

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
AGRONOMIA

Igor Augusto Brugnerotto
Maria Eduarda Wichoróski Thomé

**CAPACIDADE DE SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO EM PASTOS
DE TIFTON 85 (*Cynodon spp.*) ADUBADOS COM DIFERENTES
DOSES E FONTES DE ADUBOS NITROGENADOS**

São Miguel do Oeste – SC (2021)

Igor Augusto Brugnerotto
Maria Eduarda Wichoróski Thomé

**CAPACIDADE DE SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO EM PASTOS DE
TIFTON 85 (*Cynodon spp.*) ADUBADOS COM DIFERENTES DOSES E
FONTES DE ADUBOS NITROGENADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Agronomia do Câmpus São Miguel do
Oeste do Instituto Federal de Santa
Catarina como requisito parcial à
obtenção do título de **Engenheiro(a)**
agrônomo(a).

Orientadora

Prof^ª. Dra. Gabriela Cristina Guzatti

Coorientador

Prof^º. Dr. Douglas Antonio Rogeri

Igor Augusto Brugnerotto
Maria Eduarda Wichoróski Thomé

**CAPACIDADE DE SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO EM PASTOS DE
TIFTON 85 (*Cynodon spp.*) ADUBADOS COM DIFERENTES DOSES E
FONTES DE ADUBOS NITROGENADOS**

Este trabalho foi aprovado pela Banca examinadora composta por Gabriela Cristina Guzatti, Paulo Gonçalves Duchini e Priscila Flôres Aguirre na data de 27/08/2021, cujas notas e assinaturas constam em Ata de Defesa. Por fim, as considerações propostas pela Banca foram incorporadas no trabalho, estando esse apto para arquivamento.



Nome do Orientador

Instituto Federal Santa Catarina - campus São Miguel Do Oeste

RESUMO

O crescimento da produção pecuária vem associado a maior necessidade em quantidade de alimentos volumosos de boa qualidade nutricional. Nesse aspecto, o nitrogênio (N), por participar de diversos processos metabólicos na planta, pode aumentar o acúmulo de matéria seca, a qualidade nutricional e a persistência das pastagens quando disponibilizado adequadamente. Desta maneira, o objetivo do trabalho foi avaliar o status da nutrição nitrogenada de pastos de capim Tifton 85 adubados com diferentes fontes e doses de N no meio da estação de crescimento (verão). A área experimental encontra-se implantada no espaço didático experimental do IFSC – Câmpus São Miguel do Oeste, em um delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, composto por três diferentes fontes de nitrogênio (orgânica – cama de aves, mineral – ureia e organomineral – mistura das duas anteriores na proporção de 5 t/há/ano de cama de aves mais, 250 kg de nitrogênio e 39 de potássio), com doses equivalentes (420 kg N/ha/ano) e 5 diferentes doses (0, 210, 420, 630 e 840 kg N/ha/ano) de adubo orgânico, fracionadas durante o ano. Todos os pastos de capim Tifton 85 foram cortados em fevereiro quando os primeiros tratamentos atingiram a altura de 30 cm. A determinação da massa de forragem (W) foi feita pela secagem e pesagem de todo material verde coletado a nível do solo (folhas e colmos), sendo os teores de N das pastagens determinados nesse material pelo método de kjeldahl. O N crítico foi calculado por meio das estimativas da massa de forragem através das equações utilizadas para plantas do grupo fisiológico C4 ($N\% = 3,6 W^{-0,34}$) e C3 ($N\% = 4,8 W^{-0,32}$). O índice de nutrição nitrogenada (INN) dos pastos foi estimado por meio da relação entre o teor de nitrogênio medido nos pastos e seu teor de N crítico. Considerando as diferentes fontes de N os pastos adubados com a fonte mineral apresentaram um INN de 1,08 para C4 e 0,78 para C3, superiores aos pastos adubados com as fontes orgânica que teve um INN de 0,99 para C4 e 0,72 para C3 e organomineral, que teve um INN de 0,96 para C4 e 0,69 para C3. Entretanto, a produção de biomassa não diferiu entre as diferentes fontes com uma média de 7,2 toneladas de MS/ha. O INN obtido nas diferentes doses de adubo orgânico independentemente da equação utilizada, apresentou efeito linear ($P < 0,0001$) saindo de 0,67 para 1,34 (equação C4) e de 0,50 para 0,97 (equação C3) da testemunha para o tratamento com 840 kg de N/ha, respectivamente. A biomassa (toneladas de MS/ha) dos pastos também apresentou efeito linear ($P = 0,0043$) com o incremento nas doses de N utilizadas. Considerando os valores de produção de biomassa crescentes e INN estimados pela equação para plantas do grupo fisiológico C4 já próximo a 1,0 para as doses de 210 kg de N/ha, sugere-se que possa existir influência do tipo morfológico da planta sobre a estimativa dos coeficientes a serem utilizados nas equações para estimativas no N crítico. Assim, o presente trabalho, indica a necessidade de determinação de curvas de diluição para estimativas mais precisas no N crítico e conseqüentemente do INN dos pastos para o capim Tifton 85 que, apesar de ser uma planta do grupo fisiológico C4 possui uma morfologia mais semelhante às plantas C3.

Palavras-chave: cama de aves; índice de nutrição nitrogenada; nitrogênio crítico; ureia.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	5
2.	OBJETIVOS	6
2.1.	Objetivo Geral.....	6
2.2	Objetivos Específicos.....	6
3.	HIPÓTESES	7
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
4.1.	Importância do N para o crescimento das plantas	8
4.2.	Nitrogênio crítico.....	9
4.2.1	<i>Curvas de diluição do N em plantas e teores de nitrogênio crítico.....</i>	9
4.3.	Impacto das curvas de diluição do N sobre o INN de plantas	10
4.4.	Fontes de N.....	11
4.5.	Mineralização e disponibilização dos nutrientes presentes em cada fonte	13
5.	MÉTODOLOGIA.....	15
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
6.1.	Efeito das diferentes doses sobre a produção e o INN das pastagens	17
6.2.	Efeito das diferentes fontes sobre a produção e o INN das pastagens	19
7.	CONCLUSÃO.....	21
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a produção brasileira de bovinos vem sendo intensificada, fazendo uso de animais de elevado potencial produtivo, bem como, buscando estratégias de manejo que otimizem a produção de forragens e consequentemente os ganhos ao produtor. Nos sistemas de produção de animais ruminantes as pastagens podem ser consideradas a forma mais barata de alimentação animal (LANA, 2005). Dentre as vastas espécies forrageiras disponíveis o capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.), em virtude da sua grande versatilidade, elevada produtividade, alto valor nutricional e morfologia adequada (hastes finas e de alta relação folha/colmo), é muito utilizado na produção de forragem verde para pastejo, bem como para fenação (CARVALHO, 2011).

Considerando o manejo de fertilizantes nitrogenados, seu uso sob solos com boa fertilidade juntamente a condições satisfatórias de temperatura e umidade é um fator determinante para produção e qualidade de forragens com efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade animal (LUPATINI et al., 2013; MARTINS; RESTLE; BARRETO, 2000). As gramíneas apresentam grande potencial de resposta a aplicação de adubos nitrogenados (HERINGER; MOOJEN, 2002), entretanto, seu uso excessivo pode causar prejuízos ambientais e econômicos (PRATHER et al., 2001; JÖNK et al., 2013), além de poder ocasionar problemas toxicológicos aos animais por excesso de acúmulo de nitrato nos tecidos vegetais (JÖNCK et al., 2013).

De modo geral, a utilização de indicadores da condição nutricional das pastagens tem mostrado bons resultados na otimização do uso dos fertilizantes nitrogenados. Nesse sentido, o índice de nutrição nitrogenada (INN), determinado por Lemaire e Gastal (1997), é reconhecido como um bom indicador do status de nutrição nitrogenada que auxilia na tomada de decisão para aplicação de fertilizantes. De acordo com estes autores o INN é determinado pela relação entre o teor de nitrogênio na cultura (N%) e o seu N crítico, o qual pode ser estimado a partir da biomassa aérea presente na pastagem segundo equações pré-estabelecidas.

As diferentes doses de N aplicadas nas culturas geralmente são capazes de afetar o INN das mesmas (LEMAIRE E GASTAL, 1997) porém, pouco é conhecido em relação a diferentes fontes de N, aplicadas na mesma dose. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o status de nutrição nitrogenada de pastos de capim Tifton 85 adubados com diferentes fontes e doses de N ao final de uma estação de crescimento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o status de nutrição nitrogenada de pastos de capim Tifton 85 adubados com diferentes fontes e doses de N em uma estação de crescimento.

2.2 Objetivos específicos

- Construir curvas de diluição do N para o início e meio da estação de crescimento do capim Tifton 85 (em virtude de condições impostas pela Pandemia de COVID-19 esse objetivo não pode ser executado);

- Determinar o índice de nutrição nitrogenada dos pastos de capim Tifton 85 adubado com diferentes fontes e doses de N em uma estação de crescimento.

3. HIPÓTESES

H0: Diferentes doses e fontes de nitrogênio não afetam o status de nutrição nitrogenada de capim Tifton 85 ao final da estação de crescimento.

H1: Diferentes doses e fontes de nitrogênio resultam em pastos de capim Tifton 85 com diferentes status de nutrição nitrogenada ao final da estação de crescimento.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Importância do N para o crescimento das plantas

O N é um elemento essencial no desenvolvimento de todos os organismos vivos, pois é constituinte de DNA, RNA, ATP e proteínas, sendo também um componente essencial de outros compostos chave, incluindo clorofila, auxina, citocininas, alcalóides e glucosinolatos (ANDREWS; LEA, 2013). Este elemento é considerado um dos maiores limitantes na produção de biomassa nos ecossistemas naturais. Seu suprimento adequado para as plantas permite que a cultura possa alcançar todo crescimento potencial que é permitido pela quantidade de energia luminosa interceptada (LEMAIRE e GASTAL, 1997).

O N é considerado essencial e limitante no processo de produção de gramíneas forrageiras, sendo encontrado inúmeros trabalhos na literatura que relatam seus efeitos sobre a produção de forragem de diversas espécies: *Brachiaria decumbens* cv. *Decumbens* (FAGUNDES et al., 2005), *Lolium multiflorum* cv. Azevém-anual (PELLEGRINI et al., 2010), *Panicum maximum* cvs. Mombaça e Tanzânia, e *Brachiaria* sp. cv. Mulato (CASTAGNARA et al., 2011), *Cynodon* cv. Tifton 85 (MOREIRA et al., 2014), e cv. Massai (LOPES et al., 2013), *Avena strigosa* cv. Aveia preta e *Lolium multiflorum* cv. Azevém, (LUPATINI et al., 2013).

A demanda de N pelas culturas pode variar por fatores como: tipo de planta, tipo de solo, teor de matéria orgânica (MO) do solo e expectativa de rendimento da cultura (CQFS-RS/SC, 2016). Assim, uma análise do solo e sua correta interpretação são essenciais para uma recomendação adequada do fertilizante. Isso porque, quando as concentrações externas de N são adequadas, o sistema radicular absorve de forma eficiente a quantidade necessária de N para a planta se desenvolver, porém, doses elevadas de N aplicadas no solo, mesmo tendo sistemas radiculares bem desenvolvidos, e condições ambientais satisfatórias, a planta pode ficar saturada, diminuindo a absorção e a utilização do nutriente (LAWLOR, et al., 2001). Por outro lado, a aplicação de dose abaixo da recomendação ao longo do tempo pode ocasionar na deficiência do nutriente e limitar a produção.

A absorção de N pelas plantas ocorre pelas raízes e folhas. Nas raízes o N pode ser absorvido na forma de nitrato (NO_3^-) e/ou amônio (NH_4^+) e varia durante o ciclo de desenvolvimento da planta. Normalmente, essa quantidade aumenta progressivamente durante o período de crescimento vegetativo, atinge o máximo durante os estádios reprodutivos e cai na

fase de enchimento dos grãos (CREGAN e BERKUM, 1984). Ademais, a concentração de N no dossel forrageiro tende a diminuir à medida que as plantas crescem, como consequência do processo de diluição do N absorvido. Esse fenômeno geralmente é interpretado como resultado crescimento e envelhecimento das plantas (LEMAIRE e GASTAL, 1997).

4.2. Nitrogênio crítico

O teor de nitrogênio crítico pode ser definido como a concentração mínima de N nas plantas necessárias para a taxa máxima de crescimento das mesmas (ULRICH, 1952). Similarmente, é possível definir a absorção crítica de N como a quantidade mínima de N necessária para atingir a máxima biomassa acima do solo em um dado tempo. No entanto, para que o suprimento adequado de N seja efetivo em gerar produção de biomassa é necessário que o mesmo esteja disponível para ser absorvido pelas plantas, o que demanda o suprimento adequado de outros fatores como água e luz, por exemplo. Nesse sentido, é possível que as plantas, apresentem situações de consumo de luxo (quando a concentração de N na planta está bem acima do nível adequado e não influencia mais na produção de biomassa), suprimento adequado ou até mesmo de nutrição subótima de N decorrentes das condições à que estão submetidas (LEMAIRE E GASTAL, 1997).

Segundo Lemaire et al. (1984) para gramíneas que crescem sem limitação de N, o teor de N (N%) na pastagem é resultado da quantidade de matéria seca (W) acumulada segundo a equação abaixo:

$$N\% = a(W) - b \quad (1)$$

Onde:

N% = a concentração de N em porcentagem da MS de forragem;

a = uma constante que representa o teor de N quando $W = 1,0$.

W = a biomassa em toneladas de MS/ha;

b = caracteriza o padrão de redução de N% durante o crescimento. Se o $b = 0$ há acúmulo em MS sem mudança no N. Se $b = 1$ há redução no N sem acúmulo em biomassa.

4.2.1. Curvas de diluição do N em plantas e teores de nitrogênio crítico

Durante o desenvolvimento inicial de crescimento das plantas, mesmo quando o dossel forrageiro é denso, cada planta individual pode ser estudada de forma isolada. As plantas isoladas possuem um crescimento exponencial e uma taxa de crescimento relativa (TCR)

constante, entretanto, à medida que o dossel se desenvolve, a interferência entre plantas individuais ocorre por sombreamento mútuo e a TCR diminui.

Caloin e Yu (1984) desenvolveram um modelo conceitual relacionando à diminuição da TCR ao declínio do percentual de N nas plantas. Segundo esse modelo a redução percentual de N é resultado de um declínio no acúmulo de tecidos metabólicos e um aumento no acúmulo de tecidos de sustentação, que contém menos N, de maneira que a quantidade de N total presente na planta se dilui (LEMAIRE e GASTAL, 1997).

Lemaire e Gastal (1997) observaram que plantas C4 apresentam teores de N crítico inferiores àqueles observados para espécies C3 em situações de mesma biomassa. Essa diferença é decorrente de dois fatores: (1) as espécies C4 contêm uma proporção maior de tecidos estruturais e menor de tecidos metabólicos do que espécies C3; (2) espécies C4 apresentam menores teores de N em seus tecidos metabólicos que espécies C3. Nesse sentido, a literatura apresenta duas equações distintas para determinar o teor de N crítico para espécies C4 e C3, como segue abaixo:

$$N\% = 3,6 W^{-0,34}, \text{ para espécies C4} \quad (2)$$

$$N\% = 4,8 W^{-0,32}, \text{ para espécies C3} \quad (3)$$

A diferença no coeficiente “a” observada entre espécies C3 e C4 é resultado da diferença entre as vias metabólicas de fixação de CO₂ e de anatomia foliar. Ainda, esta diferença indica que em situações de suprimento de N não limitante, espécies C4 requerem 75% do N requerido por espécies C3 para uma mesma produção de biomassa. Já o coeficiente b é menos variável entre espécies, e mostra taxas de diluição do N mais próximos.

O tifton 85 (*Cynodon* spp.) é uma planta C4 que foi desenvolvida com o objetivo de obter alta produtividade e uma boa qualidade de foragem. É uma cultivar adaptada a condições tropicais e subtropicais, de porte mais baixos e com melhor valor nutricional que outras espécies C4, como a Braquiárias e Panicuns.

4.3. Impacto das curvas de diluição do N sobre o INN de plantas

O INN pode ser definido como a relação entre o teor de N atual da cultura pelo seu teor de N crítico (LEMAIRE; JEUFFROY; GASTAL, 2008). Assim, uma vez determinada a curva da diluição do N crítico para uma dada cultura, pode-se, com base no seu teor de N atual determinar seu INN. Nesse sentido com base em medições da massa de forragem e do N% nesse

material é possível, por meio do INN tomar decisões mais assertivas sobre a necessidade de aplicar, ou não, adubos nitrogenados, (LEMAIRE; GASTAL, 1997).

Sendo assim, com base no INN é possível determinar precocemente, durante a rebrota das pastagens, situações de deficiência ou consumo de luxo de N, permitindo prever sua capacidade produtiva e estimar as doses das adubações nitrogenadas quando necessárias (AGNUSDEI et al., 2010). Segundo Lemaire e Gastal (1997) em cenários onde o INN é maior ou igual a 1,0, adubações nitrogenadas poderiam ser atrasadas ou diminuídas. Por outro lado, em situações em que o INN é menor que 1,0 indica a necessidade de antecipação ou de aumento das doses de N a serem aplicadas. Entretanto, é importante destacar, que para uma cultura com INN adequado acumular a biomassa máxima permitida, necessitaria condições de manejo (frequência e severidade de desfolhação) e ambientais favoráveis (temperatura, radiação, água e minerais) durante seu período de crescimento (LEMAIRE; GASTAL, 1997).

Sartor et al. (2014), trabalhando com *Urochloa plantaginea* em diferentes doses de N, obteve INN ideal na dose de 200 kg/ha de N, INN insatisfatório no tratamento sem nitrogênio e, um consumo considerado de luxo na dose de 400 kg/ha de N, onde aumentos na quantidade de N fornecida não refletiram em aumento na produção de biomassa. Segundo Tangriani et al. (2018) em estudo sobre os efeitos da divisão da adubação nitrogenada em Tifton 85, constataram que a produção total de MS do Tifton 85 aumentou à medida que os níveis de N aumentaram até 300 kg/ha independentemente de o N ter sido aplicado em dose única ou parcelado.

4.4. Fontes de N

O suprimento de N para as plantas pode ser feito através de várias formas de fertilizantes que apresentem o elemento em sua composição. A adubação pode ser realizada, via fertilizantes orgânicos, minerais e organominerais. Ainda, o N pode ser obtido por associações simbióticas.

Os fertilizantes orgânicos são constituídos de compostos orgânicos de origem animal e vegetal, sendo que, vários são os materiais que podem ser utilizados como fertilizantes orgânicos. As principais fontes são: camas ou dejetos de animais, resíduos culturais e as adubações verdes. A concentração de nutrientes destes fertilizantes geralmente é baixa, de maneira que, é necessário o uso de maiores volumes para suprir as mesmas quantidades de nutrientes em relação aos fertilizantes minerais (CQFS -RS/SC, 2016).

A eficiência agronômica de fertilizantes orgânicos é dependente da taxa de mineralização do composto, uma vez que, é necessária sua mineralização para que os nutrientes fiquem disponíveis às plantas. Além disso, seu uso, contribui para o acúmulo de matéria orgânica no solo, desencadeando vários processos benéficos para o aumento da produção (CQFS -RS/SC, 2016), além de serem mais baratos e fornecer um destino adequado para resíduos do sistema de produção animal. Nesse sentido, a matéria orgânica é fonte de vários nutrientes que, durante o processo de decomposição, vão sendo liberados, principalmente o nitrogênio, enxofre e fósforo. Contudo, vale ressaltar que esta liberação, geralmente, não supre a necessidade das plantas a menos que seja aplicada em grandes quantidades (NUNES, 2016).

A quantidade de N presente em cada fonte orgânica apresenta grande variabilidade, dependente da origem do material. A média de N presente em camas de frangos muda em relação a quantidade de lotes criados, sendo uma cama 7 e 8 lotes com média de 3,8 % na MS (CQFS -RS/SC, 2016). A adubação orgânica oriunda de dejetos animais pode apresentar forma sólida, pastosa ou líquida, sendo a sua composição dependente da espécie animal, proporção entre fezes e urina, material utilizado para cama, manejo e tratamento dos dejetos (CQFS -RS/SC, 2016).

Os fertilizantes minerais são constituídos de compostos inorgânicos, sendo que um único produto pode apresentar um, dois ou mais macronutrientes primários, além de macronutrientes secundários e micronutrientes. Na maioria das condições de cultivo mais de um macronutriente primário é necessário, o que fez crescer o uso de fertilizantes com vários nutrientes, especialmente o nitrogênio, o fósforo e o potássio, obtido através da mistura de fertilizantes (NUNES, 2016).

Atualmente a produção de fertilizantes minerais nitrogenados é oriunda da fixação sintética do nitrogênio atmosférico usando amônia como produto básico. No geral, esses fertilizantes são sais inorgânicos solúveis, apresentando solubilidade total no solo. Dentre os inúmeros fertilizantes que podem ser utilizados, os principais são a ureia (44% a 46% N), o nitrato de amônio (32% a 33% N) e o sulfato de amônio (20% a 21% N) (CQFS -RS/SC, 2016).

Os fertilizantes organominerais são produzidos industrialmente a partir de misturas de fertilizantes orgânicos (esterços, turfa, cama de animais etc.) e minerais (CQFS -RS/SC, 2016). A legislação específica que os fertilizantes organominerais sólidos para aplicação no solo devem conter no mínimo 8% de carbono orgânico, umidade máxima de 30%, CTC mínima de 80 cmol/kg e o teor de macronutrientes primário, secundários e micronutrientes garantidos ou declarados do produto (BRASIL, 2009).

4.5. Mineralização e disponibilização dos nutrientes presentes em cada fonte

A disponibilidade de N orgânico do solo para as plantas passa pelo processo de mineralização, transformando o N da forma orgânica para a inorgânica. Esse processo é realizado pelos microrganismos heterotróficos do solo, que utilizam os compostos orgânicos como fonte de energia. O grande estoque de N no solo ocorre em forma orgânica, como parte da MO (matéria orgânica). A mineralização da MO libera N inorgânico, o qual constitui a principal fonte de N utilizado pelas plantas em muitos sistemas agrícolas (BIASSANI et al., 2008).

A adição de fertilizantes para suprir o N adequado para o cultivo é feita através de fertilizantes minerais ou por compostos orgânicos. A eficiência dos resíduos animais como fertilizante nitrogenado é dependente da capacidade de mineralização de seus compostos orgânicos (ROGERI, 2010). Esse processo dependente da atuação dos microrganismos heterotróficos, que utilizam o carbono como fonte de energia disponibilizando nitrogênio na solução do solo na forma inorgânica (KIEHL, 1985). A velocidade de decomposição é dependente dos compostos orgânicos tais como carboidratos (polissacarídeos, oligossacarídeos e monossacarídeos), celulose, lignina, proteínas, lipídeos e pigmentos, entre outros, presentes no resíduo, que vão interferir na capacidade dos mesmos resistirem à degradação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Segundo Swift et al., (1979), o processo de decomposição dos materiais orgânicos é regulado principalmente pelas características do material e pelas condições físico-química do ambiente, que são controladas pelo clima e pelas características edáficas do local, não podendo descartar as características da biomassa microbiana.

O nitrogênio quando mineralizado está sujeito a um grande número de transformações no solo. A principal transformação é a nitrificação, que consiste na passagem do N amoniacal ($N-NH_4^+$) para a forma nítrica ($N-NO_3^-$). Além da mineralização e da nitrificação existem outras reações que ocorrem simultaneamente e atuam condicionando a disponibilidade de N. Uma delas é a imobilização de N, que consiste na assimilação do N mineral do solo pela população microbiana. Esta reação faz com que o N passe de uma forma assimilável para formas orgânicas, temporariamente indisponíveis para as plantas. Essa reação ganha importância quando são utilizados compostos orgânicos com relação C / N (carbono / nitrogênio) maior que 30:1 (ROGERI, 2010).

Rogeri (2010) estudando a mineralização e nitrificação do N proveniente de camas de aves adicionada na superfície ou incorporada ao solo, encontrou que, a mineralização líquida do N orgânico presente no resíduo foi pequena, independentemente da forma de aplicação. Constatando que a cama de aves disponibiliza pequenas quantidades de N para as plantas nos períodos iniciais subsequentes à adição ao solo.

Outra fonte utilizada em grande escala são os fertilizantes minerais, sendo os mais utilizados a ureia $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$, o nitrato de amônio $[\text{NH}_4\text{NO}_3]$ e o sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$. Estes fertilizantes são sais inorgânicos solúveis, apresentando alta solubilidade e transformação no solo. Segundo Ernani et al., (2001) devido a ureia ser uma fonte amoniacal, quando aplicada ao solo ela é rapidamente hidrolisada pela enzima urease, que resulta na formação de carbonato de amônio $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$, se decompondo rapidamente, originando amônio, bicarbonato e hidroxila, elevando rapidamente os teores de amônio no solo.

Follmann (2015) em estudo da dinâmica do N mineral do solo notou que, independentemente da dose de N aplicada, ocorreram picos de N no solo e em curto período de tempo uma queda acentuada, caracterizada pela grande absorção desse nutriente pela cultura.

5. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em conjunto com um experimento que se encontra implantado, desde o início do ano de 2018, no espaço didático experimental do IFSC – Câmpus São Miguel do Oeste. O solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho. Os tratamentos foram definidos em base na expectativa de rendimento da cultura (CQFS-RS/SC, 2016), cuja referência foi a dose de N necessária para produção de 20 t/ha/ano de matéria seca de forragem (tabela 1). O experimento conta com 7 tratamentos no qual é composto por três diferentes fontes de nitrogênio (orgânica – cama de aves, mineral – ureia e organomineral – ureia + cama de aves), com doses equivalentes (420 kg N/ha/ano) e 5 diferentes doses (0, 210, 420, 630 e 840 kg N/ha/ano) de adubo orgânico, fracionadas durante o ano, as doses dos fertilizantes orgânicos foram calculadas de modo a suprir 0, 50, 100, 150 e 200% da necessidade de N da cultura, cujas doses aplicadas de cama de aves, considerando o teor de N total do resíduo (3,4%). As doses contendo os fertilizantes minerais foram calculadas de modo a suprir 100% da demanda de N da cultura para produção de 20 t/ha/ano de massa seca, sendo que um deles aplica na forma mineral, além do N, as mesmas quantidades de P e K fornecidas ao solo pela dose de 12,4 t/ha/ano de cama de aves. A terceira fonte de N estudada, a organomineral, consistiu na aplicação combinada de cama de aves e fertilizantes minerais de modo a suprir, sem excesso ou falta, a recomendação técnica de N, P e K da cultura para produção de 20 t/ha/ano, na proporção de 5 t/ha/ano de cama de aves mais, 250 kg de nitrogênio e 39kg de potássio.

Foram utilizados como fonte mineral de N, P e K os fertilizantes ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. A fonte de adubação orgânica foi a cama de frango de corte, sobre a qual foram criados 12 lotes de animais.

Tabela 1 Quantidades de fertilizantes orgânicos (base seca) e minerais aplicados anualmente em função de cada tratamento.

Tratamentos	Cama de aves			Adubos minerais			
	Dose t ha ⁻¹ ano ⁻¹	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	P ₂ O ₅	K ₂ O
Testemunha	0	0	0	0	0	0	0
CA210	6,2	210	86	136	0	0	0
CA420	12,4	420	173	272	0	0	0
CA630	18,5	630	259	407	0	0	0
CA840	24,8	840	347	545	0	0	0
MIN420	0	0	0	0	42	370	288
OM420	5,0	170	70	110	250	0	39

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 28 unidades experimentais, cuja área de cada unidade é de 22,15 m² (4,20 x 5,25 m), espaçadas entre si por corredores de 2,4 m, para evitar a contaminação entre os tratamentos.

As adubações de N foram distribuídas de modo fracionado, sendo aplicadas em três momentos durante o ano, nos meses de fevereiro, agosto e outubro quando possível. O manejo da pastagem foi realizado por meio de corte, com base em recomendações para produção de feno. Os pastos eram rebaixados com cortes até um resíduo de ±5 cm quando os primeiros tratamentos alcançavam 30 cm de altura na média das repetições.

Os dados para o presente experimento foram coletados no mês de fevereiro de 2021, quando, após um rebaixamento à 5 cm de altura, os primeiros tratamentos atingiram 30 cm de altura. Nesse momento, foram realizadas coletas de amostras de forragem ao nível do solo, utilizando-se para isso um quadro de 0,20m x 0,40m (0,08m² de área). O material coletado foi separado em material verde (folhas e colmo) e material morto. Cada componente foi colocado separadamente em sacos de papel e levados para estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C por 72 horas para determinação da produção de biomassa seca (t/ha de MS).

A determinação do teor de N atual das pastagens foi feita a partir da massa viva total coletada (folhas + colmos). Para isso, a amostra seca foi moída em moinho do tipo Willey (peneira de 1mm) e o teor de nitrogênio total estimado pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995; método nº 984.13). O teor de proteína bruta foi determinado multiplicando-se o teor de N por 6,25. O N crítico foi calculado por meio das estimativas de biomassa seca e das seguintes equações propostas por Lemaire e Gastal (1997):

$$Nc\%=3,6 \cdot (W)^{(-0,34)} \text{ para espécies C4} \quad (4)$$

$$Nc\%=4,8 \cdot (W)^{(-0,32)} \text{ para espécies C3} \quad (5)$$

Os índices de nutrição nitrogenada dos pastos foram calculados, por meio da relação entre o teor de nitrogênio atual e o nitrogênio crítico, de acordo com a equação abaixo:

$$INN = \text{teor de N atual} / \text{teor de N crítico} \quad (6)$$

As análises estatísticas foram realizadas através do pacote estatístico SAS University. O efeito das diferentes doses de N sobre os parâmetros avaliados foi testado por meio de contrastes de polinômios ortogonais considerando efeito linear e quadrático. O efeito das diferentes fontes de N sobre os parâmetros avaliados foi testado por meio de contraste linear utilizando o teste t para separação de médias. A significância adotada para todas as análises foi de 95% (P<0,05).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Efeito das diferentes doses de N sobre a produção e o INN das pastagens

A produção de biomassa em função do aumento nas doses de nitrogênio aplicadas de forma orgânica apresentou efeito linear ($P=0,0443$; Figura 1), com aumentos progressivos até a máxima dose testada de 840 kg de N/ha. Os valores de INN apresentaram efeito linear ($P<0,0001$) com o aumento na dose de nitrogênio aplicado, independentemente da equação utilizada para estimativa do teor de N crítico, passando de 0,67 para 1,34 (equação C4) e de 0,50 para 0,97 (equação C3) nas doses de 0 e 840 kg de N/ha, respectivamente (Tabela 2). O teor de PB apresentou efeito linear ($P=0,0021$) com um aumento de 63% para a dose de 840kg de N/ha se comparado a testemunha.

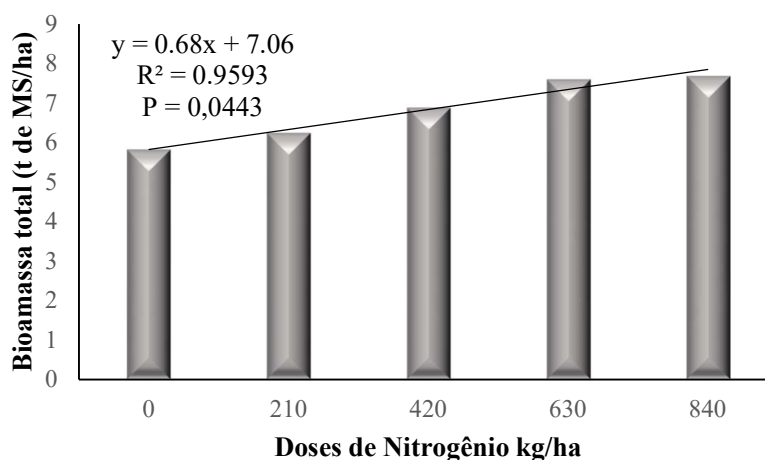


Figura 1. Produção de Biomassa total (t de MS/ha) de pastos de capim tifton 85 em função das doses de nitrogênio (kg/ha) aplicadas.

Tabela 2. Índices de Nutrição Nitrogenada e Proteína Bruta (%) em pastos de capim Tifton 85 em função das doses de nitrogênio aplicadas.

	Doses (kg de N/ha)					CV	P	Contraste	
	0	210	420	630	840			Lin	Quad
INN c4	0,67	0,90	0,99	1,17	1,34	11,201	0,0003	<0,0001	0,7478
INN c3	0,50	0,65	0,72	0,85	0,97	11,138	0,0003	<0,0001	0,7311
PB	9,98	12,46	12,94	14,47	16,35	11,040	0,0021	0,0011	0,5272

INNc4: Índice de nutrição nitrogenada com teor de Nitrogênio Crítico estimado pela equação para plantas C4

INNc3: Índice de nutrição nitrogenada com teor de Nitrogênio Crítico estimado pela equação para plantas C3

PB: Proteína Bruta (%)

CV: Coeficiente de variação

O teor de nitrogênio crítico representa a concentração mínima de N nas plantas necessárias para a taxa máxima de crescimento das mesmas (ULRICH, 1952). Pode também ser definido como a quantidade mínima de N necessária para atingir a máxima biomassa acima do solo em um dado tempo. Nesse sentido, é plausível imaginar que, quando o N atual presente na planta é equivalente ao N crítico (situação em que o INN é igual a 1,0) a absorção de N pela planta não resultaria em mais produção de biomassa, gerando, portanto, o chamado consumo de “luxo” do nitrogênio. Se assim pensarmos, temos um consumo de luxo nas doses de 630kg e 840 kg/N/ha, que na tabela 2 nos traz valores de INN de 1,17 e 1,34 para a equação C4.

Para Lemaire e Gastal (1997) plantas C4 apresentam teores de N crítico inferiores àqueles observados para espécies C3 em situações de mesma biomassa, sendo, essa diferença decorrente de dois fatores: (1) as espécies C4 contêm uma proporção maior de tecidos estruturais e menor de tecidos metabólicos do que espécies C3; (2) espécies C4 apresentam menores teores de N em seus tecidos metabólicos que espécies C3. Assim, a literatura apresenta duas equações distintas para determinar o teor de N crítico para espécies C4 e C3. No presente trabalho, quando o INN foi estimado pela equação pré-estabelecida para plantas C4 observou-se que, a partir da dose de 420 kg de N/ha os pastos apresentariam um INN de 1,0, de maneira que, não se esperaria mais incrementos em biomassa das plantas. Porém, foi observado efeito linear com incrementos na produção de biomassa até a dose de 840 kg N/ha. Assim, também se estimou o INN através da equação pré-estabelecida para plantas C3. Neste cenário, observou-se aumento nos teores estimados de N crítico que conseqüentemente resultaram em INNs mais baixos, com valores próximos a 1,0 na dose de 840 kg de N/ha. Entretanto, apesar de existir efeito linear para produção de biomassa com o aumento nas doses de N a produção dos pastos adubados com 630 e 840 kg de N/ha foi de 7,6 toneladas/ha, sugerindo, portanto, que as respostas em produção começam a diminuir a partir da dose de 630 kg de N/ha. Nesta dose, o INN estimado pela equação para plantas C3 foi de 0,85 e para plantas C4 de 1,17 levando a acreditar que, para o capim tifton, nenhuma das equações atende com satisfação a determinação do N crítico.

A equação estimada para plantas C4 foi desenvolvida com base em experimentos com plantas como o milho e o sorgo. Já o capim Tifton 85, apesar de estar no grupo fotossintético das C4, possui uma estrutura morfológica muito semelhante as plantas C3, levando a crer, portanto, que o coeficiente linear ideal da equação para estimativa do teor de N

crítico, seja algo intermediário entre o 3,6 e 4,8 das equações C4 e C3, respectivamente. A diferença neste coeficiente é resultado da diferença entre as vias metabólicas de fixação de CO₂ e de anatomia foliar e indicam que em situações de suprimento de N não limitante, espécies C4 requerem 75% do N requerido por espécies C3 para uma mesma produção de biomassa.

Desta forma, podemos ainda considerar a forma de crescimento do capim Tifton 85, que por ser uma planta que emite estolões e rizomas, pode apresentar N armazenado nestas estruturas, de maneira que, trabalhos futuros que determinem o teor de N nas diferentes estruturas da pastagem e/ou que construam curvas de diluição ao longo do tempo, podem ajudar na construção do conhecimento em relação a capacidade de nutrição nitrogenada para estes tipos de pasto. Isso é possível pois, uma vez determinada a curva da diluição do N crítico para uma dada cultura, pode-se, com base no seu teor de N atual determinar seu INN e tomar decisões mais assertivas sobre a necessidade de aplicar, ou não, adubos nitrogenados, (LEMAIRE; GASTAL, 1997).

6.2. Efeito das diferentes fontes de N sobre a produção e o INN das pastagens

A produção de biomassa não diferiu entre as diferentes fontes de adubos utilizadas com média de 7,2 t MS/ha (P=0,6144; Figura 2). Já para os valores de INN os pastos adubados com a fonte mineral apresentaram INN superior aos pastos adubados com a fonte orgânica e organomineral que não diferiram entre si, independentemente da equação utilizada (Tabela 3). O teor de PB não diferiu entre as diferentes fontes utilizadas, apresentando média de 12,9% (P=0,4715).

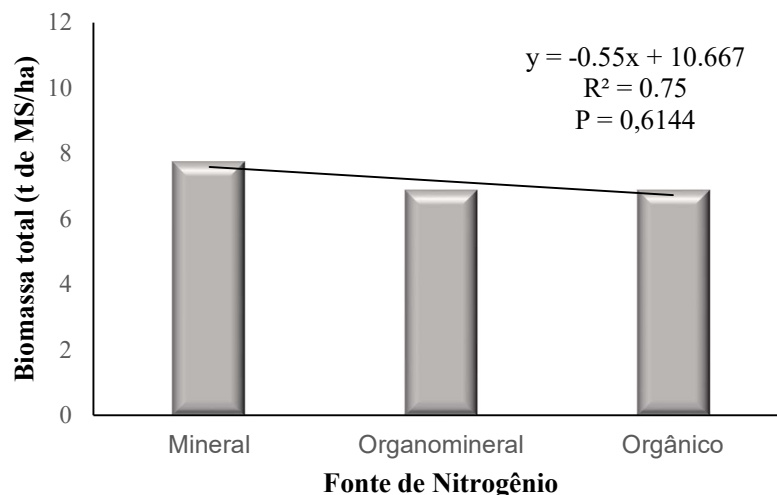


Figura 2. Produção de Biomassa total (t de MS/ha) de pastos de capim tifton 85 em função das fontes de nitrogênio aplicadas na mesma dose (420 kg N/ha).

Tabela 3. Índices de Nutrição Nitrogenada e Proteína Bruta (%) em pastos de capim Tifton 85 em função das diferentes fontes de nitrogênio aplicadas na mesma dose (420 kg N/ha).

	Fontes				P =	
	<i>Mineral</i>	<i>Organomineral</i>	<i>Orgânico</i>	<i>CV</i>	<i>trat</i>	<i>Bloco</i>
INN c4	1,08 a	0,96 b	0,99 b	3,465	0,0343	0,0039
INN c3	0,78 a	0,69 b	0,72 b	3,463	0,0387	0,0211
PB	13,49 a	12,27 a	12,94 a	6,924	0,4715	0,6083

INN c4: Índice de nutrição nitrogenada com teor de Nitrogênio Crítico estimado pela equação para plantas C4

INN c3: Índice de nutrição nitrogenada com teor de Nitrogênio Crítico estimado pela equação para plantas C3

PB: Proteína Bruta (%)

CV: Coeficiente de variação;

Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste t a 5% de significância.

Como discutido anteriormente valores de INN próximos a 1,0 indicam que o teor de N crítico é próximo ao teor de N atual das plantas e que, portanto, a concentração mínima de N nas plantas necessárias para a taxa máxima de crescimento das mesmas foi atingida (ULRICH, 1952). Nesse contexto, apesar do valor de INN dos pastos adubados com a forma mineral ser superior aos valores de INN para os adubos orgânico e organomineral não existiu incremento em biomassa. Isso, pode ter sido resultado da eficiência agrônômica de uso dos fertilizantes orgânicos que é dependente da taxa de mineralização do composto, para que, este se torne disponíveis às plantas. Esse processo é realizado pelos microrganismos heterotróficos do solo, que utilizam os compostos orgânicos como fonte de energia liberando N inorgânico, o qual constitui, a principal fonte de N utilizado pelas plantas em muitos sistemas agrícolas (BIASSANI et al., 2008). Ademais, no presente trabalho, vale ressaltar que, a constante adubação das pastagens ao longo dos quase 3 anos de experimento muito provavelmente já construiu uma fertilidade mínima destes solos, de maneira que, mesmo para fontes orgânicas não existe “falta” de N para seu crescimento.

Nesse aspecto, quando se considera as diferentes fontes de N para uso nas pastagens é importante destacar que fontes orgânicas podem suprir adequadamente as pastagens para um adequado acúmulo de biomassa, assim como as fontes minerais, entretanto, é provável que, para que isto ocorra a fertilidade tenha sido construída na área ao longo dos anos.

7. CONCLUSÃO

Considerando os valores de produção de biomassa e INN estimados pela equação para plantas do grupo fisiológico C4, na qual o Tifton 85 se enquadra, sugere-se que, possa existir influência do tipo morfológico da planta sobre a estimativa dos coeficientes a serem utilizados nas equações para estimativas no N crítico. Assim, no presente trabalho, ficou evidente a necessidade de determinação de curvas de diluição para estimativas mais precisas no N crítico e conseqüentemente do INN dos pastos para o capim Tifton 85 que, apesar de ser uma planta do grupo fisiológico C4 possui uma morfologia mais semelhante as plantas C3.

Além disso, pelo fato de experimento estar sendo conduzido há quase 3 anos, a disponibilização dos nutrientes já se encontra em estabilidade no solo, fator que fez com que as diferentes fontes de nitrogênio não diferissem na produção de biomassa.

Por fim, como citado acima, constata-se que as equações pré-estabelecidas não se adequam com eficiência para estimativas do N crítico e, portanto, a construção de curvas de diluições para o capim Tifton 85 podem ajudar na construção do conhecimento em relação a capacidade de nutrição nitrogenada para estes tipos de pasto, e com base no seu teor de N atual tomar decisões mais assertivas sobre a necessidade de aplicar, ou não, adubos nitrogenados.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalta-se que a construção das curvas de diluição era objetivo inicial do trabalho, porém, devido a pandemia de COVID-19 não foi possível realizá-las.

Sugerimos a construção das curvas de diluição, para assim se ter uma formula que consiga obter dados mais precisos sobre o índice de nutrição nitrogenada do capim Tifton 85.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, M.; LEA, P.J. Our nitrogen ‘footprint’: the need for increased crop nitrogen use efficiency.: the need for increased crop nitrogen use efficiency. **Annals Of Applied Biology**, [s.l.], v. 163, n. 2, p. 165-169, 16 ago. 2013.

AGNUSDEI, M. G. et al. Critical N concentration can vary with growth conditions in forage grasses: Implications for plant N status assessment and N deficiency diagnosis. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, n. 2, p. 215–230, 2010.

BRASIL. **Instrução Normativa N 25, de 23 de julho de 2009**. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem, e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes a agricultura. D.O.U., 28/07/2009 - Seção 1. 2009.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre. rev. e ampl, 2008. 344 p.

CALOIN, M.; YU, O. Analysis of the Time Course of Change in Nitrogen Content in *Dactylis glomerata* L. Using a Model of Plant Growth. **Annals Of Botany**, [s.l.], v. 54, n. 1, p. 69-76, jul. 1984.

CARVALHO, M.S.S. **Desempenho agrônômico e análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* em resposta à frequência de corte**. 2011. 95 p. Dissertação (mestrado). Universidade do Estado de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2011.

CASTAGNARA, D. D. et al. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1637–1648, 2011.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO- RS/SC - CQFS-RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Santa Maria, SBCS - **Núcleo Regional Sul**, 2016. 376 p.

CREGAN, P.B., BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v.67, p.97-111, 1984.

FAGUNDES, Jailson Lara et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 40, n. 4, p. 397-403, abr. 2005.

FOLLMANN, Diogo Davi et al. **Dinâmica do nitrogênio mineral no solo e produção vegetal em função da adubação nitrogenada da pastagem e do milho em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2015. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Concentração em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava-Pr, 2015.

- HERINGER, I.; MOOJEN, E. L. Potencial Produtivo, Alterações da Estrutura e Qualidade da Pastagem de Milheto Submetida a Diferentes Níveis de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 875–882, 2002.
- JÔNCK, F. et al. Intoxicação espontânea e experimental por nitrato / nitrito em bovinos alimentados com *Avena sativa* (aveia) e / ou *Lolium* spp. (azevém). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 9, p. 1062–1070, 2013.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Editora Agronômica "Ceres", 1985. 492 p.
- LANA, R. P. **Nutrição e Alimentação Animal: mitos e realidades**. Viçosa: UFV, 2005. 344p.
- LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N Uptake and Distribution in Plant Canopies. **Diagnosis Of The Nitrogen Status In Crops**, [s.l.], p. 3-43, 1997.
- LEMAIRE, G., JEUFFROY, M. H., GASTAL, F. 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. **European Journal of Agronomy**, 28, 614-624.
- LOPES, M. N. et al. Biomass flow in massai grass fertilized with nitrogen under intermittent stocking grazing with sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, p. 13–21, 2013.
- MARTINS, J.D.; RESTLE, J.; BARRETO, I.L. Produção animal em capim papua (*Brachiaria plantaginea* Hitchc) submetido a níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.30, n.5, p.887-892, 2000.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006, 729p.
- MOREIRA, A. L. et al. Production of sheep grazing on nitrogen-fertilized tifton 85 grass in continuous stocking. **Acta Scientiarum**, v. 36, p. 63–69, 2014.
- NUNES, J. **Fertilizantes aplicados via solo**. Agrolink, set. 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/fertilizantes---conceitos-aplicados-via-solo_361462.html. Acesso em: 04 mai 2020.
- PRATHER, M.; et al. Atmospheric chemistry and greenhouse gases. In: HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; van der LINDEN, P.J. & XIAOSU, D., eds. Climate change 2001: **The Scientific Basis**. New York, Cambridge University Press, 2001. p. 239-287.
- PELLEGRINI, L. G. DE et al. Produção de cordeiros em pastejo contínuo de azevém anual submetido à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1399–1404, 2010.
- ROGERI, D. A. **Suprimento e perdas de nitrogênio no solo decorrentes da adição de cama de aves**. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina – Udesc, Lages-sc, 2010. Disponível em: <http://www.tede.udesc.br/bitstream/tede/2227/1/PGCS10MA039.pdf>. Acesso em: 13 maio 2020.

SARTOR, L. R. et al. Assessment of the nutritional status of grassland: nitrogen nutrition index. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 35, n. 1, p. 449-456, jan. 2014. Universidade Estadual de Londrina.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley, University of California Press, 1979. p. 372.

TANGRIANI, Simioni Assman et al. Effect of splitting nitrogen fertilization on Tifton 85: yield, nitrogen use efficiency, and nitrogen nutritional status of plants and soil. : Yield, nitrogen use efficiency, and nitrogen nutritional status of plants and soil. **African Journal Of Agricultural Research**, [s.l.], v. 13, n. 22, p. 1154-1162, 31 maio 2018.

ULRICH A. **Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants**. 1952. Annu Rev Plant Physiol. p. 207-228.