

LUANA FIDELIS AMÉRICO

Índice de nutrição nitrogenada em pastos perenes de inverno cultivados puros ou em consórcio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: André Fischer Sbrissia

LAGES

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a),
com auxílio do programa de geração automática
da Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Fidelis Américo, Luana
índice de nutrição nitrogenada em pastos perenes
de inverno cultivados puros ou em consórcio / Luana
Fidelis Américo. - Lages , 2017.
70 p.

Orientador: André Fischer Sbrissia
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal, Lages, 2017.

1. mistura de espécie. 2. teor de nitrogênio. 3.
status de N. 4. curva de diluição de N. I. Fischer
Sbrissia, André. II. Universidade do Estado de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação. III.
Título.

LUANA FIDELIS AMÉRICO

Índice de nutrição nitrogenada em pastos perenes de inverno cultivados puros ou em consórcio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

Banca examinadora:

Orientador:


Professor Dr. André Fischer Sbrissia
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro:


Professora Dra. Tangriani Simoni Assmann
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Membro:



Dr. Tiago Celso Baldissera
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI – Lages)

Lages, 22 de junho de 2017

Dedico aos meus pais Luiz e Teca e ao
meu noivo Leandro Mazuco!
Ofereço a minha vó Maria (*in memoria*)

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.”
— Robert Collie

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar força, saúde, foco, fé e perseverança para realização dos meus projetos, e por renová-los diariamente!

A toda minha família, em especial aos meus pais Luiz e Teca pelo amor, carinho, ajuda e confiança depositada. Ao Leandro, meu noivo, amigo e companheiro!

Ao professor Dr. André F. Sbrissia pela orientação, amizade e exemplo, seus ensinamentos e colaboração serão para a vida! E todos os amigos e colegas do grupo NUPEP, doutorandos, mestrandos e estagiários, sem vocês não seria possível à realização deste experimento e todos foram especiais! Agradeço em especial, aos meus colegas de projeto, Paulo, Joílson e Gabi, foi muito bom trabalhar com vocês, aprendi muito. As conversas e ajudas dos colegas, Daniel, Clovis, Tiago, Cauby Pablo, Ângela, Luís, Fábio e aos novos integrantes.

Ao professor Dr. Henrique M.N.R. Filho e todo o seu grupo de pesquisa foram essências, e me senti acolhida, em especial, a Aline, Márcia e a Carol, vocês são muito especiais, e, ao laboratorista Maurílio, obrigada a toda ajuda com os equipamentos foram essenciais para que todas as análises fossem realizadas.

A Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade e estrutura disponível para realização deste Mestrado e a todos os professores e colaboradores, em especial ao professor Dr. André Thaler, pela ajuda e contribuição.

A CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao Coaching, a Lídia e todos os integrantes, foram muito importantes nesta fase!

A todos os colegas e amigos pelos momentos de descontração. Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos que de um modo ou outro sempre estiveram comigo!

Minha ETERNA gratidão a estes dois anos de intenso aprendizado, páginas e páginas não seria o suficiente para descrever o tamanho da minha GRATIDÃO!!

RESUMO

AMÉRICO, Luana Fidelis. **Índice de nutrição nitrogenada em pastos perenes de inverno cultivados puros ou em consórcio.** 2017. 69p. Dissertação (Mestre em Ciência Animal – Área: Produção Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Lages, 2017.

O nitrogênio (N) participa de diversos processos metabólicos na planta e está diretamente relacionado com o acúmulo de matéria seca do pasto, refletindo, assim, em aumentos em produtividade global do sistema. Neste sentido, o $N_{crítico}$ (menor concentração de N para que uma determinada espécie desempenhe seu máximo potencial de crescimento) em pastagens multiespecíficas pode mudar em função das espécies que o compõem. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o INN (índice de nutrição nitrogenada) em três espécies perenes de inverno (Aveia perene - *Arrhenatherum elatius*-, Dáctilis - *Dactylis glomerata*- e Festuca - *Festuca arundinacea*) cultivadas puras e em consórcio ao longo das quatro estações do ano. A área experimental foi implantada em Lages, SC, contendo 12 piquetes de 45 m² cada onde foram distribuídos os quatro tratamentos (as três espécies cultivadas puras e o consórcio entre elas) por meio de um delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A altura de corte em cada tratamento foi determinada pelo momento em que os mesmos interceptarem 95% da luz incidente durante o estádio de desenvolvimento vegetativo dos pastos, sendo rebaixados em 50% desta altura. As adubações foram realizadas com o equivalente a 50 kg/N/ha a cada 40 dias, totalizando 450 kg de N/ha/ano. Foi determinada a massa de forragem em pré-corte, e, assim avaliados os teores de N na massa de forragem e os teores de N nos 10 cm da parte superior do dossel para as espécies puras e individualmente para cada espécie no consórcio. O $N_{crítico}$ foi estimado pela equação: $N_{crítico} = 4,8 \times W^{-0,32}$, onde W é a massa de forragem acima do nível do solo. Foi realizado um segundo experimento, com o objetivo de avaliar o efeito do manejo adotado na curva de diluição do N, no qual foram executados dois métodos para determinar a de curva de diluição do N, uma realizada com o manejo adotado no experimento (partindo de uma altura residual de 10 cm) e outra com o manejo proposto pela literatura partindo do nível do solo. As análises estatísticas foram realizadas por meio do procedimento MIXED do programa estatístico SAS (versão 9.02) com 5% de significância. As análises de regressão foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SigmaPlot^(R). De modo geral, os INN efetivamente observados não alcançaram os valores críticos (Experimento I), no entanto, quando corrigidos (desconsiderados os porcentuais de material morto da amostra) os INN foram satisfatórios para todas as espécies em todas as épocas. Ao longo do manuscrito inferências são discutidas sobre as formas de se avaliar o INN em pastos perenes sob pastejo leniente, devido às alterações na diluição do nitrogênio, consequência da alta porcentagem de material morto no início do crescimento dos pastos. O controle de altura foi importante na coexistência das espécies no consórcio, pois permitiu a entrada de luminosidade, fator decisivo na absorção de N.

Palavras chave: Mistura de espécie, teor de nitrogênio, *status* de N, curva de diluição de N.

ABSTRACT

AMÉRICO, Luana Fidelis. **Nitrogen Nutrition Index in perennial winter pastures grown as monocultures or intercropped.** 2017. 69p. Dissertation (Master in Animal Science – Area: Animal Production). Santa Catarina State University. Post Graduate Program in Animal Science. Lages, 2017.

Nitrogen (N) participates in several metabolic processes in the plant and is directly related to the accumulation of dry matter of the pasture, thus reflecting increases in the overall productivity of the system. In this sense, the $N_{critical}$ (lower concentration of N for a given species to perform its maximum growth potential) in multispecies pastures may change depending on the species that compose it. The objective of this work was to evaluate the NNI (Nitrogen Nutrition Index) in three perennial winter grasses (oatgrass - *Arrhenatherum elatius*, cocksfoot - *Dactylis glomerata* - and tall fescue - *Festuca arundinacea*) cultivated as monocultures or intercropped throughout the four seasons of the year. The experimental area was located in Lages, SC, containing 12 paddocks of 45 m² each where the four treatments (the three pure cultivated species and the mixture) were distributed through a completely randomized design with three replicates. The cut height at each treatment was determined by the time the swards intercept 95% of the incident light during the vegetative stage of the pastures, being lowered by 50% of this height. Fertilization was carried out with the equivalent of 50 kg / N / ha every 40 days, totaling 450 kg of N / ha / year. The forage mass was determined in pre-cut, and thus evaluated the N contents in the forage mass and the N contents in the 10 cm of the upper part of the canopy for the species pure and individually for each species in the consortium. The $N_{critical}$ was estimated by the equation: $N_{critical} = 4,8 \times W^{0,32}$, where W is the mass of forage above the level of the soil. A second experiment was carried out with the objective of evaluating the effect of the management adopted on the N dilution curve, in which two methods were performed to determine the N dilution curve, one performed with the management adopted in the experiment (starting from a residual height of 10 cm) and another with the management proposed by the literature starting from the ground level. Statistical analyzes were performed using the MIXED procedure of the SAS statistical program (version 9.02) with 5% significance. Regression analyzes were performed using the SigmaPlot^(R) statistical package. In general, the NNI actually observed did not reach the critical values (Experiment I), however, when corrected (disregarded the percentage of dead material in the sample) NNIs were satisfactory for all species at all times. Throughout the manuscript inferences are discussed on the ways to evaluate the INN in perennial pastures under lenient grazing, due to the changes in the dilution of nitrogen, due to the high percentage of dead material at the beginning of pasture growth. The height control was important in the coexistence of the species in the consortium, since it allowed the entrance of luminosity, decisive factor in the absorption of N.

Key words: Species mixture, nitrogen content, nutrition status, dilution curve.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1– Relação entre os teores de nitrogênio (%) e a massa de forragem (t/ha) em pastos de festuca, aveia e dáctilis cultivados puros ou em consórcio utilizando-se a curva de Lemaire e Gastal (1997; linhas tracejadas) em todos os gráficos e a curva gerada no próprio experimento a partir nível do solo (linhas sólidas) somente para as espécies puras. Os quadrados sólidos em todos os gráficos se referem aos teores de N (%) presente na massa de forragem (Na- N atual) em cada pasto em diferentes épocas do ano..... 56
- Figura 2- Relação entre os teores de nitrogênio (%) e a massa de forragem (t/ha) em pastos de festuca, dáctilis e aveia cultivados puros com alturas iniciais a partir de resíduo de 10 cm de altura, método de manejo adotado durante o Experimento I..... 57
- Figura 3 – Relação entre o teor de N na parte superior (10 cm) entre as espécies dáctilis e festuca, aveia perene e festuca, aveia perene e dáctilis cultivadas puras (círculos sólidos) ou em associação (círculos)..... 62
- Figura 4 - Relação entre INN corrigidos e concentração de N na camada superior dos 10 cm topo do dossel dos pastos de dáctilis, festuca e aveia perene dos pastos em cultivo puro nas diferentes épocas do ano..... 66
- Figura 5 - Comparação entre o INN (com base nos cálculos da parte superior) das espécies puras com elas em consórcio nas diferentes estações do ano. 67

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Condições climáticas do ano experimental: precipitação mensal (mm), Insolação (hs), temperatura máxima média ($^{\circ}$ C), temperatura mínima média ($^{\circ}$ C) e temperatura compensada média ($^{\circ}$ C) durante o período de Outubro 2015 à Outubro de 2016 em Lages- SC.....	49
Tabela 2- Porcentagem de material verde (MV), material morto (MM) e inflorescência dos pastos de festuca, dáctilis e aveia no último corte realizado para obtenção das curvas obtida no experimento II, a curva a partir do resíduo empregado durante todo experimento (50% da altura inicial) e a curva a partir nível do solo.....	58
Tabela 3 - Condição em pré corte: massa de forragem, composição morfológica e IAF em pastos de festuca, dáctilis, aveia cultivados puros e o consórcio entre eles em diferentes épocas do ano cortados em torno de 20 cm de altura.	59
Tabela 4 - Teor de N na matéria verde (MV) e na matéria morta (MM) em perfis de festuca, dáctilis, aveia em pastos com alturas em torno de 20cm.....	60
Tabela 5 - Índice de nutrição nitrogenada efetivamente observado (INN) e Índice de nutrição nitrogenada corrigido (INNc) em pastos de festuca, dáctilis, aveia e o consórcio entre elas em diferentes épocas do ano.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

C₃ : Gramíneas de clima temperado

C₄ : Gramíneas de clima tropical

DIC: Delineamento inteiramente casualizado

INN : Índice de nutrição nitrogenada

INNc : Índice de nutrição nitrogenada corrigido

IAF : Índice de área foliar

MM : Matéria morta

MS : Matéria seca

MV: Matéria verde

N : Nitrogênio

Na : Teor de nitrogênio atual da cultura

Nc : Teor de nitrogênio crítico da cultura

Nsup : Nitrogênio na camada superior

t: tonelada

LISTA DE SÍMBOLOS

a : Concentração de nitrogênio quando $W = 1 \text{ t ha}^{-1}$

ac : Concentração de nitrogênio crítico quando $W = 1 \text{ t ha}^{-1}$

-b : Coeficiente

W : Biomassa acumulada em tonelada MS ha^{-1} em um determinado tempo

Cfb : Subtropical úmido com verões amenos

% : Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1 NITROGÊNIO E A SUA IMPORTÂNCIA	27
2.2 EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DO N	27
2.3 MODELO DE DILUIÇÃO DO N	28
2.4 ÍNDICE DE NUTRIÇÃO NITROGENADA (INN).....	30
2.5 CONSÓRCIO DE ESPÉCIES	31
2.6 INN EM PASTAGEM CONSORCIADA.....	32
2.7 FATORES INFLUENCIAM NO TEOR DE N	33
3 HIPÓTESES	35
4 OBJETIVO	37
REFERÊNCIAS	39
5 ÍNDICE DE NUTRIÇÃO NITROGENADA EM PASTOS PERENES DE INVERNO CULTIVADOS PUROS OU EM CONSÓRCIO	44
5.1 RESUMO.....	44
ABSTRACT	45
5.2 INTRODUÇÃO.....	46
5.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
5.3.1 Experimento I	48
5.3.1.1 <i>Espécies, local do experimento e período experimental</i>	48
5.3.1.2 <i>Clima</i>	48
5.3.1.3 <i>Implantação da área experimental e adubação</i>	49
5.3.1.4 <i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	50
5.3.1.5 <i>Manejo da pastagem</i>	50
5.3.1.6 <i>Medidas na pastagem</i>	51
5.3.1.7.1 Massa de forragem e composição morfológica	51
5.3.1.7.2 Índice de área foliar	51
5.3.1.7.3 Determinação do N atual (%Na) e N Crítico (% Nc)	52
5.3.1.7.4 Determinação Índice de nutrição nitrogenada (INN)	52
5.3.1.7.5 Determinação da concentração de N na camada superior do dossel	52
5.3.2 Experimento II.....	53
5.3.3 Avaliações adicionais.....	54
5.3.4 Análise estatística dos dados.....	55
5.4 RESULTADOS	55
5.4.1 Teores de N em relação às espécies e as estações	55
5.4.2 Curva de diluição do nitrogênio a partir do manejo empregado no experimento ..	57
5.4.3 Massa de forragem, composição morfológica e Índice de Área Foliar (IAF) dos pastos ao longo das épocas do ano.....	58
5.4.4 Teores de N na matéria verde e na matéria morta e simulação do INN considerando as proporções dos componentes.....	59
5.4.5 Concentração de N na camada superior do dossel das espécies puras e em consórcio.....	61
5.7 DISCUSSÃO	62
5.7.1 Aspectos metodológicos associados à curva de diluição do N.....	64
5.7.2 Avaliação do INN de gramíneas perenes de inverno cultivadas puras e em consórcio	65
5.8 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES AGRONÔMICAS	68

5.10 REFERÊNCIAS	68
------------------------	----

1 INTRODUÇÃO

O uso adequado da adubação nitrogenada em pastagens, aliada a outras práticas de manejo do ambiente pastoril, é considerada uma importante ferramenta para aumentar ambos, tanto à produção de forragem por unidade de área (FAGUNDES et al., 2005; CASTAGNARA et al., 2011; LOPES et al., 2013; MARTUSCELLO et al., 2009; MOREIRA et al., 2014; PELLEGRINI et al., 2010) com efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade animal (LUPATINI et al., 2013; MARTINS; RESTLE; BARRETO, 2000).

De maneira geral, gramíneas apresentam resultados positivos à adição crescente de N aplicados ao solo (HERINGER; MOOJEN, 2002). No entanto, doses excessivas de N podem causar prejuízos econômicos, como o aumento dos custos e também problemas toxicológicos aos animais por excesso de acúmulo de nitrato nos tecidos vegetais (JÖNCK et al., 2013). Diante deste cenário, é necessário que aplicações de N sejam realizadas de maneira racional possibilitando a máxima eficiência da adubação das plantas sem acúmulo excessivo de nitrato em seus tecidos.

Em consórcios de espécies de forrageiras há complexidades adicionais para o seu adequado manejo, uma vez que a coexistência de diferentes espécies, com exigências, hábitos de crescimento e estratégias de perenização distintas trazem dificuldades na compreensão dos fatores condicionantes/predisponentes para um equilíbrio harmônico entre as espécies que compõem a mistura. O uso adequado da adubação nitrogenada é um destes complicadores, uma vez que o N é um nutriente de intensa competição pelas plantas (CRUZ; SOUSSANA, 1997) e as mesmas podem aproveitá-lo de diferentes formas dependendo de suas exigências (MCKANE et al., 2002) e do modo de utilização deste recurso, que está associado, por exemplo, com o arranjo espacial e suas respectivas habilidades em interceptar a radiação incidente (ANTEN; HIROSE, 1999).

Dessa forma, em qualquer momento e para qualquer espécie, um diagnóstico da situação atual da nutrição de uma cultura faz-se necessário para garantir bons índices produtivos e permitir também a coexistência de espécies em um mesmo *habitat*. Para a tomada de decisão sobre a utilização de adubos nitrogenados, uma importante ferramenta disponível é o índice de nutrição nitrogenada (INN), apontado como um bom diagnóstico do *status* de nutrição nitrogenada das plantas (LEMAIRE; GASTAL, 1997; COLNENNE, et al. 2002; AGNUSDEI, et al. 2010), o qual foi inicialmente proposto por Salette e Lemaire (1981) e confirmado em trabalhos que estudaram a curva de diluição do N (Lemaire e Salette 1984a, b) e amplamente validado para um grande número de culturas, forrageiras ou não

(COLNENNE et al., 1998; DURU et al., 1997; LEMAIRE; GASTAL, 1997; NEY et al., 1997; PLÉNET; LEMAIRE, 2000; PLÉNET; CRUZ, 1997; SHEEHY et al., 1998; TEI et al., 2002).

Brevemente, o INN relaciona o teor de N atual na massa seca da cultura em um dado momento pelo teor de N crítico o qual considera a teoria de diluição do N de acordo com a cultura e em função da matéria seca. Em gramíneas de clima temperado a curva de diluição, normalmente segue uma função potência negativa aonde $\% N_c = 4,8 \cdot W^{-0,32}$ (LEMAIRE; GASTAL, 1997) em que W é o valor da massa seca em toneladas (t) por hectare.

Desta forma, o objetivo desta dissertação foi avaliar o INN de três espécies perenes de inverno Aveia perene (*Arrhenatherum elatius*), Dáctilis (*Dactylis glomerata*) e Festuca (*Festuca arundinacea*) cultivadas puras e em consórcio ao longo das quatro estações do ano. E verificar se há diferenças nas curvas de diluição do N quando os corte são realizados a partir do crescimento inicial dos pastos ou a partir de um resíduo pré-existente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 NITROGÊNIO E A SUA IMPORTÂNCIA

O nitrogênio (N) tem capacidade de melhorar a produção, a qualidade e a produtividade dos sistemas agrícolas (LAWLOR; LEMAIRE; GASTAL, 2001) sendo que o seu uso tem, geralmente, resultado em aumentos diretos e indiretos na produtividade como aumentos em taxa de lotação e ganho de peso vivo por hectare de bezerros de corte em pastagens de aveia preta e azevém, adubados com 150 e 300 kg de N ha⁻¹ comparados com pastos que não receberam N (LUPATINI et al., 2013).

Apesar de diversos trabalhos relatarem aumentos na produtividade animal, Lawlor, Lemaire e Gastal (2001) diagnosticaram que, em nível mundial, grande parte das pastagens não recebem fertilizantes nitrogenados. A deficiência de N considerada como um fator isolado é a mais limitante ao crescimento das pastagens, depois da deficiência hídrica, reduzindo a produção de biomassa nos ecossistemas naturais e cultivados (LEMAIRE; GASTAL, 1997; LEMAIRE; JEUFFROY; GASTAL, 2008), sendo que a aplicação de fertilizantes nitrogenados tornou-se uma estratégia econômica importante para aumentar o rendimento das culturas em sistemas agrícolas intensivos em todo o mundo (ANDREWS; RAVEN; LEA, 2013).

Segundo Lawlor, Lemaire e Gastal (2001) o N é necessário para a síntese de proteínas, tanto estrutural como enzimática e as plantas diferem no conteúdo de N em seus tecidos e na exigência de N conforme a espécie, de maneira geral, folhas apresentam maior conteúdo de N comparado a órgãos estruturais como colmos e aos grãos de cereais e raízes. Também há uma diferença substancial na porcentagem de N entre plantas de ciclo fotossintético C₃ e C₄, explicadas pela maior eficiência das espécies C₄ na utilização do N para seu crescimento. Dessa forma, as espécies C₃ apresentam uma absorção de N superior por unidade de biomassa quando comparadas às espécies C₄ (LEMAIRE et al., 2007) e de acordo com Gastal e Lemaire (2002) os efeitos aparentes do N nas plantas expressam-se na expansão, no aparecimento e na duração da expansão das folhas.

2.2 EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DO N

O N é indispensável para a produção de gramíneas forrageiras e há inúmeros trabalhos na literatura relatando seus efeitos sobre aumentos na produção das plantas à adubação com

N, a saber: *Brachiaria decumbens* cv. Decumbens (FAGUNDES et al., 2005), em *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e híbrido natural *Panicum maximum* × *Panicum infestum* cv. Massai, (MARTUSCELLO et al., 2009), *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), bem como na produção animal; *Brachiaria plantaginea* cv. Papuã (MARTINS; RESTLE; BARRETO, 2000), *Avena strigosa* cv. Aveia preta e *Lolium multiflorum* cv. Azevém (LUPATINI et al., 2013).

De acordo com Lawlor, Lemaire e Gastal (2001), se as concentrações externas de N são adequadas, o sistema radicular absorve de forma eficiente a quantidade necessária de N para a planta se desenvolver, e, já em casos onde as quantidades de N aplicadas ao solo é relativamente alta a absorção de N se torna menos eficiente, uma vez que a planta não consegue utilizar toda a quantidade disponível mesmo que ela possua sistemas de raízes bem desenvolvidos e mecanismos eficientes para a absorção. Além disso, Gastal e Lemaire (2002) demonstraram que o aumento na produção de matéria seca das plantas não está linearmente relacionada com a concentração de N no solo, de modo que a quantidade de N aplicada por unidade de biomassa diminui à medida que a planta cresce.

2.3 MODELO DE DILUIÇÃO DO N

Existe uma vasta literatura sobre o processo de diluição do N em plantas sendo que, para maiores detalhes, as seguintes literaturas podem ser consultadas: Agnusdei et al., (2010), Bélanger e Gastal (2000), Errecart et al. (2012), Gastal e Lemaire (2002), Greenwood et al. (1991), Greenwood, Stone e Draycott (1990), Justes (1994), Lemaire et al. (2005), Lemaire e Gastal (1997), Lemaire, Jeuffroy e Gastal (2008), Li, He e Jin (2012), Louarn et al. (2015), Mills, Moot e Jamieson (2009), Reyes et al. (2015).

A teoria de diluição do N ao longo do período de crescimento das culturas pode ser explicada considerando a divisão da massa de forragem (W) em duas partes: tecidos metabólicos e tecidos estruturais (GREENWOOD; STONE; DRAYCOTT, 1990). Os tecidos metabólicos estão envolvidos diretamente com os processos de crescimento como a fotossíntese e apresentam alta concentração de N, enquanto os tecidos estruturais são responsáveis pela sustentação das plantas e apresentam, normalmente, baixa concentração de N. Em trabalho com alfafa, Lemaire et al. (1992) mostraram que com o crescimento da planta

há um aumento na proporção de tecidos estruturais, como colmo, e que a quantidade de N por kg de MS diminui.

O modelo da diluição do N durante o crescimento de uma cultura foi inicialmente descrita no trabalho de Salette e Lemaire (1981) e posteriormente confirmado por Lemaire e Salette (1984a, b):

$$N = a \cdot W^{-b}, \text{ aonde:}$$

N é o teor de nitrogênio expresso em porcentagem, W é a biomassa acumulada da parte aérea expressa em t MS ha^{-1} , *a* representa a concentração de N em 1 t MS ha^{-1} e o parâmetro “*b*” representa o coeficiente de diluição que descreve o padrão de diminuição da concentração de N com o aumento da biomassa da parte aérea (BELANGER e GASTAL, 2000). De acordo com Greenwood, Draycott e Neeteson (1986) os coeficientes *a* e *b* assumem valores semelhantes para diferentes espécies de plantas C₃.

A partir da relação descrita acima é possível admitir que existam níveis ou concentrações críticas de determinados nutrientes para uma dada espécie de planta para cada incremento em biomassa aérea em um determinado tempo *t*. A concentração crítica de nutrientes para uma planta pode ser definida como a concentração mínima ou adequada desse nutriente para que uma determinada espécie desempenhe seu máximo crescimento ou ainda como a concentração que separa a zona de deficiência da zona de adequação de tal nutriente (ULRICH, 1952). Neste sentido, o N crítico (ou o teor crítico de qualquer nutriente) pode ser definido como a concentração mínima de N na massa de forragem que permite a taxa máxima de crescimento para uma determinada espécie (AGNUSDEI et al., 2010; DURU, 2002; FARRUGGIA; GASTAL; SCHOLEFIELD, 2004; GREENWOOD; DRAYCOTT; NEETESON, 1986; LEMAIRE; JEUFFROY; GASTAL, 2008).

Assim, Lemaire e Salette (1984a, b) determinaram a curva de diluição do N crítico como sendo:

$$\% N_c = ac \cdot W^{-b}, \text{ aonde:}$$

% N_c é teor de N crítico; *ac* é a concentração de N crítico quando W = 1 t ha^{-1} ; W é biomassa acumulada em t MS ha^{-1} em um determinado tempo *t*, e *b* é um coeficiente adimensional que representa a relação entre a diminuição relativa de % N na planta em relação a sua a taxa de crescimento. Segundo Lemaire, Jeuffroy e Gastal (2008) o coeficiente *ac* é diferente entre plantas C₃ e C₄, refletindo as diferenças nas vias metabólicas, mas é relativamente constante dentro do mesmo grupo metabólico. Estes autores afirmam que o coeficiente *b* é um pouco menos variável entre espécie, assumindo valores entre 0,3 e 0,4, porém sem qualquer diferença de diluição entre grupos. Sendo assim, de acordo com Lemaire

e Gastal (1997) para espécies de gramíneas de clima temperado (C_3) o Nc pode ser calculado por meio da seguinte equação:

$$\% \text{ Nc} = 4,8 \cdot W^{-0,32}.$$

Em plantas C_3 há uma grande similaridade entre o conteúdo de N e a taxa de crescimento da massa vegetal, uma vez que o teor de N nos componentes fotossintéticos da massa vegetal e a bioquímica da fotossíntese são muito semelhantes para as plantas C_3 (GREENWOOD, et al. 1991). Além disso, de acordo com Greenwood, Stone e Draycott (1990) de maneira geral a concentração de N crítico nas plantas diminui à medida que a planta cresce devido a uma diminuição progressiva na proporção de citoplasma, o qual contém muita proteína, e um aumento de tecidos e materiais de armazenamento e parede celular (contém quantidades menores de proteína).

A aplicação do modelo de diluição do N de forma universal, desde que quando o fornecimento de N não seja limitante, é baseada no princípio de um aumento na proporção de componentes estruturais durante o acúmulo de biomassa, os quais possuem baixos teores de N quando comparados ao componente metabólico (BÉLANGER; GASTAL, 2000). Estes autores afirmam que através deste modelo de diluição é possível calcular a concentração crítica de N, permitindo assim estimar o INN.

2.4 ÍNDICE DE NUTRIÇÃO NITROGENADA (INN)

Um diagnóstico do estado de nutrição nitrogenada de qualquer cultura durante seu desenvolvimento, por meio do INN, se torna uma ferramenta que possibilita a tomada de decisões sobre a necessidade de aplicar, ou não, adubos nitrogenados (AGNUSDEI et al., 2010; COLNENNE et al., 2002; LEMAIRE; GASTAL, 1997), no qual o INN é a relação entre o teor de N atual da cultura (Na) pelo teor de N crítico (Nc) (LEMAIRE; JEUFFROY; GASTAL, 2008). Uma vez determinada à equação de diluição do Nc para uma dada cultura, o INN pode ser usado em qualquer situação e período de crescimento desta cultura.

Neste sentido, o diagnóstico precoce da deficiência de N por meio da utilização do INN nas fases iniciais de rebrota pode prever a capacidade produtiva da pastagem como também estimar as taxas de adubações nitrogenadas (AGNUSDEI et al., 2010), e assim, ser utilizado para quantificar as condições de deficiência e de consumo de luxo do N (LEMAIRE; GASTAL, 1997). Desta forma, situações em que o INN for maior ou igual a 1,0 poderiam retardar ou diminuir a quantidade de N aplicado e, momentos em que o INN for menor que 1,0 indicariam necessidade de antecipar uma aplicação ou aumentar as doses de N

dependendo da intensidade dessa deficiência (LEMAIRE; GASTAL, 1997; LEMAIRE; JEUFFROY; GASTAL, 2008).

2.5 CONSÓRCIO DE ESPÉCIES

Inúmeros benefícios tem sido relatados sobre a utilização de diversas espécies de forma consorciada, dentre os quais, destacam-se em sistemas pastoris, o aumento na produção de matéria seca (HECTOR et al., 1999) a estabilidade populacional ao longo do tempo (COTTINGHAM; BROWN; LENNON, 2001) e melhora na utilização de nutrientes, principalmente o N (TILMAN; WEDIN; KNOPS., 1996). Contudo, a adição ou não de N em cultivos multiespecíficos não são claros sobre seus efeitos no aumento ou diminuição de espécies, dado que o N está sujeito à competição intra e interespecífica (CRUZ; SOUSSANA, 1997).

Neste sentido, segundo Pontes et al. (2012), o efeito de dominância de uma espécie aumenta a medida em que ocorre maior oferta de N e em parcelas sem controle de altura, sendo que, espécies mais aptas tendem a excluir as outras. Para os mesmos autores isto acontece, provavelmente, pela maior competição por luz devido a um acréscimo de N e uma diminuição na frequência de cortes contribuindo para um aumento do efeito de dominância. Segundo Isbell et al. (2013), aumentos no fornecimento de nutrientes diminuem o número de espécies de plantas e, em seus estudos, esse efeito se tornou cada vez mais negativo ao longo do tempo em todas as taxas de adição de N utilizadas. Contudo, Borer et al. (2014) conduzindo um experimento aonde havia controle das alturas por meio de animais em pastejo, observaram aumentos na diversidade de espécies e atribuíram ao fato de ocorrer à penetração de luz no dossel, o que favoreceu as diversas espécies presentes na área.

Sob outro enfoque, os estudos de Reich et al. (2001) sugeriram que existe uma diferenciação no nicho das espécies, no qual, McKane et al., (2002) explica que pode estar relacionada com as formas disponíveis de N no solo, e as espécies mais produtivas utilizavam as formas mais abundantes de N, e espécies menos produtivas usaram formas menos abundantes. Contudo, os diferentes padrões de crescimento das espécies, podem permitir que elas absorvam a luz de diversas maneiras através das posições delas no espaço vertical, e assim contribuir para a coexistência das espécies (ANTEN; HIROSE, 1999).

O uso do N entre espécies em ambientes multiespecíficos deve ser proporcional à respectiva contribuição de cada espécie na interceptação da luz incidente, e, assim o N é partilhado dentro da população de plantas de um dossel (por meio das diferentes categorias de

plantas) nas quais captam a luz incidente de acordo com a forma como estão posicionadas dentro do dossel, sendo elas classificadas em plantas suprimidas (que compõem a parte inferior do dossel e plantas dominantes que compõem a parte superior do dossel (LEMAIRE et al., 2005).

Além disso, as plantas podem apresentar grupos funcionais diferentes, no qual estas características refletem em estratégias do uso do N distintas. Assim, uma espécie como *Arrhenatherum elatius* apresenta maior conteúdo de N nas folhas quando comparada as espécies *Dactylis glomerata* e *Festuca arundinacea* (PONTES et al., 2012). Esses mesmos autores demonstraram que o maior conteúdo de N nas folhas se relaciona com a maior área foliar específica, e, estão inversamente relacionados à duração de vida e comprimento de folha, características típicas de *Festuca arundinacea*. Logo, consorciar espécies pode permitir que o N seja absorvido de diferentes maneiras e, assim, permitir uma melhor eficiência na utilização do N (GASTAL et al., 2015).

2.6 INN EM PASTAGEM CONSORCIADA

Estudos com misturas de espécies são relatados por Cruz e Soussana, (1997); Soussana e Arregui (1995); Soussana, Vertes e Arregui (1995). No entanto, estes estudos estão relacionados com misturas de leguminosas e gramíneas, e, apresentaram os efeitos da aplicação ou não da adubação nitrogenada sobre as espécies. Os trabalhos de Cruz e Soussana (1997) em misturas de espécies demonstraram que o processo de diluição ocorre de forma semelhante aos monocultivos devido à competição por luz (LEMAIRE; GASTAL, 1997) e os trabalhos de Cruz e Soussana (1997) com espécies implantadas em linhas, sugeriram que esta estratégia de cultivo facilita o diagnóstico de cada espécie. Já em pastagens consorciadas com distribuição das sementes a lanço a utilização do INN é um pouco limitada, devido à dificuldade na forma como avaliar a biomassa por unidade de área para cada espécie, e, consequentemente, o INN individual de cada espécie.

Uma possibilidade para mensurar a participação das espécies individuais de pastagens consorciadas, pode ser por meio do método indireto, técnica descrita por Farruggia, Gastal e Scholefield (2004), os quais relacionaram o estado nutricional de N dos pastos predominantemente de capins perenes (*H. lanatus*, *Lolium perenne* e *Agrostis spp.*) através do INN e o N da camada dos 10 cm superior e sugeriram que o N da camada dos 10 cm superior pode superar algumas limitações de medição do INN. Colaborando com o método, Louarn et al. (2015), avaliaram a distribuição de N foliar por unidade de área dentro do dossel

relacionando com o INN. Estes autores afirmaram que o N da camada superior das folhas do dossel apresentou-se linearmente relacionado com o INN.

2.7 FATORES QUE INFLUENCIAM O TEOR DE N NA PLANTA

O N é um elemento químico no qual a sua velocidade/eficiência de absorção ao longo do tempo está diretamente associada a fatores ambientais como luminosidade, estresse hídrico, entre outros (AGREN, 1985), e, a sua utilização é dependente da quantidade e qualidade de luz interceptada pelas plantas (CRUZ; LEMAIRE, 1986).

Dessa forma, o uso eficiente da luz apresenta influência no teor de N na folha, o que impacta no dossel instantaneamente, principalmente na fotossíntese. Contudo, o teor de N na massa de forragem diminui conforme a massa de forragem aumenta, mesmo em condições não limitantes, e o teor de N nas folhas posicionadas na parte superior do dossel e, normalmente bem iluminadas, permanece relativamente constante devido à intensificação da fotossíntese do dossel (GASTAL; LEMAIRE, 2002).

De acordo com Lawlor, Lemaire e Gastal (2001), o suprimento de N deve ser adequado para alcançar um dado índice de área foliar (IAF). No entanto, se a quantidade for inadequada o IAF não se desenvolve em uma taxa potencial e a interceptação de luz se torna menor, retardando a taxa fotossintética potencial e diminuindo a produção de forragem.

Adicionalmente, Belanger, Gastal e Warembourg (1994), afirmaram que existe um efeito da estação de crescimento no qual integra o estado da vegetação (vegetativo ou reprodutivo) e a combinação de variáveis climáticas típicas de cada estação, quando o teor de N no dossel não é limitante, este efeito foi evidenciado nos valores de fotossíntese bruta do dossel e no crescimento da parte superior de acordo com as estações devido às mudanças na incidência de radiação e temperatura em pastos de *Festuca arundinacea*.

3 HIPÓTESES

Não há diferenças no índice de nutrição nitrogenada entre gramíneas perenes de inverno com diferentes estratégias de crescimento cultivadas puras ou em associação e frequentemente, porém lenientemente desfolhadas.

Há diferenças na curva de diluição do N quando os cortes são considerados a partir do nível do solo ou a partir de uma altura residual pré-existente.

4 OBJETIVOS

Avaliar o índice de nutrição nitrogenada (INN) em pastos de Aveia perene (*Arrhenatherum elatius*), Dáctilis (*Dactylis glomerata*) e Festuca (*Festuca arundinacea*) cultivadas puras e em consórcio ao longo das quatro estações do ano.

Avaliar o índice de nutrição nitrogenada das espécies puras e cada espécie individualmente no consórcio utilizando os 10 cm do topo do dossel ao longo das quatro estações do ano.

Verificar se há diferenças nas curvas de diluição do N quando os cortes são realizados a partir do crescimento inicial dos pastos ou em cortes realizados a partir de um resíduo de 10 cm.

REFERÊNCIAS

- 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.
- AGREN, G. I. Theory for growth of plants derived from the nitrogen productivity concept. **Physiologia Plantarum**, v. 64, n. 2, p. 17–28, 1985.
- ANDREWS, M.; RAVEN, J. A.; LEA, P. J. Do plants need nitrate? the mechanisms by which nitrogen form affects plants. **Annals of Applied Biology**, v. 163, n. 2, p. 174–199, 2013.
- ANTEN, N. P. R.; HIROSE, T. Interspecific differences in above-ground growth patterns result in spatial and temporal partitioning of light among species in a tall-grass meadow. **Journal of Ecology**, v. 87, p. 583–597, 1999.
- BÉLANGER, G.; GASTAL, F. Nitrogen utilization by forage grasses. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 80, n. 643, p. 11–20, 2000.
- BELANGER, G.; GASTAL, F.; WAREMBOURG, F. R. Carbon balance of tall fescue (*festuca arundinacea* Schreb.): Effects of nitrogen fertilization and the growing season. **Annals of Botany**, v. 74, p. 653–659, 1994.
- BORER, E. T. et al. Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation. **Nature**, v. 508, n. 7497, p. 517–20, 2014.
- 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.
- COLNENNE, C. et al. Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. **European Journal of Agronomy**, v. 17, n. 1, p. 11–28, 2002.
- COLNENNE, C., et al., Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. **Annals of Botany**. v.81, p. 311–317, 1998.
- COTTINGHAM, K. L.; BROWN, B. L.; LENNON, J. T. Biodiversity may regulate the variability of ecological systems. **Ecology Letters**, v. 4, p. 72–85, 2001.
- CRUZ, P.; LEMAIRE, G. Analyse des relations de compétition dans une association de luzerne (*Medicago sativa* L.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.). II. Effets sur la nutrition azotée des deux espèces. **Agronomie**, v. 6, n. 8, p. 735–742, 1986.
- CRUZ, P.; SOUSSANA, J. F. Mixed Crops. In: LEMAIRE, G. (Ed.). . **Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops**. Springer V ed. Heidelberg: 1997, 1997. p. 131–144.
- DURU, M. Evaluation of Chlorophyll Meter To Assess Nitrogen Status of Cocksfoot Sward. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 2, p. 275–286, 2002.
- DURU, M.; LEMAIRE, G.; CRUZ, P. Grasslands. In: LEMAIRE, G. (Ed.). . **Diagnosis of**

the Nitrogen Status in Crops. Springer- ed. Heidelberg: 1997, 1997. p. 59–72.

ERRECART, P. M. et al. Leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings as predictors of tall fescue nitrogen nutrition status. **Field Crops Research**, v. 129, p. 46–58, 2012.

FAGUNDES, J. L. et al. Acúmulo de forragem em pastos de Brachiaria decumbens adubados com nitrogênio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, p. 397–403, 2005.

FARRUGGIA, A.; GASTAL, F.; SCHOLEFIELD, D. Assessment of the nitrogen status of grassland. **Grass and Forage Science**, v. 59, n. 2, p. 113–120, 2004.

GASTAL, F. et al. Quantifying crop responses to nitrogen and avenues to improve nitrogen-use efficiency. In: SADRAS, V. O.; DANIEL, C. (Eds.). **Crop Physiology**. Elsevier ed. Lusignan, France: 2015, 2015. p. 161–206.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of experimental botany**, v. 53, n. 370, p. 789–799, 2002.

GREENWOOD, D.; DRAYCOTT, A.; NEETESON, J. J. Quantitative relationships for the dependence of growth rate of arable crops on their nitrogen content, dry weight and aerial environment. **Plant and Soil**, v. 91, p. 281–301, 1986.

GREENWOOD, D. J. et al. Growth rate and % N of field grown crops: Theory and experiments. **Annals of Botany**, v. 67, n. 2, p. 181–190, 1991.

GREENWOOD, D. J.; STONE, D. A.; DRAYCOTT, A. Weather, nitrogen-supply and growth rate of field vegetables. **Plant and Soil**, v. 124, n. 2, p. 297–301, 1990.

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.

HECTOR, A.; et al. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. **Science**, v. 286, n. 5442, p. 1123–1127, 1999.

ISBELL, F. et al. Nutrient enrichment, biodiversity loss, and consequent declines in ecosystem productivity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 29, p. 11911–6, 2013.

JÖNCK, 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.

JUSTES, E. et al. Determination of a Critical Nitrogen Dilution Curve for Winter Wheat Crops. **Annals of Botany**, v. 74, p. 397–407, 1994.

LAWLOR, D. W.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. Nitrogen , Plant Growth and Crop Yield. In: LEIA, P. J. (Ed.). **Plant Nitrogen**. Springer V ed. Estados Unidos da America: 2001, 2001b.

p. 343–367.

LEMAIRE, G. et al. Developmental changes in shoot N dynamics of lucerne (*Medicago sativa* L.) in relation to leaf growth dynamics as a function of plant density and hierarchical position within the canopy. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 413, p. 935–943, 2005.

LEMAIRE, G. et al. Is crop N demand more closely related to dry matter accumulation or leaf area expansion during vegetative growth? **Field Crops Research**, v. 100, n. 1, p. 91–106, 2007.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N Uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIRE, G. (Ed.). . **Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops**. Springer V ed. h: 1997, 1997. p. 3–41.

LEMAIRE, G.; SALETTE, J.,. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I- Etude de l'effet du milieu. **Agronomie**, v. 4, p. 423–430, 1984a.

LEMAIRE, G.; SALETTE, J.,. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. II- Etude de la variabilité entre génotypes. **Agronomie** ,v. 4, p. 431–436, 1984b.

LEMAIRE, G., et al. Dynamics of accumulation and partitioning of N in leaves, stems and roots of lucerne (*Medicago sativa* L.) in a dense canopy. **Annals of Botany**, v. 70, p. 429-435, 1992.

LEMAIRE, G.; JEUFFROY, M. H.; GASTAL, F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage. Theory and practices for crop N management. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 614–624, 2008.

LI, W.; HE, P.; JIN, J. Critical Nitrogen Curve and Nitrogen Nutrition Index for Spring Maize in North-East China. **Journal of Plant Nutrition**, v. 35, n. 11, p. 37–41, 2012.

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.

LOUARN, G. et al. An empirical model that uses light attenuation and plant nitrogen status to predict within-canopy nitrogen distribution and upscale photosynthesis from leaf to whole canopy. **AoB Plants**, v. 7, n. November, p. plv116, 2015.

LUPATINI, G. C. et al. Produção de bovinos de corte em pastagem de aveia preta e azevém submetida à adubação nitrogenada. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 14, p. 164–171, 2013.

MARTINS, J. D.; RESTLE, J.; BARRETO, I. L. PRODUÇÃO ANIMAL EM CAPIM PAPUÃ (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc). **Ciência Rural**, v. 30, p. 887–892, 2000.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Adubação nitrogenada e partição de massa seca em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, p. 663–667, 2009.

MCKANE, R. B. et al. Resource-based niches provide a basis for plant species diversity and dominance in arctic tundra. **Nature**, v. 415, n. 6867, p. 68–71, 2002b.

MILLS, A.; MOOT, D. J.; JAMIESON, P. D. Quantifying the effect of nitrogen on productivity of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) pastures. **European Journal of Agronomy**, v. 30, p. 63–69, 2009.

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.

NEY, B., DORÉ, T., SAGAN, M., The nitrogen requirement of major agricultural crops. Grain legumes. In: LEMAIRE G.(Ed.).. **Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops**. Springer Verlag, Heidelberg, 1997, 1997.p. 107–118.

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.

PLÉNET, D., CRUZ, P., The nitrogen requirement of major agricultural crops. Maize and Sorghum. In: LEMAIRE G.(Ed.).. **Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops**. Springer-Verlag, Heidelberg, 1997, 1997 pp. 93–106.

PLÉNET, D., LEMAIRE, G., Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. **Plant Soil** v 216, p.65–82. 2000

PONTES, L. D. S. et al. Impacts of species interactions on grass community productivity under contrasting management regimes. **Oecologia**, v. 168, p. 761–771, 2012.

REICH, P. B. et al. Plant diversity enhances ecosystem responses to elevated CO₂ and nitrogen deposition. **Nature**, v. 410, p. 809–813, 2001.

REYES, J. et al. Improved estimation of nitrogen uptake in grasslands using the nitrogen dilution curve. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 4, p. 1561–1570, 2015.

SALETTE, J.; LEMAIRE, G. Sur la variation de la teneur en azote des graminées fourragères pendant leur croissance: formulation d'une loi de dilution. **Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris**, v. 292, p. 875–878, 1981.

SHEEHY, J.E., et al., Critical concentrations: implications for high-yielding rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in tropics. **Field Crops Res.** v. 59, p 31-41,1998.

SOUSSANA, J. F.; ARREGUI, M. C. Impact de l'association sur le niveau de nutrition azotée et la croissance du ray-grass anglais et du trèfle blanc. **Agronomie**, v. 15, p. 81–96, 1995.

SOUSSANA, J. F.; VERTES, F.; ARREGUI, M. C. The Regulation of Clover Shoot Growing Points Density and Morphology During Short-Term Clover Decline in Mixed Swards. **European Journal of Agronomy**, v. 4, n. 2, p. 205–215, 1995.

TEI, F., BENINCASA, P., GUIDICI, M. Critical nitrogen concentration in processing tomato. **European Journal of Agronomy**. v.18, p.45–56, 2002.

TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**, v. 379, n. 6567, p. 718-720, 1996.

ULRICH, A. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. **Annual Revue Plant Physiology**, v. 3, p. 207-228, 1952.

5 ÍNDICE DE NUTRIÇÃO NITROGENADA EM PASTOS PERENES DE INVERNO CULTIVADOS PUROS OU EM CONSÓRCIO

5.1 RESUMO

O nitrogênio (N) participa de diversos processos metabólicos na planta e está diretamente relacionado com o acúmulo de matéria seca do pasto, refletindo, assim, em aumentos em produtividade global do sistema. Neste sentido, o $N_{crítico}$ (menor concentração de N para que uma determinada espécie desempenhe seu máximo potencial de crescimento) em pastagens multiespecíficas pode mudar em função das espécies que o compõem. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o INN (índice de nutrição nitrogenada) em três espécies perenes de inverno (Aveia perene - *Arrhenatherum elatius*-, Dáctilis - *Dactylis glomerata*- e Festuca - *Festuca arundinacea*) cultivadas puras e em consórcio ao longo das quatro estações do ano. A área experimental foi implantada em Lages, SC, contendo 12 piquetes de 45 m² cada onde foram distribuídos os quatro tratamentos (as três espécies cultivadas puras e o consórcio entre elas) por meio de um delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A altura de corte em cada tratamento foi determinada pelo momento em que os mesmos interceptarem 95% da luz incidente durante o estádio de desenvolvimento vegetativo dos pastos, sendo rebaixados em 50% desta altura. As adubações foram realizadas com o equivalente a 50 kg/N/ha a cada 40 dias, totalizando 450 kg de N/ha/ano. Foi determinada a massa de forragem em pré-corte, e, assim avaliados os teores de N na massa de forragem e os teores de N nos 10 cm da parte superior do dossel para as espécies puras e individualmente para cada espécie no consórcio. O $N_{crítico}$ foi estimado pela equação: $N_{crítico} = 4,8 \times W^{-0,32}$, onde W é a massa de forragem acima do nível do solo. Foi realizado um segundo experimento, com o objetivo de avaliar o efeito do manejo adotado na curva de diluição do N, no qual foram executados dois métodos para determinar a de curva de diluição do N, uma realizada com o manejo adotado no experimento (partindo de uma altura residual de 10 cm) e outra com o manejo proposto pela literatura partindo do nível do solo. As análises estatísticas foram realizadas por meio do procedimento MIXED do programa estatístico SAS (versão 9.02) com 5% de significância. As análises de regressão foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SigmaPlot^(R). De modo geral, os INN efetivamente observados não alcançaram os valores críticos (Experimento I), no entanto, quando corrigidos (desconsiderados os porcentuais de material morto da amostra) os INN foram satisfatórios para todas as espécies em todas as épocas. Ao longo do manuscrito inferências são discutidas sobre as formas de se avaliar o INN em pastos

perenes sob pastejo leniente, devido às alterações na diluição do nitrogênio, consequência da alta porcentagem de material morto no início do crescimento dos pastos. O controle de altura foi importante na coexistência das espécies no consórcio, pois permitiu a entrada de luminosidade, fator decisivo na absorção de N.

Palavras chave: Mistura de espécie, teor de nitrogênio, *status* nutrição, curva diluição

ABSTRACT

Nitrogen (N) participates in several metabolic processes in the plant and is directly related to the accumulation of dry matter of the pasture, thus reflecting increases in the overall productivity of the system. In this sense, the $N_{critical}$ (lower concentration of N for a given species to perform its maximum growth potential) in multispecies pastures may change depending on the species that compose it. The objective of this work was to evaluate the NNI (Nitrogen Nutrition Index) in three perennial winter grasses (oatgrass - *Arrhenatherum elatius*, cocksfoot - *Dactylis glomerata* - and tall fescue - *Festuca arundinacea*) cultivated as monocultures or intercropped throughout the four seasons of the year. The experimental area was located in Lages, SC, containing 12 paddocks of 45 m² each where the four treatments (the three pure cultivated species and the mixture) were distributed through a completely randomized design with three replicates. The cut height at each treatment was determined by the time the swards intercept 95% of the incident light during the vegetative stage of the pastures, being lowered by 50% of this height. Fertilization was carried out with the equivalent of 50 kg / N / ha every 40 days, totaling 450 kg of N / ha / year. The forage mass was determined in pre-cut, and thus evaluated the N contents in the forage mass and the N contents in the 10 cm of the upper part of the canopy for the species pure and individually for each species in the consortium. The $N_{critical}$ was estimated by the equation: $N_{critical} = 4,8 \times W^{-0,32}$, where W is the mass of forage above the level of the soil. A second experiment was carried out with the objective of evaluating the effect of the management adopted on the N dilution curve, in which two methods were performed to determine the N dilution curve, one performed with the management adopted in the experiment (starting from a residual height of 10 cm) and another with the management proposed by the literature starting from the ground level. Statistical analyzes were performed using the MIXED procedure of the SAS statistical program (version 9.02) with 5% significance. Regression analyzes were performed using the

SigmaPlot^(R) statistical package. In general, the NNI actually observed did not reach the critical values (Experiment I), however, when corrected (disregarded the percentage of dead material in the sample) NNIs were satisfactory for all species at all times. Throughout the manuscript inferences are discussed on the ways to evaluate the INN in perennial pastures under lenient grazing, due to the changes in the dilution of nitrogen, due to the high percentage of dead material at the beginning of pasture growth. The height control was important in the coexistence of the species in the consortium, since it allowed the entrance of luminosity, decisive factor in the absorption of N.

Key words: Species mixture, nitrogen content, nutrition status, dilution curve.

5.2 INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o principal nutriente utilizado em sistemas agrícolas e, de maneira geral, seu uso incrementa a produção, produtividade e a qualidade das culturas (LAWLOR; LEMAIRE; GASTAL, 2001) e em sistemas pastoris há registros de benefícios diretos na produtividade de forragem (CASTAGNARA et al., 2011; FAGUNDES et al., 2005; LOPES et al., 2013; MARTUSCELLO et al., 2009; MOREIRA et al., 2014; PELLEGRINI et al., 2010) e diretos e indiretos em desempenho animal (LUPATINI et al., 2013; MARTINS; RESTLE; BARRETO, 2000). Contudo, o uso excessivo de nitrogênio pode gerar acúmulo de nitrato nos tecidos vegetais (JÖNCK et al., 2013) e potenciais prejuízos econômicos.

Em casos de pastos multiespecíficos formados apenas com gramíneas, o uso do N se torna mais complexo uma vez que as diferentes espécies que compõem a mistura podem apresentar exigências distintas e apresentarem diferentes modos de absorverem e utilizarem o N (ANTEN; HIROSE, 1999; MCKANE et al., 2002; REICH et al., 2001).

Seja qual for o momento e a espécie, um indicador da situação atual de nutrição de uma cultura é o índice de nutrição nitrogenada (INN), sendo uma importante ferramenta na tomada de decisões acerca do manejo da adubação nitrogenada (AGNUSDEI et al., 2010; COLNENNE et al., 2002; LEMAIRE; GASTAL, 1997). O INN é a relação entre o teor de N atual da cultura (Na) pelo teor de N crítico (Nc), correspondente à massa de forragem atual (LEMAIRE; JEUFFROY; GASTAL, 2008), e foi confirmado por meio da curva de diluição do Nc (LEMAIRE; SALETTE, 1984a, b). O INN foi validado para um série de culturas sendo que o N crítico para espécies de gramíneas de clima temperado (C_3) tem sido normalmente

generalizado por meio da seguinte equação: % Nc = 4,8.W^{-0,32} (LEMAIRE; GASTAL, 1997) aonde W é a massa em toneladas por hectare.

Apesar de seu uso ter se tornado amplamente validado em cultivos monoespecíficos, sua aplicação em pastos multiespecíficos ainda carece de estudos e um melhor entendimento, e Gastal et al (2015) argumentaram que seria imprescindível analisar a nutrição nitrogenada de cada espécie separadamente, uma vez que cada uma apresentaria exigências e potencialidades específicas. Devido algumas limitações intrínsecas ao próprio método de cálculo do INN, particularmente relacionadas à colheita da massa de forragem, dificultando a avaliação individual de cada espécie, uma alternativa para medir indiretamente o *status* de cada espécie no consórcio tem sido por meio da concentração de N das folhas do estrato superior (FARRUGGIA; GASTAL; SCHOLEFIELD, 2004).

Em ambientes multiespecíficos, as diferenças interespecíficas no padrão de crescimento das espécies podem influenciar a partição da luminosidade no dossel de acordo com a distribuição vertical de cada espécie de forma espacial e temporal (ANTEN; HIROSE, 1999). O uso do N deve ser proporcional à respectiva contribuição de cada espécie na interceptação da luz incidente, dependendo da forma como estão posicionadas dentro do dossel, e, assim o N é partilhado dentro da população de plantas de um dossel por meio das diferentes categorias de plantas (LEMAIRE et al., 2005). No entanto, o controle de altura pode proporcionar que as plantas se posicionem de forma semelhante no dossel e não atinjam alturas que permitam o efeito de dominância de uma espécie em relação às outras, podendo assim absorver a luz de maneira semelhante e dessa forma, a utilização do N ser semelhante ao monocultivo.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o INN de três espécies perenes de inverno; Aveia perene (*Arrhenatherum elatius*), Dáctilis (*Dactylis glomerata*) e Festuca (*Festuca arundinacea*) cultivadas puras e em consórcio ao longo das quatro estações do ano e verificar se há diferenças nas curvas de diluição do N quando os corte são realizados a partir do crescimento inicial dos pastos ou a partir de um resíduo pré-existente. As hipóteses testadas no experimento são que 1) não há diferenças no índice de nutrição nitrogenada entre gramíneas perenes de inverno com diferentes estratégias de crescimento cultivadas puras ou em associação e frequentemente, porém lenientemente desfolhadas 2) há diferenças na curva de diluição do N quando os cortes são considerados a partir do nível do solo ou a partir de uma altura residual pré-existente.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Experimento I

5.3.1.1 *Espécies, local do experimento e período experimental*

As espécies forrageiras utilizadas foram *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata* e *Festuca arundinacea*, conhecidas como aveia perene, dáctilis e festuca. O estudo foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Lages-SC. A área experimental foi implantada em abril de 2013 e as avaliações foram realizadas de outubro de 2015 a outubro de 2016. O primeiro experimento foi realizado de outubro de 2015 a agosto de 2016 e o segundo experimento iniciou em agosto e foi até outubro de 2016.

5.3.1.2 *Clima*

De acordo com a classificação de Köppen e Geiger (1939) o clima de Lages é subtropical úmido (Cfb), com inverno rigoroso e verão ameno com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Os dados climáticos durante o período experimental estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Condições climáticas do ano experimental: precipitação mensal (mm), Insolação (hs), temperatura máxima média ($^{\circ}\text{C}$), temperatura mínima média ($^{\circ}\text{C}$) e temperatura compensada média ($^{\circ}\text{C}$) durante o período de Outubro 2015 à Outubro de 2016 em Lages- SC.

Mês	Precipitação	Insolação	Temp. máxima	Temp. mínima	Temp média compensada
Agosto	69,3	180,2	22,3	10,1	15,5
Setembro	334,6	147,1	21,3	10,2	15,0
Outubro	363,2	96,3	21,0	11,8	16,0
Novembro	128	116,2	22,5	13,4	17,5
Dezembro	208,1	79,2	25,8	15,9	20,2
Janeiro	107,4	179,9	27,1	16,1	20,8
Fevereiro	234,1	155,3	26,6	17,2	21,2
Março	186,7	180,2	24,1	13,9	18,3
Abril	136,8	146	24,7	14,7	18,7
Maio	132	97,6	17,7	8,3	12,7
Junho	24,8	158,8	15,5	4,9	8,9
Julho	132	195,4	18,3	6,1	11,2
Agosto	139,2	152,7	19,8	6,8	12,6
Setembro	118,4	188,4	21,0	8,3	13,5
Outubro	224,8	136,8	21,7	10,8	15,3
Novembro	73,8	210,4	24,6	12,2	17,4

Fonte: INMET

5.3.1.3 Implantação da área experimental e adubação

Em maio de 2013 foi realizada a análise química do solo, na profundidade de 0-20 cm, a qual apresentou os seguintes valores: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 4,5$; argila = 52%; matéria orgânica = 2,1%; fósforo = $3,65\text{mg dm}^{-3}$ e potássio = 48 mg dm^{-3} . Os pastos foram implantados em junho de 2013, após a correção do solo por meio de semeadura a lanço. Foram utilizados 25 kg de sementes por hectare em todos os tratamentos, sendo utilizadas frações iguais de mesmo peso no consórcio. Após a semeadura foram aplicados 70 kg de N e duas doses de 50 kg de N, equivalente a 100 kg de N no início de 2014 e logo após a cada 40 dias aplicavam-se doses constantes de 30 kg de N, e as pastagens receberam adubações de manutenção ao longo de todo o período experimental conforme a recomendação.

Em maio de 2015 foi realizada a análise química do solo, na profundidade de 0-20 cm, a qual apresentou os seguintes valores: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,8$; argila = 46%; matéria orgânica = 1,4%; fósforo = $8,7\text{mg dm}^{-3}$ e potássio = 180 mg dm^{-3} . Em 2015, antes de iniciar o experimento, foram aplicadas parceladamente 150 kg de N por hectare em três doses a cada 40 dias. A dose

de nitrogênio, ao longo do período experimental, correspondeu a uma dose a cada 40 dias, sendo aplicado o equivalente a 50 kg de N por hectare em cada piquete, a primeira aplicação ocorreu em outubro de 2015 e foram feitas nove aplicações ao longo de um ano, correspondendo a 450 kg/N/ano.

5.3.1.4 *Delineamento experimental e tratamentos*

Foi utilizada uma área de 836 m² onde foram alocados 12 parcelas de 45 m² cada e separados entre si por corredores de um metro. Foram utilizados quatro tratamentos: aveia perene (*Arrhenatherum elatius*), dáctilis (*Dactylis glomerata*) e festuca (*Festuca arundinacea*) cultivados puros e o consórcio das três espécies e distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições.

5.3.1.5 *Manejo da pastagem*

A pastagem foi manejada por meio de corte mecânico. Para determinar o momento em que cada tratamento deveria ser rebaixado foram realizadas a cada três dias durante o desenvolvimento vegetativo dos pastos 10 medidas de interceptação luminosa (IL) com um ceptômetro (LI-COR®, modelo LAI 2200C). No momento em que o dossel interceptou 95% da radiação incidente, foram tomados 20 medidas de altura no piquete por meio de um bastão graduado em centímetros, este manejo foi anterior ao experimento. A altura média das três repetições de cada tratamento foi considerada a altura em pré-corte (a qual correspondeu para todos os tratamentos em uma altura média em torno de 20 cm). Em cada corte, todos os pastos nas parcelas foram rebaixados em 50% a partir da altura pré-corte (em torno de 10 cm). Após cada corte foi feito o rastelamento das áreas, para retirada do material cortado e, em seguida, foram tomadas 20 medidas da altura para determinar a altura real em pós-corte, este manejo foi adotado e mantido durante todo o experimento e nos dois anos anteriores. Para o controle de pragas e doenças foram aplicados, quando necessário, inseticida Karate Zeon (lambda-Cialotrina) na dosagem de 150ml/ha para controle de percevejo da família *Miridae*, fungicida Folicur (Tebuconazol) na dosagem de 750ml/ha, Priori Extra (Triazol + Estrubirulina) na dosagem de 300ml/ha e Tilt (Propiconazol) na dosagem de 400ml/ha, sendo aplicadas nas épocas de maior incidência nos períodos de alta umidade, nos meses de agosto e setembro.

5.3.1.6 *Medidas na pastagem*

5.3.1.7.1 Massa de forragem e composição morfológica

A massa de forragem foi determinada antes de cada corte utilizando-se dois quadros de 20 cm x 70 cm (área de 0,14 m²) em cada parcela, e três repetições por tratamento. Os quadros foram alocados em pontos representativos da altura de cada tratamento e todas as plantas contidas em cada uma das molduras foram coletadas em nível do solo. O material coletado foi acondicionado em saco plástico, levado ao laboratório, aonde foi realizada a separação em seus componentes (colmo, folha, material morto e inflorescência) para determinar a porcentagem de cada componente na composição da amostra. Foram realizadas medidas em cada época do ano, nas seguintes datas: avaliação de primavera (26/10/2015, 03/11/2015 e 06/11/2015), verão (07/01/2016; 03/03/2016 e 28/03/2016), outono (04/05/2016 e 19/05/2016) e inverno (27/07/2016; 16/08/2016 e 25/08/2016). As aplicações de N foram realizadas ao longo dos cortes, conforme descrita anteriormente.

A composição morfológica foi determinada a partir da separação da amostra coletada para determinação da massa de forragem em seus componentes morfológicos (lâminas foliares, colmo + pseudocolmo, material morto e plantas invasoras). Depois de separadas e pesadas, essas amostras foram novamente agrupadas e armazenadas em sacos de papel, e alocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C por 72 horas para determinação do teor de matéria seca.

5.3.1.7.2 Índice de área foliar

Para determinação do índice de área foliar (IAF) dos pastos foram utilizados 50 perfilhos os quais foram retirados das amostras coletadas para medidas da massa de forragem em cada estação do ano. No consórcio foram retirados 50 perfilhos de cada espécie após a separação botânica a fim de determinar a participação de cada uma na composição do IAF total. Os 50 perfilhos tiveram suas folhas destacadas e integradas em um medidor de área foliar (LAI-3100C – Licor^(R)). Posteriormente, a área foliar média de um perfilho foi determinada pela divisão entre a área foliar total medida pelo integrador e o número de perfilhos avaliados (50). O IAF foi obtido a partir da multiplicação da área foliar média de um perfilho pelo peso total de folhas da amostra.

5.3.1.7.3 Determinação do N atual (%Na) e N Crítico (% Nc)

A determinação do N (%Na) foi realizada na massa de forragem total coletada de acordo com o (Item 5.3.1.7.1). A amostra foi moída em moinho tipo Solab SL-31 em partículas menores que 0,1 cm para determinação do teor de nitrogênio total na massa de forragem pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995; método nº 984.13). A determinação do N crítico (% Nc) foi realizada pelo cálculo do teor de nitrogênio crítico nas plantas (% Nc) calculado de acordo com a massa de forragem (% de matéria seca) por meio da seguinte equação: % Nc = $a_c \cdot W^{-b}$, aonde;

a_c e b são coeficientes fixos para gramíneas perenes de inverno, ou seja, % Nc = $4,8 \cdot W^{-0,32}$ (LEMAIRE; GASTAL, 1997). Os valores de W são referentes à matéria seca em t por hectare correspondente a massa de forragem (Item 5.3.1.7.1).

5.3.1.7.4 Determinação Índice de nutrição nitrogenada (INN)

O procedimento para a estimativa do valor do índice de nutrição nitrogenada (INN) foi baseado a partir da relação entre o teor de nitrogênio atual (% Na – procedimento descrito acima) e o teor de nitrogênio crítico (% Nc – procedimento descrito na equação de Lemaire e Gastal (1997)), sendo assim possível determinar o INN para cada tratamento e em cada estação de acordo com a fórmula abaixo:

$$INN = \% \text{ Na} / \% \text{ Nc}$$

5.3.1.7.5 Determinação da concentração de N na camada superior do dossel

Para determinar o INN de cada espécie no consórcio, utilizou-se a metodologia descrita por Farruggia, Gastal e Scholefield (2004), a qual consiste na determinação da concentração de N na camada superior do dossel das espécies puras e nas espécies individualmente no consórcio. As coletas das amostras foram realizadas no momento da determinação do INN em áreas próximas aquelas amostradas, em condições de pré corte. A técnica consistiu no corte de forragem dos 10 cm superiores (correspondendo em média a 20g de folhas), a partir da ponta da folha mais longa, sendo que nos pastos consorciados eram coletadas as folhas de cada espécie individualmente. As folhas foram secas até peso constante em estufa com circulação forçada de ar (65°C) e moída em moinho tipo Solab SL-31 em

partículas menores que 0,1cm para determinação do teor de nitrogênio total. O método utilizado foi o de Kjeldahl (AOAC, 1995; método nº 984.13).

5.3.2 Experimento II

O objetivo desse experimento foi avaliar o efeito do manejo adotado na curva de diluição do nitrogênio. Para tanto, logo após o término das avaliações estacionais para medir o INN do experimento I, iniciou-se a avaliação da curva de crescimento dos pastos, seguindo dois modelos, uma curva realizada com o manejo adotado no experimento, partindo do rebaixamento de 50% da altura (os pastos partiam de um resíduo em torno de 10 cm) e uma curva com o manejo proposto pela literatura partindo do nível do solo. Dividiram-se os piquetes com área de 45 m² (5 metros de largura por 9 metros de comprimento) na metade proporcionando uma área de 22,5 m² para estimativa das curvas para cada um dos métodos.

Após os cortes de rebaixamento em cada resíduo correspondente (nível do solo ou 10 cm) os pastos receberam uma dose única de 400 kg de N.ha⁻¹. A quantidade utilizada pode ser considerada alta, comparando trabalhos na literatura no qual foram aplicados: 150 kg.N.ha⁻¹ para festuca, 175 kg.N.ha⁻¹ para o feijão, espécies de batata variaram de 100 à 240 kg.N.ha⁻¹ e trigo de 152 à 200 kg.N.ha⁻¹ (GREENWOOD et al., 1991) e para festuca utilizou-se doses até 150 kg.N.ha⁻¹ e para o sorgo de até 180 kg.N.ha⁻¹ (LEMAIRE; GASTAL, 1997). No entanto, para assegurar que os 400 kg de N não fossem limitantes ao crescimento dos pastos, em uma área de 2,5m² dentro da parcela aplicou-se uma dose extra de 200 kg de N/ha, totalizando 600 kg de N/ha, o qual correspondeu ao último corte do experimento.

Os pastos com crescimento partindo do rebaixamento de 50% da altura foram cortados a cada incremento em altura, de tal forma que foram realizados cinco cortes (cada um em uma área de 0,56 m² ,sendo duas molduras por parcela) de acordo com a altura do pasto (10, 15, 20, 25 cm e o último após duas semanas). Os cortes ocorreram de acordo com o término do experimento I para cada espécie foram iniciadas as curvas, do dia 27 julho ao dia 08 setembro para festuca, entre os dias 18 e 26 de agosto ao dia 21 de setembro e 04 de outubro para aveia, e entre os dias 18 e 26 agosto ao dia 28 de setembro e 04 de outubro do ano de 2016 para dáctilis.

Os pastos com crescimento em nível do solo seguiram o mesmo princípio e as leituras também foram tomadas em cinco momentos, somente as metas de massa eram diferentes, sendo os cortes realizados com alturas aproximadamente de 5, 10, 15, 20 e 25 cm. Os cortes foram realizados para festuca do dia 04 de agosto ao dia 19 de setembro, aveia do dia 01 e 08

de setembro ao dia 10 e 20 de outubro, o dáctilis do dia 29 de agosto e 01 de setembro ao dia 10 e 20 de outubro.

A cada incremento em massa nos dois métodos, as amostras foram levadas para laboratório homogeneizadas e subdivididas (um terço da amostra em massa verde era separado), as amostras foram identificadas e levadas a estufa com circulação de ar (65°C) até peso constante, este um terço da amostra após pesado foi moído em partículas menores que 0,1cm para determinação do teor de nitrogênio total. O método utilizado foi o de Kjeldahl (AOAC, 1995; método nº 984.13). Para cálculo da massa de forragem utilizou-se o peso seco da amostra total e dividiu-se pelo tamanho da área da moldura calculada em toneladas por hectare. Nos dois métodos, no último corte, separava-se uma amostra aleatória e subdividia-se em um terço, este era separado em material verde, material morto e inflorescência, para obter o percentual de cada componente ao final dos cortes, logo após a pesagem do material, este era novamente agrupado e moído seguindo o procedimento anterior de determinação do nitrogênio total.

5.3.3 Avaliações adicionais

Após o termo dos experimentos, os pastos foram rebaixados a 10 cm e quando os mesmos atingiram as alturas em pré-corte (condições semelhantes as adotadas no experimento I), foram avaliados os teores de nitrogênio no material verde e no material morto com o objetivo de obter uma relação entre o conteúdo de nitrogênio nestes materiais. Para isto, foram coletados 100 perfis de cada espécie, separando o material morto aderido a estes perfis e o material verde, composto de folhas e colmo. Estas amostras foram levadas a estufa com circulação de ar (65°C) até peso constante e moído em partículas menores que 0,1cm para determinação do teor de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995; método nº 984.13).

Através destes componentes, foi possível calcular um índice relacionando os dois materiais através de uma divisão do material morto (MM) pelo material verde (MV). E com isto foi possível estimar o INN assumindo que todo o material coletado fosse composto por material verde.

5.3.4 Análise estatística dos dados

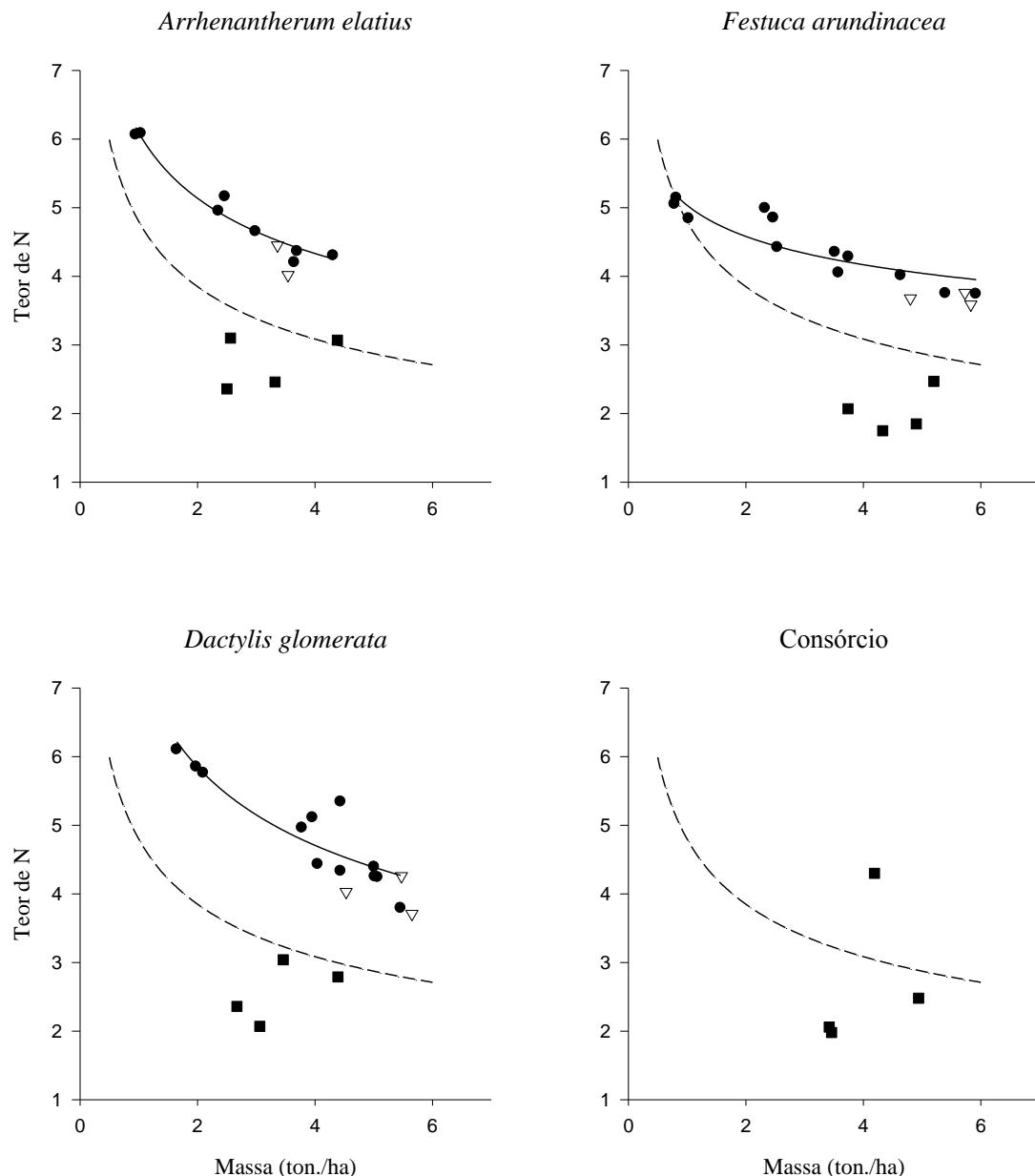
As análises estatísticas foram realizadas por meio do procedimento MIXED do programa estatístico SAS® versão 9.2. A análise de variância foi realizada pela comparação entre médias pelo teste t de Student, com nível de significância de 5%. As análises de regressão foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SigmaPlot®.

5.4 RESULTADOS

5.4.1 Teores de N em relação às espécies e as estações

Houve um decréscimo nos teores de N conforme se aumentou a massa de forragem independente dos tratamentos (Figura 1). Além disso, os teores de N na massa de forragem apresentaram valores inferiores às expectativas obtidas tanto pela curva de diluição construída para o próprio experimento (linha sólida; Figura 1) quanto quando comparadas à curva proposta por Lemaire e Gastal (1997; linha tracejada; Figura 1) durante as épocas do ano para os diferentes tratamentos.

Figura 1– Relação entre os teores de nitrogênio (%) e a massa de forragem (t/ha) em pastos de festuca, aveia e dáctilis cultivados puros ou em consórcio utilizando-se a curva de Lemaire e Gastal (1997; linhas tracejadas) em todos os gráficos e a curva gerada no experimento II a partir nível do solo (linhas sólidas) somente para as espécies puras. Os quadrados sólidos em todos os gráficos se referem aos teores de N (%) presente na massa de forragem (Na: N atual) em cada pasto em diferentes épocas do ano experimento I.



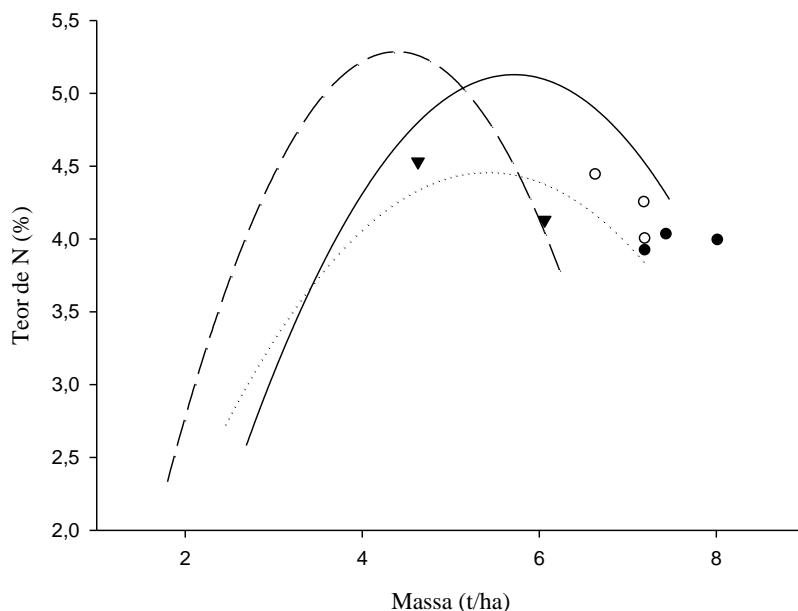
Festuca (●) $N_{cr} = 5,03 \cdot MS^{-0,14}$ $R_2 = 0,77$; (▽) dose de 600 kg.N/ha; (■) % N (N atual na massa) a nas épocas do ano. Dáctilis (●) $N_{cr} = 7,27 \cdot MS^{-0,32}$ $R_2 = 0,80$; (▽) dose de 600 kg.N/ha; (■) %Na (N atual na massa) nas épocas do ano. Aveia (●) $N_{cr} = 6,09 \cdot MS^{-0,25}$ $R_2 = 0,96$; (▽) dose de 600 kg.N/ha; (■) %Na (N atual na massa) nas épocas do ano. Consórcio (■) %Na (N atual na massa) nas épocas do ano. Para todas as espécies as linhas tracejadas representam a curva de diluição das pastagens perenes $N_{cr} = 4,8 \cdot MS^{-0,32}$ (LEMAIRE; GASTAL, 1997). Fonte: próprio autor

Os valores médios de INN nas estações, experimento I, foram de 0,61 e 0,68 para o verão e primavera e diferentes dos valores de outono e inverno (0,82 e 0,92, respectivamente) ($P<0,05$). Com relação às espécies, o INN dos pastos de aveia e de dáctilis apresentaram valores de 0,82 e 0,79, respectivamente, e para o consórcio e festuca os valores médios estiveram entre 0,74 e 0,69.

5.4.2 Curva de diluição do nitrogênio a partir do manejo empregado no experimento

A curva de diluição partindo de um resíduo de 50% da altura inicial apresentou um padrão de resposta parabólico no qual o teor de N aumentou com o passar do tempo, atingindo um pico com posterior decréscimo independente da espécie avaliada (Figura 2).

Figura 2- Relação entre os teores de nitrogênio (%) e a massa de forragem (t/ha) em pastos de festuca, dáctilis e aveia cultivados puros com alturas iniciais a partir de resíduo de 10 cm de altura, método de manejo adotado durante o Experimento I.



Festuca (linha pontilhada $y = -1,3244 + 2,1385 - 0,19$. (W) $^2 R_2=0,82$, (●) dose 600kg.N/ha). Dáctilis (linha solida $y = -3,9597 + 3,1802 - 0,2782$. (W) $^2 R_2=0,84$ (○) dose 600kg.N/ha). Aveia (linha tracejada $y = -3,20 + 3,8718 - 0,4414$. (W) $^2 R_2=0,83$ (▼) dose 600kg.N/ha). Fonte: próprio autor

No último corte realizado para a construção da curva de diluição (Figura 2) foi realizada a separação morfológica dos componentes das plantas (Tabela 2). O percentual de material verde (MV) foi acima de 70%, o de material morto (MM) inferior a 30% para o

método a partir do resíduo empregado durante todo experimento (50% da altura inicial). Já na curva obtida a partir do nível do solo (Figura 1) os teores de MV foram superiores a 85% e o percentual de MM foi inferior a 15% e a quantidade de inflorescências apresentou valores abaixo de 3% (Tabela 2).

Tabela 2- Porcentagem de material verde (MV), material morto (MM) e inflorescência dos pastos de festuca, dáctilis e aveia no último corte realizado para obtenção das curvas obtida no experimento II, a curva a partir do resíduo empregado durante todo experimento (50% da altura inicial) e a curva a partir nível do solo.

Curva a partir de 10 cm			
	% MV	% MM	% Inflorescência
Festuca	85,1	14,6	0,9
Dáctilis	78,4	20,3	1,3
Aveia	71,5	28,4	0,1
Curva a partir nível do solo			
Festuca	86,1	13,7	0,4
Dáctilis	87,3	10,0	2,7
Aveia	85,7	13,9	0,8

Fonte: próprio autor

5.4.3 Massa de forragem, composição morfológica e Índice de Área Foliar (IAF) dos pastos ao longo das épocas do ano

De maneira geral os maiores valores de massa de forragem foram observados nos pastos de festuca (Tabela 3) e, independente de espécie, os maiores valores observados no inverno e os menores no verão (exceto para as plantas de aveia, aonde os menores valores foram registrados na primavera). Entre as espécies, as plantas de festuca apresentaram porcentagens superiores de MM em todas as épocas do ano com valores, em média, variando de 29,5% a 39,4%. Já para os pastos de dáctilis os percentuais de MM variaram de 20,9% a 30,6% sendo que o maior valor foi observado no verão ($P<0,05$) e para os pastos de aveia estes valores foram menores, variando de 21,7% a 26,7% e não apresentaram diferenças durante o ano ($P>0,05$). A maior variação entre as épocas do ano foram observadas nos pastos consorciados (23,0 a 37,8%). Tanto os percentuais de folha e colmo foram semelhantes para todas as espécies durante as estações ($P>0,05$). O IAF foi maior no inverno para as espécies puras ($P>0,05$) com médias mais altas para os pastos de aveia e de dáctilis.

Tabela 3 - Condição em pré corte: massa de forragem, composição morfológica e IAF em pastos de festuca, dáctilis, aveia cultivados puros e o consórcio entre eles em diferentes épocas do ano cortados em torno de 20 cm de altura.

	Festuca	Dáctilis	Aveia	Consórcio
Primavera				
MS(t/ha)	3,7	2,7	3,3	3,4
% Folha	50,6	57,5	40,38	53,02
% Colmo	18,8	15,7	31,9	20,95
%Morto	31,5	20,9	25,47	23,08
IAF	3,97	5,22	4,27	5,37
Verão				
MS(t/ha)	4,3	3,1	2,5	3,5
% Folha	51,31	53,1	45,83	53,14
% Colmo	13,2	16,14	25,03	19,05
%Morto	34,68	30,66	26,67	26,64
IAF	3,78	3,46	3,5	3,75
Outono				
MS(t/ha)	4,9	4,4	2,6	4,9
% Folha	45,02	51,08	52,7	42,51
% Colmo	14,12	21,37	18,87	19,65
%Morto	39,46	27,55	26,74	37,84
IAF	2,96	5,58	3,43	4,86
Inverno				
MS(t/ha)	5,2	3,5	4,4	4,2
% Folha	52,5	53,51	53,14	*
% Colmo	17,36	21,79	20,05	*
%Morto	29,55	24,7	21,73	*
IAF	5,63	7,72	7,43	*

(*) Problemas na separação das amostras. Fonte: próprio autor

5.4.4 Teores de N na matéria verde e na matéria morta e simulação do INN considerando as proporções dos componentes

Os teores de N na parte verde (colmo + folhas) e na parte senesceda/morta da planta nas três espécies estão apresentados na Tabela 4. A divisão do teor de N no MM pelo teor de N na MV apresentou valores entre 0,42 e 0,50.

Tabela 4 - Teor de N na matéria verde (MV) e na matéria morta (MM) em perfilhos de festuca, dáctilis, aveia em pastos com alturas em torno de 20cm.

Teor de N			
	Festuca	Dáctilis	Aveia
MV	2,66	3,32	3,37
MM	1,23	1,39	1,68
<i>*índice</i>	0,4624	0,4187	0,4985

*valor da divisão do teor de N na MM/teor de N na MV. Fonte: próprio autor

Com esses resultados foi possível simular uma correção dos teores de N para todos os pastos, em todas as épocas, por meio da seguinte fórmula:

Teor de N na MV = N na espécie i na época j / 1 + (%MM na espécie i na época j * divisão do teor de N na MM / teor de N na MV)

Teor de N (considerando 100% de MV) = Teor de N na MV / %MV

logo,

INN corrigido = Teor de N (considerando 100% de MV) / N crítico

Por meio destes cálculos foi possível estimar o INN corrigido (INNc) partindo da premissa que todo o material amostrado durante o período experimental fosse composto por material vivo. Os valores de INNc para todas as estações e todas as espécies foram superiores ao INN efetivamente observado (Tabela 5).

Tabela 5 - Índice de nutrição nitrogenada efetivamente observado (INN) e Índice de nutrição nitrogenada corrigido (INNc) em pastos de festuca, dáctilis, aveia e o consórcio entre elas em diferentes épocas do ano.

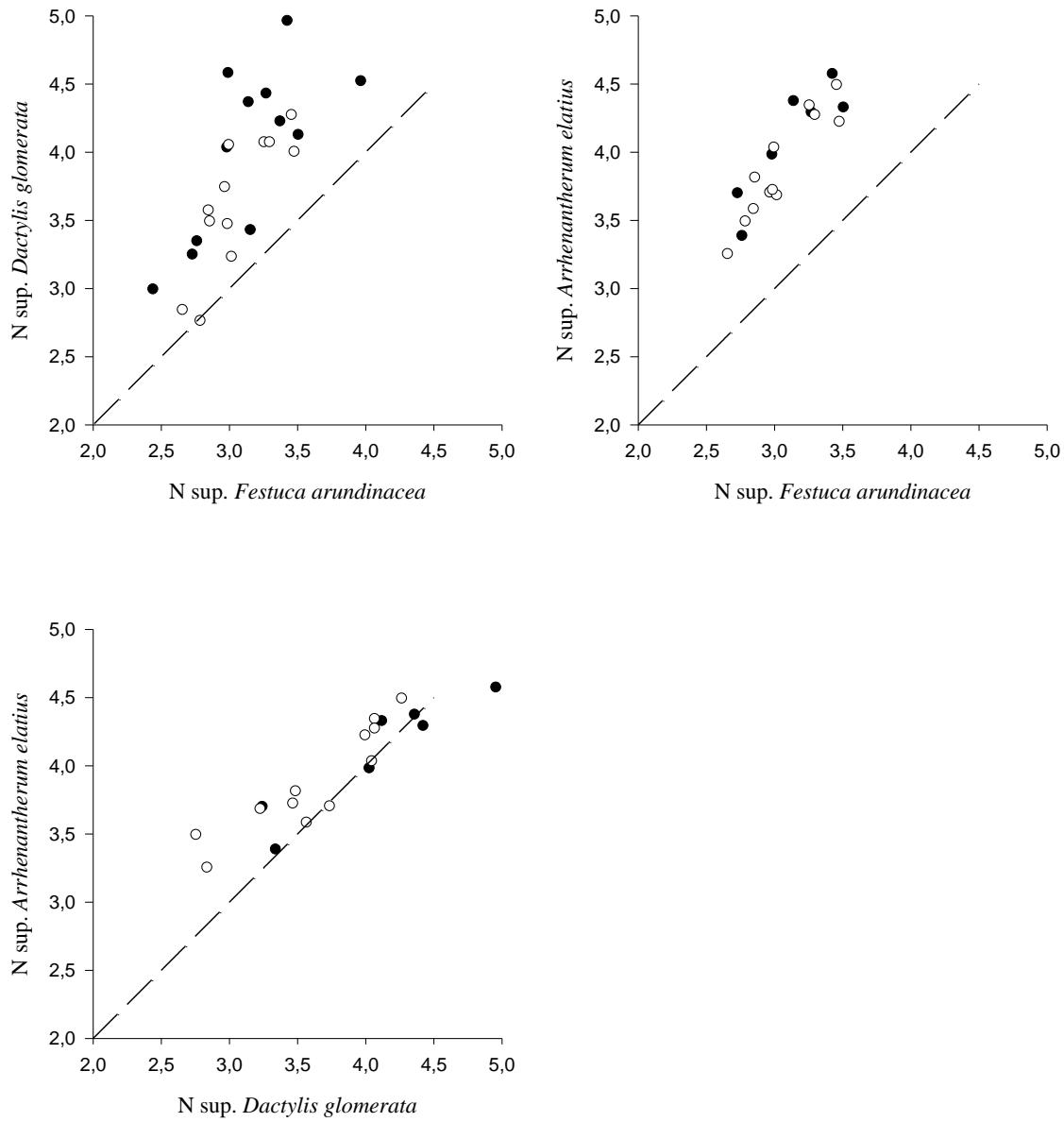
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Festuca				
INN	0,66b	0,58b	0,64ab	0,87a
INNc	0,84b	0,76b	0,90ab	1,09a
Dáctilis				
INN	0,68bc	0,62c	0,93ab	0,94a
INNc	0,78b	0,78b	1,15a	1,04a
Aveia				
INN	0,75b	0,66b	0,87ab	1,02a
INNc	0,89a	0,78b	1,05ab	1,18a
Consórcio				
INN	0,63b	0,61b	0,86ab	0,87a
INNc	0,84b	0,76b	0,89ab	1,09a

*Letras minúsculas nas linhas não diferem entre si. Fonte: próprio autor

5.4.5 Concentração de N na camada superior do dossel das espécies puras e em consórcio

Quando comparados os teores de N na parte superior (10 cm superiores) houve uma similaridade entre os teores de N nas plantas cultivadas puras ou em consórcio (Figura 3). Os dados apresentados mostram que os teores de N na parte superior das plantas de dáctilis e aveia foram superiores àqueles observados em plantas de festuca e que os valores foram similares entre plantas de aveia e dáctilis.

Figura 3 – Relação entre o teor de N na parte superior (10 cm) entre as espécies dáctilis e festuca, aveia perene e festuca, aveia perene e dáctilis cultivadas puras (círculos sólidos) ou em associação (círculos).



(●) espécies puras (○) espécies em consórcio. Linha tracejada: linha1:1..Fonte: próprio autor

Comparação dos índices de nutrição nitrogenada das espécies cultivadas puras e elas individualmente no consórcio serão apresentada no item discussão através das (Figura 4 e Figura 5).

5.7 DISCUSSÃO

Os valores de INN abaixo de 1 observados praticamente para todas as espécies em todas as épocas do ano pode ter sido uma consequência direta dos altos teores de MM

presente nos pastos (Tabela 3) uma vez que o protocolo experimental apresentou manejos dos pastos aonde os cortes eram realizados até resíduos máximos de 50% da altura inicial. Assim, esse resíduo era composto praticamente por material morto e colmo com pouca quantidade de folhas (composição média de todas as espécies em todas as épocas de 28% de folhas, 27% de colmo e 45% de material morto – Duchini, dados não publicados. Dessa forma o alto percentual de MM pode ter subestimado o teor de N atual no cálculo do INN, uma vez que nos modelos de diluição de N tradicionalmente obtidos, as curvas são geradas a partir de baixos resíduos ou pastos recém implantados. Adicionalmente, Duru, Lemaire e Cruz (1997) ressaltaram que em pastagens sob lotação contínua o INN talvez seja de difícil aplicação uma vez que a biomassa de pasto acumulada não é diretamente o resultado do crescimento da planta, mas sim a consequência de um equilíbrio dinâmico entre crescimento, senescência e consumo de forragem. No presente estudo, há semelhanças com a proposição daqueles autores, pois o manejo leniente gera resíduos em pós corte que se acumularam de ciclos anteriores (material morto, colmo e folhas senescentes). Dessa forma, Lemaire e Gastal (1997) ressaltaram que o modelo aplicaria-se apenas para situações com baixa senescência foliar e, Duru, Lemaire e Cruz (1997) reforçaram que o conceito de INN deveria ser utilizado após o corte ou pastejo severos. Assim, pode se sugerir que além dos manejos de lotação contínua, manejos lenientes em pastos sob cortes ou métodos de lotação intermitente necessitem de ajustes na técnica para ser possível utilizar o método e avaliar o *status* de nutrição nitrogenada de pastos sendo que uma delas poderia ser desconsiderar o material morto presente nos pastos, ou, como realizada no presente experimento, determinar de forma separada os teores de N no MM e na MV, gerando um índice de correção que poderia ser aplicado para cortes realizados em qualquer tempo (Tabela 5).

Dessa forma, com a simulação para os valores de INN assumindo que a relação entre o teor de N na MM e na MV seja similar nas diferentes épocas do ano, os valores do INNc assumiram valores médios superiores ao INN efetivamente observado (Tabela 5). Uma vez que as plantas de festuca foram aquelas que apresentaram os maiores percentuais de MM, os maiores incrementos absolutos no INNc foram observados para essa espécie o que acabou por retirar efeitos de tratamento no INN, corrigindo distorções e possível implicações de um 'baixo' INN para esses pastos. Isso porque em termos práticos, tem-se assumido que INN entre 0,8 e 1 indicam que a nutrição das plantas é "satisfatória" e valores abaixo de 0,8 indicam que a nutrição de N é limitante ao crescimento do pasto (FARRUGGIA; GASTAL;SCHOLEFIELD, 2004).

Adicionalnalmemente, a proporção de cada espécie no cultivo em consórcio, se manteve a mesma ao longo do período de 2014 até 2016, independenpente se avaliada por base em massa de forragem pré e pós corte ou por densidade populacional de perfilho, (DPP), as plantas de dactilis apresentaram proporções médias de 60%, as plantas de aveia 20% e as plantas de festuca 20% da composição total (Duchini - dados não publicados).

O valores de INNc entre as épocas do ano se comportaram para todas as espécies da mesma forma, mais baixos na primavera e verão e maiores no outono e inverno, indicando que estas plantas podem apresentar necessidade de acumular mais N em período de maior utilização desse nutriente. Assim, possivelmente, no inverno, deve ocorrer um “consumo de luxo” pelas plantas e elas podem não apresentar, necessariamente, aumentos em produção, mas pode ser que necessitem absorver mais N para, por exemplo, ocorrer uma renovação da pastagem, pois neste período ocorre um maior perfilhamento das espécies (Duchini - dados não publicados). No entanto, diante da complexidade das transformações do N no solo, são possíveis novas perceptivas também relacionadas ao manejo adotado. Uma possível explicação seria a ocorrência de um processo de imobilização do N por microorganismos presentes no solo, no qual estes tenham imobilizado temporariamente o N disponível para as plantas para decompor o resíduo dos pastos, uma vez que a quantidade de matéria orgânica (MO) do solo era baixa.

5.7.1 Aspectos metodológicos associados à curva de diluição do N

As curvas de diluição obtidas no experimento, considerando os cortes realizados a partir do nível do solo (Figura 1), apresentaram coeficientes diferentes daquele apresentado por Lemaire e Gastal (1997). Estes resultados estão possivelmente associados a diferenças metodológicas relacionadas principalmente ao fato de que no presente experimento a alta quantidade de N utilizada (400 kg de N/ha) ser superior ao que a planta necessitaria para expressar seu máximo potencial podendo, assim, ter havido um “consumo de luxo”.

Por outro lado, as curvas obtidas com cortes da forragem a partir de resíduos correspondentes a 50% altura da inicial apresentaram padrão de resposta semelhante entre as espécies (Figura 2), porém com diluição do N completamente diferente quando comparadas às curvas obtidas a partir do nível do solo (Figura 1) as quais, normalmente, apresentam uma função alométrica (LEMAIRE e SALETTE 1984a, b; LEMAIRE; JEUFFROY; GASTAL, 2008). No caso das curvas obtidas a partir do resíduo de 10 cm, o resultado obtido pode ser explicado pelo fato de inicialmente o pasto possuir um resíduo composto por componentes

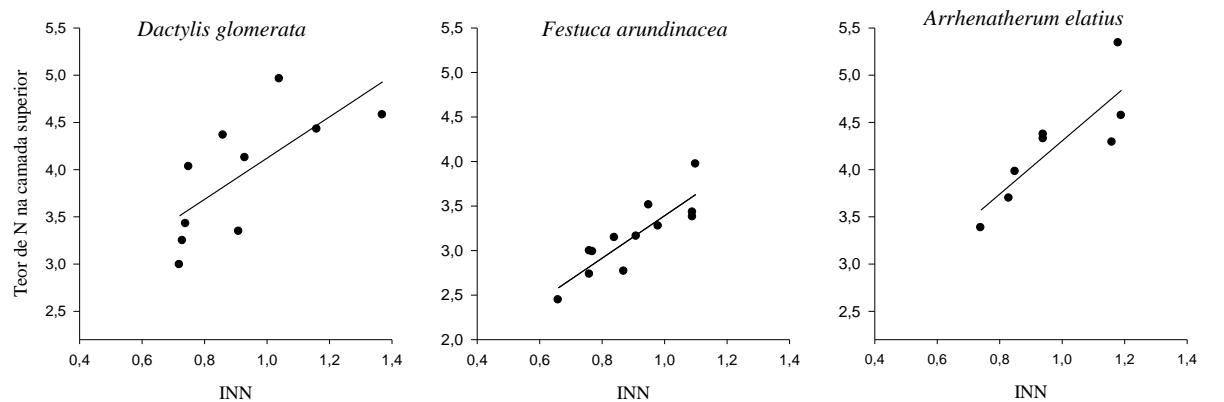
estruturais com baixo teor de N (colmos e material morto). Com o passar do tempo, com a adição de folhas à estrutura, os teores de N na massa aumentaram até alcançar um valor teto, com posterior diluição do N. Além disto, a idade dos perfilhos possivelmente influenciou nesta curva uma vez que este manejo beneficia aumentos na longevidade de perfilhos. Da mesma forma, Bélanger e Ziadi (2008), demonstraram que a concentração crítica de N (Nc) em pastagens mais velhas apresentou menores concentrações de N ($Nc = 37,0 \times W^{-0,35}$, $r^2 = 0,79$), expressa em função da biomassa (W), quando comparadas à pastagens mais jovens ($Nc = 48,0 \times W^{-0,32}$).

5.7.2 Avaliação do INN de gramíneas perenes de inverno cultivadas puras e em consórcio

Métodos para avaliar o *status* de nutrição nitrogenada de plantas individualmente em consórcio de gramíneas são escassos, apesar de existirem alguns trabalhos de consórcio de leguminosas e gramíneas em cultivo em linhas alternadas (CRUZ; SOUSSANA, 1997; SOUSSANA; ARREGUI, 1995). Contudo, uma vez que o INN é relacionado com a biomassa presente na área e em pastagens consorciadas representa o *status* de nutrição da pastagem como um todo, ou seja, de toda a massa de forragem presente na área, quando se cultiva as espécies a lanço, não é possível determinar o estado nutricional das espécies individualmente diretamente pelo INN. Dessa forma, Farruggia, Gastal e Scholefield (2004) propuseram uma metodologia aonde seria possível relacionar o INN com o N presente na camada superior (10 cm superiores do dossel). Um protocolo semelhante foi utilizado no presente experimento a fim de determinar o INN de cada espécie nos pastos consorciados e as regressões lineares entre o INNc e N da camada superior (Figura 4), apresentaram valores de r^2 que variaram de 0,51 até 0,74 com uma dispersão um pouco maior quando comparadas aos dados de Farruggia, Gastal e Scholefield (2004; $r^2 = 0,80$).

Para um dado INNc, o N da camada superior das plantas de festuca foi menor comparado com as outras espécies (Figura 4), o que pode ter sido ocasionado por algumas características intrínseca à própria espécie (Figura 3). Pontes et al. (2012), comparando as mesmas três espécies observaram que as plantas de festuca apresentaram maior duração de vida das folhas e comprimento de folhas, que apresentam relações inversas com teores de N nas folhas e área foliar específica.

Figura 4 - Relação entre INN corrigidos e concentração de N na camada superior dos 10 cm topo do dossel dos pastos de dáctilis, festuca e aveia perene dos pastos em cultivo puro nas diferentes épocas do ano.



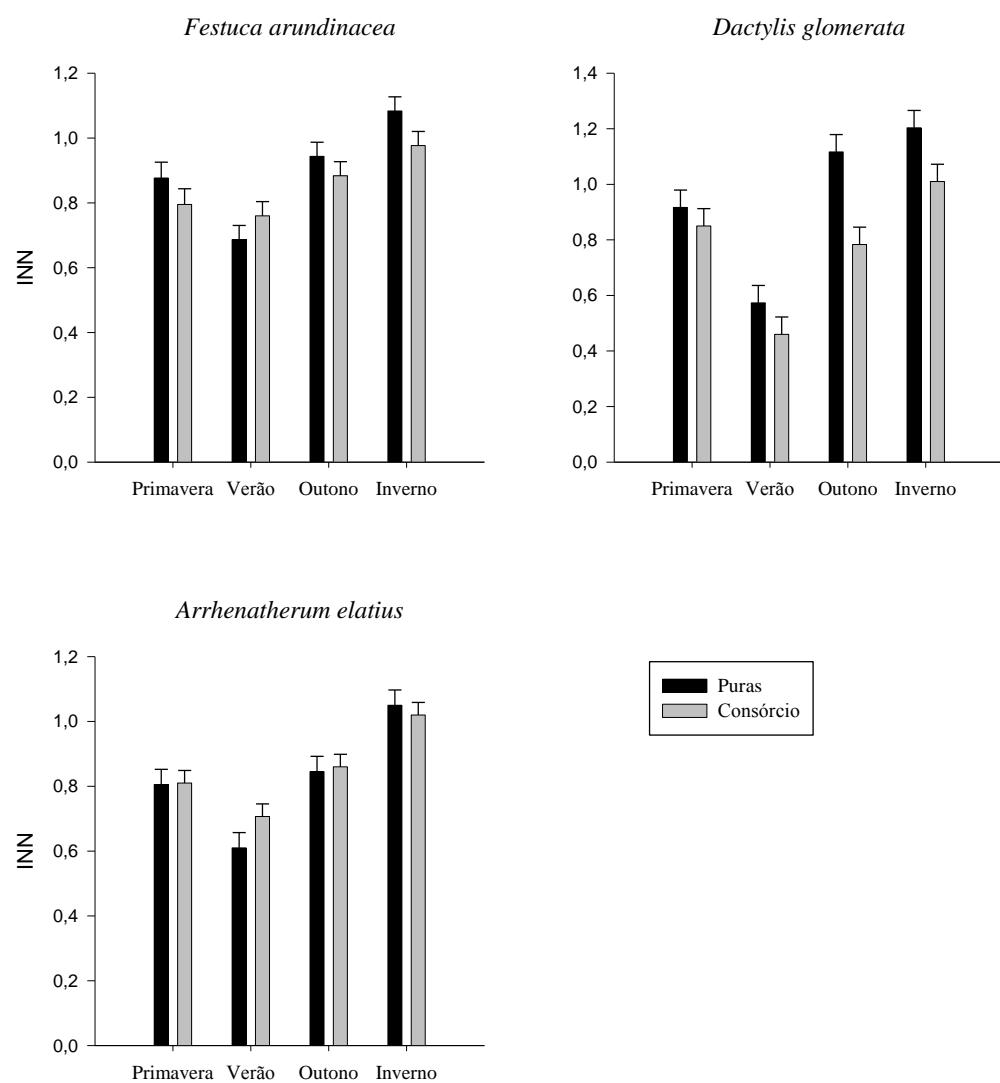
Festuca (●) INN= $((\text{Nsup} - 1,0072) / 2,3840)$ $R^2 0,75$, SEE 0,2134. Dáctilis (●) INN= $((\text{Nsup} - 1,9380) / 2,1833)$ $R^2 0,51$; SEE 0,4905. Aveia (●) INN = $(\text{Nsup} - 1,4843) / 2,8199$ $R^2 0,71$; SEE 0,3470. Fonte: próprio autor

Por meio da regressão linear entre o INNc e o N da camada superior para cada espécie cultivada pura, foi possível calcular o INNc das espécies em consórcio por meio do teor de N da camada superior de cada espécie pura (Figura 5). As plantas de dáctilis foram às únicas que apresentaram interação entre tratamento e época do ano ($P < 0,05$), ocasionada pelo fato de que no outono essa espécie cultivada pura apresentou um INNc superior quando comparada à espécie em consórcio.

Desse modo, o INNc variou apenas em relação às espécies puras e as mesmas em consórcio somente para plantas de dáctilis em um único período de crescimento (outono). No entanto, a competição interespecífica não modificou o teor de N para as plantas de aveia e festuca. Uma possível explicação para este resultado poderia ser o uso de uma mesma altura para todos os tratamentos, não possibilitando assim, que as plantas estivessem sob intensa competição por luz uma vez que a principal razão da diminuição da %N na planta durante o crescimento é determinada pela competição por luz dentro do dossel (Lemaire e Gastal, 1997). Outro fator explicativo é que as espécies se encontravam em estratos semelhantes, resultado do manejo adotado, o que não proporcionou que uma espécie fosse efetivamente dominante e outra suprimida (LEMAIRE et al., 2005). No entanto, no outono as plantas de dáctilis em consórcio apresentaram INNc inferiores ao cultivo puro o que pode ser explicado por 1) alterações ontogênicas neste período, como maior duração de vidas da folha, taxas de senescência altas e perfis mais longevos e 2) o INNc das espécies estarem relacionados com o N da camada superior, e assim, por exemplo, a senescência das folhas ter prejudicado o INNc do consórcio nesta época do ano.

Além disso, o INNc das plantas de festuca foram semelhantes no pastos cultivados puros e no consórcio, o que pode ser explicado por sua característica mais conservadora no uso de recursos, aonde na ausência de adubação nitrogenada e para um mesmo IAF, a fotossíntese bruta do dossel de festuca é de, aproximadamente, 70% das taxas observadas em condições de N não-limitantes (BÉLANGER; GASTAL, 2000). Por outro lado, as plantas de aveia também não alteraram seu INNc no pastos puros e no consórcio, mas a estratégia dessa espécie possivelmente foi diferente, uma vez que a mesma apresenta característica mais competitiva como maior área foliar específica e maior conteúdo de N na folha comparadas a festuca (PONTES et al., 2012).

Figura 5 - Comparação entre o INN (com base nos cálculos da parte superior) das espécies puras com elas em consórcio nas diferentes estações do ano.



Fonte: próprio autor

5.8 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES AGRONÔMICAS

O acúmulo de resíduo de ciclos anteriores é comumente encontrado em pastos submetidos a ambos, lotação contínua e intermitente com baixa severidade, podendo ser um obstáculo no uso da técnica do INN para determinar os *status* de nutrição nitrogenada dos pastos e, no caso do presente experimento, a presença de material morto na massa de forragem foi um fator importante influenciando a diluição do N. Dessa forma, é possível sugerir que o INN seja determinado excluindo o material morto das amostras ou que se possa obter um fator de correção para determinar o INN com a presença desse componente na massa.

O manejo por meio do controle de alturas (cortes realizados abaixo do IAF crítico), realizados por meio de pastejo ou corte pode auxiliar que plantas competidoras e conservadoras possam absorver N e coexistir quando o mesmo não for limitante, uma vez que este manejo permite a entrada e absorção de luz para todas as espécies.

5.10 REFERÊNCIAS

AOAC. **Official methods os analysis**. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1995. 1094 p.

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.

ANTEN, N. P. R.; HIROSE, T. Interspecific differences in above-ground growth patterns result in spatial and temporal partitioning of light among species in a tall-grass meadow. **Journal of Ecology**, v. 87, p. 583–597, 1999.

BÉLANGER, G.; GASTAL, F. Nitrogen utilization by forage grasses. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 80, n. 643, p. 11–20, 2000.

BÉLANGER, G.; ZIADI, N. Phosphorus and Nitrogen Relationships during Spring Growth of an Aging Timothy Sward. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 6, p. 1757–1762, 2008.

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.

COLNENNE, C. et al. Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. **European Journal of Agronomy**, v. 17, n. 1, p. 11–28, 2002.

- CRUZ, P.; SOUSSANA, J. F. Mixed Crops. In: LEMAIRE, G. (Ed.). . **Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops**. Springer V ed. Heidelberg: 1997, 1997. p. 131–144.
- DURU, M.; LEMAIRE, G.; CRUZ, P. Grasslands. In: LEMAIRE, G. (Ed.). . **Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops**. Springer- ed. Heidelberg: 1997, 1997. p. 59–72.
- FAGUNDES, J. L. et al. Acúmulo de forragem em pastos de Brachiaria decumbens adubados com nitrogênio. **Pesquisa agropecuaria brasileira**, v. 40, p. 397–403, 2005.
- FARRUGGIA, A.; GASTAL, F.; SCHOLEFIELD, D. Assessment of the nitrogen status of grassland. **Grass and Forage Science**, v. 59, n. 2, p. 113–120, 2004.
- GASTAL, F. et al. Quantifying crop responses to nitrogen and avenues to improve nitrogen-use efficiency. In: SADRAS, V. O.; DANIEL, C. (Eds.). . **Crop Physiology**. Elsevier ed. Lusignan, France: 2015, 2015. p. 161–206.
- GREENWOOD, D. J. et al. Growth rate and % N of field grown crops: Theory and experiments. **Annals of Botany**, v. 67, n. 2, p. 181–190, 1991.
- JÖNCK, 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.
- KOPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der klimatologie**, Berlim: G. Borntraeger, 1939.
- LEMAIRE, G. et al. Developmental changes in shoot N dynamics of lucerne (*Medicago sativa* L.) in relation to leaf growth dynamics as a function of plant density and hierarchical position within the canopy. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 413, p. 935–943, 2005.
- LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N Uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIRE, G. (Ed.). . **Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops**. Springer V ed. h: 1997, 1997. p. 3–41.
- LEMAIRE, G.; SALETTE, J.,. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I- Etude de l'effet du milieu. **Agronomie**, v. 4, p. 423–430, 1984a.
- LEMAIRE, G.; SALETTE, J.,. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. II- Etude de la variabilité entre génotypes. **Agronomie**, v. 4, p. 431–436, 1984b
- LEMAIRE, G.; JEUFFROY, M. H.; GASTAL, F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage. Theory and practices for crop N management. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 614–624, 2008.
- 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.

LUPATINI, G. C. et al. Produção de bovinos de corte em pastagem de aveia preta e azevém submetida à adubação nitrogenada. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 14, p. 164–171, 2013.

MARTINS, J. D.; RESTLE, J.; BARRETO, I. L. PRODUÇÃO ANIMAL EM CAPIM PAPUÃ (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc). **Ciência Rural**, v. 30, p. 887–892, 2000.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Adubação nitrogenada e partição de massa seca em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, p. 663–667, 2009.

MCKANE, R. B. et al. Resource-based niches provide a basis for plant species diversity and dominance in arctic tundra. **Nature**, v. 415, n. 6867, p. 68–71, 2002b.

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.

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.

PONTES, L. D. S. et al. Impacts of species interactions on grass community productivity under contrasting management regimes. **Oecologia**, v. 168, p. 761–771, 2012.

REICH, P. B. et al. Plant diversity enhances ecosystem responses to elevated CO₂ and nitrogen deposition. **Nature**, v. 410, p. 809–813, 2001.

SOUSSANA, J. F.; ARREGUI, M. C. Impact de association sur le niveau de nutrition azotée et la croissance du ray-grass anglais et du trèfle blanc. **Agronomie**, v. 15, p. 81–96, 1995.