 18-24, 2007.

NTECH INDUSTRIES. **The GreenSeeker hand held data collection and mapping unit**. Sd. Disponível em:<www.ntechindustries.com/handheld.html>. Acesso em: 15 de abril de 2017.

PEREIRA, M. M.; REZENDE, C. P.; PEDREIRA, M. S.; PEREIRA, J. M.; MACEDO, T. M.; SILVA, H. G. O.; BORGES, A. M. F.; SILVA, A. M. P. Valor alimentício do capim marandu, adubado ou consorciado com amendoim forrageiro, e características da carcaça de bovinos de corte submetido à pastejo rotacionado. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.16, n.3, p.643-657, 2015.

PIMENTEL, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 15ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

PINTO, J. A. M. **Adubação em pastos de Capim-Xaraés sob irrigação**. 2015. 42p. Dissertação (Mestrado Profissional em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

POCOJESKI, E.; SILVA, L. S.; KAEFER, S.; MORO, V. J.; GRIEBELER, G. Uso do clorofilômetro no monitoramento nutricional de arroz irrigado com vistas ao manejo da adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 310-318, 2015.

PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. C.; ALVES, J. C. SPAD index for diagnosis of nitrogen status in the Japanese cucumber plants under protected cultivation, **Horticultura Brasileira**, v.32, n.3, 2014.

POVH, F.P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.1075-1083, 2008.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <://www.R-project.org/>. Acesso em: 05/10/2017.

REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; CASAGRANDE, D. R.; ADRIANO GOMES PÁSCOA, A. G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.147-159, 2009.

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

[RIBEIRO, H. M.](#); [VASCONCELOS, E.](#); [RAMOS, A.](#); COUTINHO, J. Avaliação do estado nutricional azotado de pés-mãe de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *Globulus* com recurso a um medidor portátil de clorofila. **Revista Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.40-19, 2009.

ROMA, C. F. C.; CECATO, U.; SOARES FILHO, C. V.; SANTOS, G. T.; RIBEIRO, O. S.; IWAMOTO, B. S. Morphogenetic and tillering dynamics in Tanzania grass fertilized and nonfertilized with nitrogen according to season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 565-573, 2012.

ROSA, H. J. A.; AMARAL, L. R.; MOLIN, J. P.; CANTARELLA, H. Sugarcane response to nitrogen rates, measured by a canopy reflectance sensor. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.50, n.9, 2015.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. **Adubação de pastagens em sistemas de produção animal**. Ed. 633.202. Viçosa, MG, Editora UFV, 2016. 311p.

SHANAHAN, J. F.; KITCHEN, N. R.; RAUN, W. R.; SCHEPERS, J. S. Responsive in-season nitrogen management for cereals. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.61, n.1, p.51-62, 2008.

SHERMAN, P. J.; RIVEROS, F. **Tropical grasses**. Roma: FAO, 1990. 832 p.

SHIRATSUCHI, L. S.; VILELA, M. F.; FERGUSON, R. B.; SHANAHAN, J. F.; ADAMCHUK, V. I.; RESENDE, A. V.; HURTADO, S. C.; CORAZZA, E. J. **Desenvolvimento de um algoritmo baseado em sensores ativos de dossel para recomendação da adubação nitrogenada em taxas variáveis.** Em: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de Precisão: um novo olhar.** Editora Cubo, 2014. p.184-188.

SILA, C. S. O manejo do pastejo e a intensificação da produção animal em pasto. **Caderno de Ciências Agrárias**, Suplemento 1, v.7, n.1, 2015.

SILVA, E. M. B.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, 2010.

SILVA, J. L.; RIBEIRO, K. G.; HERCULANO, B. N.; PEREIRA, O. G.; PEREIRA, R. C.; SOARES, L. F. P. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *brachiaria* e *panicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n.3, 2016.

SILVA, S. C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. Simpósio sobre manejo de pastagens, 2003, Piracicaba, SP. **Anais ...** Piracicaba, SP: FEALQ, 2003. P. 155-186.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagem: características morfológicas e manejo de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.121-138, 2007.

SILVEIRA, P.; GONZAGA, A. C. O. Portable chlorophyll meter can estimate the nitrogen sufficiency index and levels of topdressing nitrogen in common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol.47, n.1, 2017.

SOARES FILHO, R.; CUNHA, J. P. A. R. Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás – Brasil. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.4, p.689-698, 2015.

SOLARI, F.; SHANAHAN, J.; FERGUSON, R. B.; SCHEPERS, J. S.; GITELSON, A. A. Active sensor reflectance measurements of corn nitrogen status and yield potential. **Agronomy Journal**, v.100, p.571-579, 2008.

SWIADER, J. M.; MOORE, A. SPAD chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.5, p.1089-1100, 2002.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. At-Surface Reflectance and Albedo from Satellite for Operational Calculation of Land Surface Energy Balance. **Journal of hydrologic engineering**, v.13, n.2, p.51-63. 2008.

TEIXEIRA, R. M. A.; OIVEIRA, A. S. Manejo de vacas leiteiras em pastejo. Em: SILVA, J. C. P. M. **Manejo e administração na bovinocultura leiteira**. 2º edição revisada e ampliada. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. p. 299-312

THEAGO, E. Q.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; MEGDA, M. M.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo, **Revista Ciência do Solo**, v.38, p.1826-1835, 2014.

TONATO, F.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; DANTAS, O. D.; MALAQUIAS, J. V. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.5, p.522-529, 2010.

TREMBLAY, N.; WANG, Z.; MA, B. L.; BELEC, C.; VIGNEAULT, P. A comparison of crop data measured by two commercial sensors for variable-rate nitrogen application. **Precision Agriculture**, v.10, p.145-161, 2009.

TSUZUKIBASHI, D.; COSTA, J. P. R.; MORO, F. V.; RUGGIERI, A. C.; MALHEIROS, E. B. Anatomia quantitativa, digestibilidade in vitro e composição química de cultivares de *Brachiaria brizantha*. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39, n.1, 2016.

VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. Gênero *Brachiaria*. Em: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2010. p. 30-77.

VILLAR, F. M. M.; PINTO, F. A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. M.; ALCÂNTARA, G. R. Sufficiency Index for defining nitrogen recommendation in *Brachiaria* grass pasture. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 5, p. 1333-1340, 2015.

7 APÊNDICE

Apêndice A

Datas de início e término de cada ciclo de manejo da cultura e as datas em que foram feitas as coletas das variáveis espectrais de acordo com a altura das plantas de cada parcela

	1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo							
	Bloco 1				Bloco 2				Bloco 3				Bloco 4			
	T _T	T _R	T _G	T _S	T _T	T _R	T _G	T _S	T _T	T _R	T _G	T _S	T _T	T _R	T _G	T _S
15 cm	11/04/2017	11/04/2017	11/04/2017	11/04/2017	18/05/2017	12/05/2017	12/05/2017	12/05/2017	19/06/2017	06/06/2017	06/06/2017	06/06/2017	19/06/2017	06/06/2017	06/06/2017	06/06/2017
20 cm	25/04/2017	24/04/2017	24/04/2017	24/04/2017	25/05/2017	19/05/2017	19/05/2017	19/05/2017	06/07/2017	27/06/2017	27/06/2017	27/06/2017	06/07/2017	27/06/2017	27/06/2017	27/06/2017
25 cm	04/05/2017	02/05/2017	02/05/2017	02/05/2017	31/05/2017	25/05/2017	25/05/2017	25/05/2017	26/07/2017	05/07/2017	05/07/2017	05/07/2017	26/07/2017	05/07/2017	05/07/2017	05/07/2017
30 cm	15/05/2017	09/05/2017	09/05/2017	09/05/2017	16/06/2017	02/06/2017	02/06/2017	02/06/2017	10/08/2017	07/07/2017	07/07/2017	07/07/2017	10/08/2017	07/07/2017	07/07/2017	07/07/2017
15 cm	18/04/2017	18/04/2017	18/04/2017	18/04/2017	27/05/2017	18/05/2017	18/05/2017	18/05/2017	04/07/2017	12/06/2017	12/06/2017	12/06/2017	04/07/2017	12/06/2017	12/06/2017	12/06/2017
20 cm	09/05/2017	03/05/2017	03/05/2017	03/05/2017	12/06/2017	26/05/2017	26/05/2017	26/05/2017	30/07/2017	25/06/2017	25/06/2017	25/06/2017	30/07/2017	25/06/2017	25/06/2017	25/06/2017
25 cm	16/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	25/06/2017	30/05/2017	30/05/2017	30/05/2017	13/08/2017	30/06/2017	30/06/2017	30/06/2017	13/08/2017	30/06/2017	30/06/2017	30/06/2017
30 cm	24/05/2017	15/05/2017	15/05/2017	15/05/2017	02/07/2017	08/06/2017	08/06/2017	08/06/2017	22/08/2017	12/07/2017	12/07/2017	12/07/2017	22/08/2017	12/07/2017	12/07/2017	12/07/2017
15 cm	25/04/2017	25/04/2017	25/04/2017	25/04/2017	08/06/2017	01/06/2017	01/06/2017	01/06/2017	18/07/2017	29/06/2017	29/06/2017	29/06/2017	18/07/2017	29/06/2017	29/06/2017	29/06/2017
20 cm	18/05/2017	15/05/2017	15/05/2017	15/05/2017	20/06/2017	10/06/2017	10/06/2017	10/06/2017	02/08/2017	11/07/2017	11/07/2017	11/07/2017	02/08/2017	11/07/2017	11/07/2017	11/07/2017
25 cm	26/05/2017	22/05/2017	22/05/2017	22/05/2017	04/07/2017	18/06/2017	18/06/2017	18/06/2017	14/08/2017	16/07/2017	16/07/2017	16/07/2017	14/08/2017	16/07/2017	16/07/2017	16/07/2017
30 cm	05/06/2017	28/05/2017	28/05/2017	28/05/2017	15/07/2017	25/06/2017	25/06/2017	25/06/2017	22/08/2017	28/07/2017	28/07/2017	28/07/2017	22/08/2017	28/07/2017	28/07/2017	28/07/2017
15 cm	02/05/2017	02/05/2017	02/05/2017	02/05/2017	15/06/2017	05/06/2017	08/06/2017	05/06/2017	27/07/2017	03/07/2017	03/07/2017	03/07/2017	27/07/2017	03/07/2017	03/07/2017	03/07/2017
20 cm	27/05/2017	23/05/2017	23/05/2017	23/05/2017	29/06/2017	19/06/2017	19/06/2017	19/06/2017	08/08/2017	14/07/2017	14/07/2017	14/07/2017	08/08/2017	14/07/2017	14/07/2017	14/07/2017
25 cm	03/06/2017	29/05/2017	29/05/2017	29/05/2017	16/07/2017	23/06/2017	23/06/2017	23/06/2017	16/08/2017	19/07/2017	19/07/2017	19/07/2017	16/08/2017	19/07/2017	19/07/2017	19/07/2017
30 cm	12/06/2017	02/06/2017	05/06/2017	02/06/2017	26/07/2017	29/06/2017	29/06/2017	29/06/2017	22/08/2017	31/07/2017	31/07/2017	31/07/2017	22/08/2017	31/07/2017	31/07/2017	31/07/2017

