

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARCELI MACCARI

A ALTURA DE DOSSEL E A ADUBAÇÃO NITROGENADA DA
PASTAGEM PODEM AFETAR A NUTRIÇÃO NITROGENADA DO
MILHO, NUM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA?

TESE

PATO BRANCO

2016

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

MARCIELI MACCARI

**A ALTURA DE DOSSEL E A ADUBAÇÃO NITROGENADA DA
PASTAGEM PODEM AFETAR A NUTRIÇÃO NITROGENADA DO
MILHO, NUM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA?**

TESE

PATO BRANCO

2016

MARCIELI MACCARI

**A ALTURA DE DOSSEL E A ADUBAÇÃO NITROGENADA DA
PASTAGEM PODEM AFETAR A NUTRIÇÃO NITROGENADA DO
MILHO, NUM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA?**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus de Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. André Brugnara Soares

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Tangriani Simioni
Assmann

PATO BRANCO

2016

M126a Maccari, Marcieli.
A altura de dossel e a adubação nitrogenada da pastagem podem afetar a nutrição nitrogenada do milho, num sistema de integração lavoura pecuária? / Marcieli Maccari. -- 2016.
120 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. André Brugnara Soares
Coorientadora: Profa. Dra. Tangriani Simioni Assmann
Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2016.
Bibliografia: f. 97 - 107.

1. Fertilizantes nitrogenados. 2. Pastagens - Manejo. 3. Plantas forrageiras. I. Soares, André Brugnara, orient. II. Assmann, Tangriani Simioni, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD (22. ed.) 630

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Tese nº XXX

**A ALTURA DE DOSSEL E A ADUBAÇÃO NITROGENADA DA PASTAGEM
PODEM AFETAR A NUTRIÇÃO NITROGENADA DO MILHO, NUM SISTEMA DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA?**

por

MARCIELI MACCARI

Tese apresentada às 08 horas 00 min. do dia 16 de fevereiro de 2016 como requisito parcial para obtenção do título de DOUTORA EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Carine Lisete Glienke
UFSC

**Prof^a. Dr^a. Denise Adelaide
Gomes Elejalde**
UTFPR

**Prof^a. Dr^a. Tangriani Simioni
Assmann**
UTFPR
Co Orientadora

Prof. Dr. André Brugnara Soares
UTFPR
Orientador

Prof. Dr. Giovani Benin
Coordenador do PPGA

Dedico esta tese ao meu marido (Célio Eugênio da Silva) e meu filho (Moacir Maccari da Silva) que me ensinam todos os dias o valor do aprender e do ensinar.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Marlene e Moacir, pela vida, educação e incentivo. Ao meu marido Célio Eugênio da Silva e meu filho Moacir Maccari da Silva, pela paciência, compreensão e companheirismo que me dedicaram.

Ao orientador Prof. André Brugnara Soares pela sua orientação em fazer e buscar o máximo e nunca estar satisfeito com o mínimo, obrigada pela confiança, oportunidade e orientação acertiva.

A co-orientadora Profa. Tangriani Simioni Assmann pela sua amizade, alegria e otimismo que despertou em mim a confiança no meu trabalho.

Ao Programa do Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior – FUMDES pela concessão do auxílio financeiro.

Aos amigos Carine Lisete Glienke, Marcos de Bortolli e Jorge Jamhour pela grande equipe que formamos durante este período. Nosso profissionalismo, dinamismo e comprometimento foram de fundamental importância para chegarmos a finalização de nossos trabalhos.

A pós doutoranda Denise Alejalde pelo conhecimento e tempo dispensados na análise de dados.

Ao Gispa pela ajuda na execução do trabalho a campo.

A Agropecuária Pacheco, em especial ao proprietário Caetano Pacheco pela confiança, investimento e por acreditar na pesquisa em ILP.

A Unoesc, em especial aos professores Genésio Téo e Claudio Luiz Orço pelo apoio e confiança em mim depositados.

A todos os amigos que torceram por mim nesta longa caminhada que de forma direta ou indireta colaboraram para execução deste trabalho.

“No final, apenas restará o solo como registro da nossa existência”.

RESUMO

MACCARI, Marcieli. A altura de dossel e a adubação nitrogenada da pastagem podem afetar a nutrição nitrogenada do milho, num sistema de integração lavoura pecuária? 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

O trabalho experimental foi conduzido na Fazenda Pacheco, localizada no município de Abelardo Luz-SC, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 com o objetivo de avaliar o efeito da interação da adubação nitrogenada e altura de dossel sobre a nutrição nitrogenada do milho cultivado posteriormente ao cultivo de pastagem. Os dados pertencentes a esta tese são referente aos dois primeiros ciclos produtivos obtidos em pastagem de sorgo forrageiro e papuã (2012/2013), de aveia preta (2013) e produção de milho (2013/2014). Na avaliação das pastagens foi utilizado o mesmo delineamento experimental, sendo composto por blocos completos casualizados em esquema fatorial (2 x 2), com três repetições. O primeiro fator considerado foi altura de dossel (Alta e Baixa) e o segundo fator foi a adubação nitrogenada de cobertura (0 e 200 kg de N.ha⁻¹). Na fase I e II a combinação de fatores avaliadores foram dispostos na mesma unidade experimental. Para a cultura do milho o delineamento foi de blocos completos casualizados em esquema fatorial (2X2X4X6), com três repetições. Os fatores considerados na cultura do milho foram: altura de dossel do pasto (Alta Altura, Baixa Altura), épocas de aplicação de nitrogênio (NG – nitrogênio nos grãos e NP – nitrogênio na pastagem), doses de adubação nitrogenada no milho (0, 100, 200 e 300 kg de N.ha⁻¹) e período (46, 53, 60, 67, 76 e 103 dias após a semeadura do milho). Nas fases I e II, de forma geral a utilização de N na pastagem incrementou o potencial produtivo da pastagem e dos animais e o manejo da altura de dossel alterou a dinâmica dos componentes estruturais e botânicos da pastagem. Em condições de temperaturas baixas por longo período e plantas não aclimatadas a adoção de alta adubação nitrogenada e alta altura de pastejo deixam a pastagem vulnerável aos danos provocados pelo congelamento das plantas. A antecipação da adubação nitrogenada na pastagem afeta positivamente a cultura do milho aumentando a massa seca acumulada e os teores de N na planta. O índice nutricional nitrogenado do milho com a antecipação da adubação na pastagem é adequado para a obtenção de altas produções da cultura em um sistema de integração lavoura pecuária. Quando utilizado o nitrogênio somente em cobertura na cultura do milho o nível de suficiência na nutrição nitrogenada é obtido com a utilização de 100 kg de N.ha⁻¹. Com a utilização de 200 kg de N ha⁻¹ em NG e NP não houve diferença no teor de nitrogênio e no índice nutricional nitrogenado.

Palavras-chave: Adubação residual. Dinâmica do N. Inversão de adubação. Manejo de pastagens. Sistemas integrados de produção.

ABSTRACT

MACCARI, Marcieli. Height canopy and nitrogen fertilization and early nitrogen fertilization on grassland can affect the nitrogen nutrition of corn crop, in integrated crop-livestock system ? 122 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop), Federal University of Technology Paraná. Pato Branco, 2016.

We conducted a field experiment near Abelardo Luz, Santa Catarina, from October 2012 to April 2014, to evaluate the effect interaction of nitrogen fertilization and height of canopy over the N nutrition of corn subsequently grown to pasture. The data belonging to this thesis are related to the first two production cycles obtained in sorghum pasture (2012/2013), oat (2013) and corn crop (2013/2014). In the evaluation of forage sorghum and oat it was used the same experimental design, consisting of randomized complete block in a factorial arrangement (2 x 2) with three replications. The first factor was considered canopy height (Low and High) and the second factor was the fertilization of cover crop pasture (0 and 200 kg N.ha⁻¹). In phase I and II, the combination of factors evaluators were prepared in the same experimental unit. For corn crop the design was a randomized complete block in a factorial design (2X2X4X6) with three replications. Factors considered in corn were: canopy height of pasture (Low and High), nitrogen application times (NG - nitrogen in the grains and NP - nitrogen in pasture), nitrogen fertilization in corn (0, 100, 200 and 300 kg N.ha⁻¹) and time (46, 53, 60, 67, 76 and 103 days after sowing the maize). In phases I and II, in general the use of N in the pasture increased the productive potential of the pasture and animal management and canopy height has changed the dynamics of structural components and botanical pasture. In cold conditions for long periods and not acclimatized plants the adoption of high nitrogen fertilization and height high grazing pasture leave vulnerable to damage caused by the freezing of plants. The anticipation of nitrogen fertilization on pasture positively affects the corn crop by increasing the accumulated dry matter and N content in the plant. Nitrogen nutritional content of corn with the anticipation of fertilization in pasture is suitable for obtaining high crop production in integrated crop-livestock system. When used nitrogen only coverage in corn sufficiency level in the nitrogen nutrition is achieved with the use of 100 kg N.ha⁻¹. With the use of 200 kg N ha⁻¹ NG and NP no difference in nitrogen content and nitrogen nutrition index.

Keywords: Anticipated nitrogen fertilization. Dynamics of N. Fertilization inversion. Pasture management. Integrated production systems

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Dados meteorológicos observados durante o período experimental (outubro/2012 à abril/2014) no município de Abelardo Luz/SC.....29
- Figura 2 – Levantamento planialtimétrico da área experimental. Abelardo Luz – SC.....30
- Figura 3 – Linha do tempo ilustrando os objetivos e épocas de implantação experimental.....31
- Figura 4 – Croqui experimental para as fases I e II com a disposição dos tratamentos.....32
- Figura 5 – Detalhamento do croqui experimental com ênfase a um piquete e a disposição das doses crescentes de nitrogênio aplicado na cultura do milho. Abelardo Luz – SC.....33
- Figura 6 – Alturas de dossel obtidos na pastagem manejada a 30 cm (A) e 60 cm (B) durante o período de pastejo no ano de 2013 (Período 1: 08/02 a 01/03; Período 2: 01/03 a 22/03; Período 3: 22/03 a 12/04).....40
- Figura 7 – Massa de forragem em kg.ha-1 de acordo com os períodos de utilização da pastagem. (Período 1: 08/02 a 01/03; Período 2: 01/03 a 22/03; Período 3: 22/03 a 12/04). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando cada componente diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.....42
- Figura 8 – Proporção de componentes botânicos na pastagem percentual de colmos de sorgo, folhas de sorgo, papuã e material morto na pastagem durante os períodos de utilização (Período 1: 08/02 a 01/03; Período 2: 01/03 a 22/03; Período 3: 22/03 a 12/04). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando cada componente diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.....44
- Figura 9 – Estrutura vertical da pastagem de acordo com os períodos de avaliação (A - Período 1: 08/02 a 01/03; B - Período 2: 01/03 a 22/03; c - Período 3: 22/03 a 12/04).....45
- Figura 10 – Proporção de colmos (A) e material morto (B) na composição da pastagem em função da interação de períodos de avaliação e alturas de dossel (30 cm ou 60 cm). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando altura de dossel dentro do fator período de avaliação, e minúsculas, comparando os períodos de avaliação dentro do fator altura, diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.....46
- Figura 11 – Teor de lignina da simulação manual de pastejo em função da interação de períodos de avaliação e alturas de dossel (30 cm ou 60 cm) (A) e doses de adubação nitrogenada (B). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando alturas de dossel ou doses de adubação nitrogenada dentro de cada período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro do fator altura de dossel (A) ou doses de nitrogênio (B), diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....49
- Figura 12 – Proporção de folhas e material morto em função de alturas de dossel (15 ou 30 cm) e doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha-1). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro do fator altura de dossel, e minúsculas, comparando alturas de dossel dentro do fator doses de adubação nitrogenada diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.....66
- Figura 13 – Massa de forragem em função de períodos de avaliação (Período 1 = 09/07 a 08/08/2013; Período 2 = 09/08 a 06/09/2013) e de doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha-1). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro do fator período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro do fator doses de adubação nitrogenada, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....68
- Figura 14 – Teor de proteína bruta em função de alturas de dossel (15 cm ou 30 cm) e de doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha-1). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro do fator altura de dossel

- e minúsculas, comparando alturas de dossel dentro do fator dose de adubação nitrogenada, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 70
- Figura 15 – Carga animal e ganho de peso animal em função de períodos de avaliação (Período 1 = 09/07 a 08/08/2013; Período 2 = 09/08 a 06/09/2013) e de doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha-1). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro de cada período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro do fator doses de adubação nitrogenada, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 71
- Figura 16 – Ganho de peso animal e ganho médio diário em função de períodos de avaliação (Período 1 = 09/07 a 08/08/2013; Período 2 = 09/08 a 06/09/2013) e alturas de dossel (15 cm ou 30 cm). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando alturas de dossel dentro do fator período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro do fator altura, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 72
- Figura 17 – Ganho médio diário em função de períodos de avaliação (Período 1 = 09/07 a 08/08/2013; Período 2 = 09/08 a 06/09/2013) e doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha-1). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro de cada período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro de doses de adubação nitrogenada, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 73
- Figura 18 – Massa seca acumulada (t.ha-1) e proporção de nitrogênio (%) conforme o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho..... 83
- Figura 19 – Massa seca acumulada (t.ha-1) e proporção de nitrogênio (%) de acordo com as doses de N aplicadas na cultura do milho..... 84
- Figura 20 – Efeito da interação entre alturas de dossel (Baixa Altura – BA e Alta Altura - AA) e épocas de aplicação de adubação nitrogenada (Nitrogênio aplicado somente na cultura - NG e nitrogênio aplicado na pastagem - NP) sobre o acúmulo médio de matéria seca na cultura do milho (t.ha-1). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando altura de dossel dentro do fator épocas de aplicação de nitrogênio, e minúsculas, comparando, épocas de aplicação de nitrogênio dentro do fator altura de dossel diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 85
- Figura 21 – Massa seca acumulada (t.ha-1) de acordo com as doses de N aplicadas na pastagem de aveia preta e dias após semeadura..... 86
- Figura 22 – Percentual de N no milho de acordo com as doses de N aplicadas na pastagem de aveia preta e doses de N aplicados na cultura do milho..... 87
- Figura 23 – Percentual de N no milho de acordo com a altura de dossel da pastagem e doses de N aplicados na cultura do milho..... 88
- Figura 24 – Proporção de N de acordo com as doses de N aplicadas na cultura do milho e desenvolvimento da cultura do milho..... 89
- Figura 25 – Teor de N no milho de acordo com a interação tripla entre dias após semeadura, altura de dossel e doses de nitrogênio aplicadas no milho..... 90
- Figura 26 – Curva de diluição do nitrogênio ($N_{crit} = 3,4MS-0,37$) proposta por Lemaire (1997) de acordo com a altura de dossel: Alto Dossel (A) e Baixo Dossel (B) e doses de adubação nitrogenada..... 91
- Figura 27 – Índice nutricional nitrogenado da cultura do milho submetido a doses de N aplicadas na cultura do milho..... 92
- Figura 28 – Curva de diluição do nitrogênio ($N_{crit} = 3,33MS-0,37$) de acordo com a altura de dossel: Alto Dossel (A) e Baixo Dossel (B) e doses de adubação nitrogenada..... 94

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm antes da semeadura da pastagem..... 36
- Tabela 2 – Dados meteorológicos para a região de Abelardo Luz - SC (INMET).....36
- Tabela 3 – Níveis de significância das causas de variação (altura de pastejo, doses de adubação nitrogenada e período de avaliação) sobre as variáveis massa seca (%), massa de forragem em kg.ha-1, carga animal em kg PV.ha-1 ganho de peso vivo (GPV) em kg.ha-1, ganho médio diário (GMD) em kg.animal-1.dia-1, % de folhas, % de colmos, % de papuã e % de material morto, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro cm (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina em detergente ácido (LDA).....41
- Tabela 4 – Percentual de matéria seca (MS), proteína bruta, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas (FDNcz), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LDA), matéria mineral (MM), hemicelulose, celulose em amostras de simulação manual de pastejo com relação a períodos de avaliação..... 47
- Tabela 5 – Ganho médio diário (GMD) em kg de PV.dia-1, carga animal (CA) em kg de PV.ha-1, ganho de peso animal (GPA) em kg.ha-1, de acordo com os períodos de avaliação da pastagem..... 51
- Tabela 6 – Efeito da interação entre períodos de avaliação, doses de adubação nitrogenada (kg.ha-1) e altura de dossel (cm) sobre o ganho médio diário (GMD) em kg de PV animal-1.....53
- Tabela 7 – Níveis de significância das causas de variação (altura de dossel, doses de adubação nitrogenada e período de avaliação) sobre as variáveis altura real do dossel (cm), % de folhas, % de colmo, % material morto, taxa de acúmulo em kg.ha-1.dia-1 e massa de forragem em kg.ha-1..... 62
- Tabela 8 – Efeito de doses de adubação nitrogenada (kg.ha-1), altura do dossel (cm) e períodos de avaliação sobre a altura real do dossel de aveia preta.....63
- Tabela 9 – Dados meteorológicos para a região de Abelardo Luz - SC (INMET).....63
- Tabela 10 – Percentual de massa seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas, fibra em detergente ácido, lignina, hemicelulose, celulose em amostras de simulação manual de pastejo com relação a períodos de avaliação.....69
- Tabela 11 – Níveis de significância das causas de variação (N = épocas de aplicação de nitrogênio, Alt = altura de dossel, NG = doses de adubação nitrogenada na cultura do milho e DAS = dias após semeadura) sobre as variáveis Massa seca acumulada (kg.ha-1), índice nutricional nitrogenado na cultura milho..... 82

LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

AA	Alta Altura
ADV	Advanta
Alt	Altura
AOAC	Association of Official Analytical Chemistry
Ar	Animais reguladores
At	Animais <i>testers</i>
BA	Baixa Altura
BMR	Brown Midrib
CA	Carga Animal
cm	centímetro
CQFS	Comissão de Química e Fertilidade do Solo
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
D	Dias
DAS	Dias após Semeadura
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	País – Estados Unidos da América
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FDNcz	Fibra em Detergente Neutro corrigido para cinzas
GMD	Ganho Médio Diário
GPV	Ganho de Peso Vivo
ha	hectare
ILP	Integração Lavoura Pecuária
kg	Quilogramas
LDA	Lignina em Detergente Ácido
MM	Matéria Mineral
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
Ncrit	Nitrogênio crítico
NDP	Número de dias do Período
NG	Nitrogênio nos grãos
NP	Nitrogênio na Pastagem
ns	não significativo
PB	Proteína Bruta
Per	Período
PPT	Precipitação Total
PV	Peso Vivo
RNA	Ácido Ribonucleico
SAS	Statistical Analysis System
SC	Unidade da Federação – Santa Catarina
t	tonelada
UR	Umidade Relativa

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
%	Percentual
<	menor
>	maior
Ca	Cálcio
CO ₂	Gás carbônico
K	Potássio
M	Saturação de bases por alumínio
m ²	Metros quadrados
Mg	Magnésio
NH ₄	Amônio
NO ₃	Nitrato
°C	Graus Celsius
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
t	Toneladas
V	Saturação de bases
Σ	Somatório

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 O NITROGENIO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA.....	17
2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA EM PASTAGENS.....	19
2.3 ALTURAS DE DOSSEL.....	23
2.4 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO.....	25
2.5 ÍNDICE NUTRICIONAL NITROGENADO DA CULTURA DO MILHO.....	26
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	29
4 VERÃO 2012/2013 (FASE I): PRODUÇÃO DA PASTAGEM DE SORGO FORRAGEIRO E PAPUÃ ATRAVÉS DO MANEJO DE ALTURAS DE DOSSEL E ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	34
4.1 INTRODUÇÃO.....	34
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.4 CONCLUSÃO.....	54
5 INVERNO 2013 (FASE II): A VIABILIDADE FORRAGEIRA DA AVEIA PRETA SUBMETIDA A INTERAÇÃO ENTRE A ADUBAÇÃO NITROGENADA E ALTURA DE DOSSEL.....	55
5.1 INTRODUÇÃO.....	55
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	56
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.4 CONCLUSÃO.....	74
6 VERÃO 2013/2014 (FASE III): ÍNDICE DE NUTRIÇÃO NITROGENADA DA CULTURA DO MILHO CULTIVADA NUM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA.....	75
6.1 INTRODUÇÃO.....	75
6.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	77
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
6.4 CONCLUSÃO.....	94
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
REFERÊNCIAS.....	97

1 INTRODUÇÃO

A necessidade da produção de alimentos é cada vez mais discutida, pois existe a necessidade imediata de aumentar a oferta de alimentos, mas dentro de considerados limites ecológicos e ambientais. Desde as discussões que ocorreram na Conferência Rio+20 em junho de 2012, até as recentes, final de 2015, em Paris, foram apontadas as principais linhas de atuação para a Agricultura, a fim de buscar a redução da emissão de gás carbônico e outros gases de efeito estufa. Entre elas, os especialistas apontaram que a adoção de sistemas integrados de produção, que envolvem a rotação entre culturas e pastagem na mesma área, pode reduzir a emissão de CO₂ para a atmosfera, aumentando a sustentabilidade dos sistemas agrários e a renda dos proprietários rurais. A redução do impacto ambiental é o grande desafio dos sistemas de produção de alimentos, pois existe a exigência crescente de produtividade, mas estes deverão ser cada vez mais eficientes quanto a utilização dos recursos ambientais. A manutenção do ambiente para as gerações futuras é dependente da correta e eficiente utilização da água, do nitrogênio e do fósforo pois são os nutrientes indispensáveis a produção de alimentos.

Entre as vantagens do sistema de integração lavoura pecuária (ILP), pode-se destacar a redução de plantas invasoras, a quebra de ciclos de doenças, a diminuição dos custos de produção, a maior eficiência de uso dos fertilizantes pela ciclagem mais acelerada de nutrientes e a diversificação de renda ao produtor. Todas essas vantagens são produzidas por relações sinérgicas que ocorrem entre os componentes solo, planta, animal que compõem os sistemas integrados de produção. Entretanto, a sustentabilidade deste sistema depende, principalmente, do entendimento correto do manejo dos componentes, pois o manejo adotado na em qualquer um destes componentes pode afetar indiretamente o solo, a planta e o animal, trazendo sérios riscos para cultura de grãos subsequente.

A maioria das pesquisas realizadas em ILP, são realizadas em experimentos de curta duração. Entretanto, os benefícios deste sistema são observados a longo prazo, principalmente no solo, quando observado o nível de carbono acumulado. Na literatura é inexistente a pesquisa com relação a interação entre altura de dossel e adubação nitrogenada na pastagem e as consequências da

interação entre estes dois fatores sobre os sistemas produtivos.

Em relação aos fatores dos tratamentos, pode-se dizer que estratégias de adubação nitrogenada nos sistemas integrados de produção é um tema muito novo e importante, poucas informações se tem quanto ao momento de aplicação do fertilizante nitrogenado, ou na fase lavoura, ou na fase pastagem, considerando a produtividade de ambas. Esse fator é mais um elemento inovador e de originalidade da presente pesquisa. Quanto ao segundo fator dos tratamentos, a altura de dossel, pode-se dizer que já existe um lastro de informações científicas razoável, no entanto, avaliar os efeitos da possível interação entre esses dois fatores, que são os que mais influenciam a produtividade de uma pastagem, especialmente em ILP a longo prazo, caracteriza a presente pesquisa como muito inovadora e original.

Com as informações geradas nesta pesquisa será possível obter recomendações de manejo para o sistema ILP a fim de maximizar a produção de alimentos (grãos e carne), diminuir os impactos ambientais com a aplicação de adubação nitrogenada e conseqüentemente aumentar a renda do produtor. O objetivo desta tese é avaliar o efeito da interação da adubação nitrogenada e altura de dossel sobre a nutrição nitrogenada do milho cultivado posteriormente ao cultivo da pastagem. Assim, os dados pertencentes deste estudo são referente aos dois primeiros ciclos produtivos obtidos em pastagem de sorgo forrageiro e papuã (verão de 2012/2013) e de aveia preta (inverno 2013) e de um ciclo a cultura do milho (2013/2014). Dessa forma, o trabalho está estruturado na forma de capítulos de modo a apresentar os efeitos dos fatores avaliados ao longo do tempo. No Capítulo 4: referente à fase I (verão 2012/2013), serão apresentados os resultados obtidos na pastagem de sorgo e papuã submetida a alturas de dossel e adubação nitrogenada, no Capítulo 5: referente à fase II (inverno 2013) pastagem de aveia preta submetida aos mesmos fatores que a pastagem de sorgo forrageiro. Nas fases I e II, os tratamentos foram aplicados nas mesmas unidades experimentais. No Capítulo 6: referente à fase III desta tese, serão apresentados os efeitos da adubação nitrogenada e alturas de dossel sobre a nutrição nitrogenada da cultura do milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O NITROGENIO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

O sistema de integração lavoura pecuária é constituído pela sucessão entre o cultivo de grãos e a produção pecuária em uma mesma área, porém contemplando quesitos como rotação de culturas, plantio direto, e uso mais efetivo da terra. De forma mais ampla e sistêmica Franzlubbers et al. (2014), definem o sistema como um multicultivo que visa incorporar no mesmo espaço e tempo culturas graníferas à alta capacidade dos ecossistemas de pastagens para alimentação dos herbívoros domésticos e para a produção de serviços ecossistêmicos essenciais, como o sequestro de CO₂, a fertilidade do solo, qualidade da água e a biodiversidade.

A interação entre os componentes solo, planta e animal e entre as fases de cultivo é o principal diferencial deste sistema, que além da produção de alimentos busca a sustentabilidade ambiental. Os benefícios observados com a implantação deste sistema são melhor utilização dos nutrientes, melhoria da qualidade microbiológica do solo, redução de plantas infestantes, aumento da capacidade produtiva do solo. Tanto em ambientes tropicais, como o Brasil Central, ou temperados, do hemisfério Norte ou Sul, é aceito que a fase pastagem é o mecanismo regenerador do solo, em termos de acúmulo de C, N e diminuição de perdas de solo (LAMOTHE, et al. 2014). Entretanto, para a pesquisa a interação entre os componentes do sistema de pastejo e a cultura de grãos, e o manejo destas interações, constituem desafios significativos para o entendimento e aumento da eficiência de produção neste sistema.

No sistema ILP a utilização do plantio direto como prática agrícola é fundamental para estabelecer a estrutura de solo preconizada. Esta prática segundo ANGUINONI et al. (2013), é responsável por arranjar a estrutura do solo, reestabelecer a biomassa microbiana, aumentar os teores de nutrientes do solo, aumentar o C e o N orgânicos além da CTC, e promover um elevado e contínuo fluxo de nutrientes e de água entre as culturas, diminuindo inclusive as perdas de nutrientes do sistema.

A velocidade de liberação dos nutrientes neste sistema é menor, pois a

decomposição do material vegetal é dependente da interação entre fatores climáticos com a qualidade do resíduo (BOER et al., 2007). No início do período de decomposição os resíduos vegetais com elevada relação C:N podem proporcionar a imobilização microbiana dos nutrientes, principalmente do N presente na palhada, tornando eles indisponíveis para as plantas naquele momento (TEIXEIRA et al., 2009). E a presença de animais no sistema é um catalisador no retorno dos nutrientes ao sistema de produção, provocando o aumento de velocidade de retorno. A deposição constante de fezes, urina no solo e a constante renovação foliar da pastagem aumentam o turnover dos nutrientes no solo assim como a disponibilidade destes mesmos nutrientes para a pastagem e para cultura de grãos cultivada posteriormente.

Entre os nutrientes exigidos pelas plantas o nitrogênio é o que possui maior exigência quantitativa, pois este elemento é integrante das proteínas, enzimas, fitocromos, coenzimas, ácidos nucleicos (DNA e RNA), bases nitrogenadas (TAIZ e ZEIGER, 2004) e também faz parte da clorofila e fitohormônios (BISSANI et al., 2008).

O nitrogênio pode ser adicionado ao solo via fertilizantes nitrogenados (uréia), via adubação orgânica (resíduos animais) ou via fixação biológica de nitrogênio (ASSMANN et al., 2008). A ciclagem de nutrientes, promovida pela matéria orgânica e resíduos de palhada presente no solo é um processo simultâneo de mineralização-imobilização (LEMAIRE et al., 2008). Aproximadamente 95 a 98% do nitrogênio presente no solo está associado a matéria orgânica do solo (COSTA et al., 2006). Por este motivo, em muitas situações onde não ocorre o fornecimento de uma fonte nitrogenada mineral ao solo, o nitrogênio disponibilizado às plantas é originado pelo processo de mineralização da matéria orgânica, limitando altas produções de biomassa pela cultura. A suplementação de N mineral no solo, através da utilização de adubação nitrogenada altera o processo de decomposição dos resíduos orgânicos presentes no solo e a disponibilização de N para a planta. Mesmo aplicando N mineral através da fertilização, Lemaire et al. (2004) destacam que a disponibilização do N para a cultura depende dos processos de mineralização-imobilização e este processo é altamente influenciado pela presença de C orgânico no solo.

O manejo adequado da adubação nitrogenada associada a práticas de manejo animal são práticas que podem melhorar o balanço entre acúmulos e perdas

de C do solo. A manutenção do C orgânico no solo com práticas de manejo de solo definem conjuntamente a produção de biomassa vegetal, ciclagem e eficiência de uso dos nutrientes e a preservação da fauna do solo (LAL, 2001).

2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA EM PASTAGENS

2.2.1 Pastagens Anuais de Verão

A produção animal em pastagens anuais cultivadas é utilizada em sistemas intensivos de produção de carne e leite, a fim de melhorar a qualidade do alimento oferecido ao animal e suprir o déficit de forragem. O sorgo forrageiro tem sido uma espécie muito utilizada pelos pecuaristas que buscam qualidade forrageira e produção de biomassa. A espécie caracteriza-se pelo alto potencial de produção, alto valor nutritivo, tolerância ao estresse hídrico, boa distribuição de produção de forragem, especialmente nas cultivares modernas, menos dependentes do fotoperíodo. Atualmente as empresas melhoradoras de sorgo forrageiro têm promovido programas de melhoramento que permitam não só aumentar os ganhos produtivos desta espécie, mas também melhorar as características bromatológica do material. Assim, tem se investido em híbridos mutantes de sorgo, que possuem menor teor de lignina e maior digestibilidade da MS. As plantas de sorgo mutantes são portadoras da nervura central marrom, comercialmente estes híbridos são denominados de BMR (Brown Midrib). Na literatura brasileira, são encontrados poucos trabalhos que avaliam a produção forrageira quando o sorgo BMR é submetido à adubação nitrogenada, sendo que a maioria dos artigos científicos limita-se a comparar os genótipos de sorgo forrageiros BMR aos que não possuem esta característica mutante Marsallis et al. (2010) e Bean et al. (2013). Neste trabalho foi utilizado como forrageira anual de verão um genótipo de sorgo mutante (BMR), denominado de ADV 2800.

Assim como todas as plantas C4, o sorgo forrageiro apresenta altas taxas fotossintéticas, necessitando de temperaturas superiores a 21 °C, para que ocorra alto crescimento e desenvolvimento (CAMACHO et al., 2002) e também outra característica marcante desta espécie é a alta eficiência no aproveitamento e acúmulo do nitrogênio.

Ao avaliar a produção de sorgo forrageiro BMR, Bean et al. (2013) verificaram produções médias de 17 t de MS.ha⁻¹ e Marsallis et al. (2010) obtiveram em média 21,1 t de MS.ha⁻¹. Já Gontijo Neto et al. (2004), obtiveram aumento linear no teor de carboidratos solúveis na planta, mas os teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e de hemicelulose diminuíram com a aumento dos níveis de nitrogênio em sorgo forrageiro.

Em áreas destinadas ao cultivo de grãos a presença de papuã como planta invasora é frequente. Em sistemas de integração lavoura pecuária esta espécie tem chamado atenção pelo seu alto potencial forrageiro e pesquisas têm demonstrado esta capacidade da espécie (MARTINS et al. 2000; RESTLE et al., 2002; SARTOR, et al. 2011; COSTA, et al. 2011; MENEZES et al. 2014). A capacidade de alta produção de sementes, banco de sementes que permanece muitos anos no solo, alto perfilhamento, qualidade bromatológica, alta produção de forragem são características que estimulam a realização de pesquisas com esta espécie.

Vários autores têm observado o efeito positivo da adubação nitrogenada em forrageiras tropicais; Viana et al. (2011) verificaram em capim brachiária que a adubação nitrogenada aumentou a produção de MS da pastagem e o teor de PB, entretanto os teores de Fibra em Detergente Ácido (FDA), FDN e hemicelulose não foram afetados; Lupatini et al. (1996) ao avaliar a reposta da adubação nitrogenada em milho, observaram resposta linear positiva para produção de MS e PB, nas doses de 0 a 300 kg de N ha⁻¹; também Vitor et al. (2009) verificaram em capim elefante resposta positiva da adubação nitrogenada na produção e digestibilidade da MS quando submetida a doses crescentes de N e irrigação. Quanto a eficiência da utilização no N, Sartor et al. (2011) em pastagem de papuã, verificaram que esta foi mais eficiente na utilização do N quando utilizaram-se doses de até 200 kg de N ha⁻¹.

A qualidade nutricional da planta forrageira é afetada de forma decisiva pela quantidade de carboidratos estruturais presente em sua estrutura. Na avaliação bromatológica estes carboidratos são representados pelo teor de FDA e FDN na MS. Estas frações afetam negativamente a digestibilidade e o consumo da pastagem pelos animais (VAN SOEST, 1994). Segundo este mesmo autor, a adubação nitrogenada pode aumentar a digestibilidade forrageira, através do aumento do conteúdo celular, por outro lado, em forrageiras tropicais, a adubação nitrogenada

proporciona elevado crescimento da planta e lignificação das paredes celulares. Por outro lado, os trabalhos realizados por (GONTIJO NETO et al., 2004; VIANA et al., 2011; VITOR et al., 2009; SARTOR et al., 2011) indicam que com a adubação nitrogenada há aumento dos níveis de nitrogênio e carboidratos, entretanto as frações bromatológicas avaliadas nestes trabalhos não indicam qual a forma destes nutrientes na MS, ou seja, se estes nutrientes apresentam-se na forma de maior ou menor solubilidade, de tal forma, que podem afetar a digestibilidade da MS.

Na literatura são encontrados vários trabalhos que avaliam o sorgo forrageiro, entre eles podemos destacar os trabalhos de Restle et al. (2002); Gontijo Neto et al. (2004); Rodrigues Filho et al. (2006), entretanto estes limitam-se a discutir a resposta da espécie frente a adubação nitrogenada ou ainda comparam as diferenças entre híbridos de sorgo forrageiro, permanecendo uma lacuna grande com relação à dinâmica de produção de forragem baseado na intensidade de pastejo e doses de adubação nitrogenada. E também são escassas as informações sobre o efeito da adubação nitrogenada sobre a composição das frações proteicas e de carboidratos na pastagem, quando as forrageiras são submetidas a estes tratamentos.

2.2.2 Pastagens Anuais de Inverno

No Sul do Brasil a base da alimentação dos animais no final do outono, inverno e até mesmo início da primavera é a pastagem de aveia preta. Esta espécie quando comparada a outras que apresentam o mesmo ciclo, destaca-se pela alta produção de MS e qualidade bromatológica, tornando-a uma excelente forrageira para os períodos mais frios do ano.

A aveia preta apresenta altos níveis de digestibilidade, PB proporcionando alto desempenho animal (ROSO e RESTLE, 2000; ROCHA et al. 2003). Entretanto, quando submetida à adubação nitrogenada, vários trabalhos mostram que a mesma possui potencial para aumentar sua capacidade produtiva e qualitativa.

Ao utilizar 300 kg de N.ha⁻¹, Assmann et al. (2004), obtiveram aumento de 76% na taxa de acúmulo de MS, e aumentos significativos na produção de MS, carga animal e ganho de peso vivo por hectare. Embora, Soares e Restle (2002),

tenham verificado resultados semelhantes quanto à produção de MS e aumento nos teores de PB, os autores verificaram também que a partir de doses de 300 kg de N.ha⁻¹, houve perdas por lixiviação, diminuindo a recuperação e a eficiência de utilização do N.

A adubação nitrogenada também é utilizada como uma forma de antecipar o período de pastejo, diminuindo o vazio forrageiro de outono. O nitrogênio proporciona à planta maior produção de biomassa, maior produção de perfilhos por planta e melhora a qualidade da pastagem, por proporcionar aumento na percentagem de folhas, que é um material de melhor digestibilidade, menos fibroso e mais palatável para os animais, em relação ao colmo (CASSOL et al., 2011).

Em trabalho realizado por Cassol et al. (2011) a adubação nitrogenada aumentou o nível de PB da pastagem e acréscimo significativo na produção de massa seca e na produção de folhas verdes na pastagem. De acordo com Soares e Restle (2002), a concentração de N nas forrageiras de inverno é superior às necessidades dos animais, admitindo que o consumo esteja num nível satisfatório, e este excedente de nitrogênio retorna à pastagem, gerando perdas do elemento no sistema. Por isso, em experimentos que avaliam a recuperação e a eficiência no uso do N em forrageiras, a presença do animal, deve ser considerada.

A utilização do N nos sistemas produtivos ainda é muito discutida, pois a prática envolve além de custos elevados riscos ambientais, pois o nutriente está sujeito a perdas por lixiviação, desnitrificação e volatilização (AMADO et al., 2002). Por isso, é importante que a quantidade de N aplicada nas culturas seja a mais exata possível, minimizando os excessos, que prejudicam a qualidade ambiental e oneram o produtor.

Além da adubação nitrogenada, a intensidade de pastejo e a interação entre estes dois componentes são determinantes para a manutenção sistema. Os herbívoros é um componente das pastagens e seus efeitos no ecossistema podem incluir transformação de formas de nutrientes, de taxas de ciclagem e de disponibilidade de nutrientes decorrentes de respostas das plantas ao pastejo e a ciclagem de N (ASSMANN et al., 2003). O pastejo pode influenciar os processos de mineralização/imobilização de N, facilitar a rápida decomposição de substratos (SINGH et al., 1991) e aumentar a taxa de ciclagem de N resultante da decomposição de urina e fezes (BAUER et al., 1987).

2.3 ALTURAS DE DOSSEL

Para a avaliação da produção animal em pastagens, leva-se em consideração a produção por animal e a produção por área, as quais são diretamente influenciadas pela pressão ou intensidade de pastejo em que a pastagem está sendo submetida (GOMIDE e GOMIDE, 1999). Sendo assim, uma oferta de forragem abaixo da ótima, ou alta intensidade de pastejo, não proporciona a maximização da produção por animal, no entanto, pode subestimar a produção por área que, inicialmente, cresce linearmente com a pressão de pastejo. Na máxima produção por área, a produção por animal é ligeiramente comprometida. Portanto, a pressão de pastejo ótima fica numa faixa que procura obter alta produção por animal e por área em níveis que não degradem a pastagem e o solo.

A adoção de diferentes alturas de dossel possui relação recíproca com a produção animal, visto que a estrutura do relvado influencia no comportamento ingestivo dos animais (HODGSONS, 1985), condicionado a ingestão de forragem e a produção animal.

A utilização de pastejos mais leves, ou lenientes, permitem uma maior área foliar residual e conseqüentemente, uma maior interceptação da luz. Melhores condições físico-químico-biológicas do solo devido a uma maior cobertura, maior senescência, maior teor de matéria orgânica, menor compactação do solo, maior taxa de infiltração da água e menor perda de nutrientes também são observadas em tais situações. Além disso, a maior disponibilidade ou oferta de forragem permite que o animal selecione melhor o alimento colhido, proporcionando melhor desempenho animal e otimização do processo do pastejo (CARVALHO e MORAES, 2005).

As pastagens anuais apresentam ciclos curtos de utilização, usualmente entre 100 e 120 dias, caracterizados por mudanças estruturais rápidas e de forte magnitude (CARVALHO et al., 2010). A consequência da forte variação na estrutura das pastagens anuais é a variação no desempenho dos animais, ainda que a média do desempenho resultante de todo o período de utilização seja sempre elevada. Essa diferença está associada ao decréscimo do valor nutritivo da forragem ofertada (AGUINAGA et al., 2006) e também às mudanças estruturais do pasto que afetam o processo de busca e apreensão da forragem pelo animal em pastejo (CARVALHO et al., 2010).

Em função da grande heterogeneidade na estrutura do pasto, têm sido

realizados trabalhos com manejo de pastagens por meio da altura predeterminada de pastejo em pastagens de clima tropical e temperado (CARVALHO et al., 2010, AGUINAGA et al., 2006; AGUINAGA et al., 2008).

Em pastagens tropicais, Cano et al. (2004) avaliando diferentes alturas de capim Tanzânia, sob pastejo contínuo, observaram que nas alturas de 40 e 50 cm a pastagem apresentou as melhores respostas de composição morfológica, garantido boa massa de lâminas foliares verdes, de massa de forragem verde; e as alturas de 20 e 80 cm não devem ser recomendadas para o manejo de capim Tanzânia quando o objetivo for produção de forragem com valor nutritivo em quantidade. Já Canto et al. (2002), obteve maior produção animal em capim Tanzânia quando o pasto foi manejado de 40 a 60 cm.

Quando avaliadas as alturas de pastejo em pastagem de sorgo forrageiro, em trabalho recente realizado por Fonseca et al. (2012), foram obtidas altas taxas de consumo de forragem quando a pastagem foi pastejada a 50 cm de altura, entretanto, quando esta pastagem era rebaixada a 40% da altura original, o consumo de MS era reduzido. Neste mesmo trabalho, foi avaliada a composição botânica dos dosséis em diferentes alturas de pastejo, podendo ser observado que a estrutura dos dosséis pastejados a alturas superiores a 60 cm apresentaram menores proporções de folhas e densidade de massa de forragem; e nas alturas de pastejo menores que 50 cm a proporção de colmos aumentou enquanto que a proporção de lâminas foliares diminuiu, estabelecendo aproximadamente 60% de lâminas foliares e 40% de colmos na pastagem.

Em trabalho realizado por Carvalho et al. (2010), foram avaliadas diferentes alturas (10, 20, 30 e 40 cm), em pastejo contínuo em aveia e azevém, foi possível verificar que a massa de forragem aumentou linearmente com a altura do pasto: cada 1 cm de aumento na altura acima de 10 cm correspondeu a um acréscimo de cerca de 107 kg de MS.ha⁻¹ na massa de forragem. Grise et al. (2001), avaliando aveia preta mais ervilha forrageira sob pastejo obteve altos teores de digestibilidade in vitro da matéria seca, quando as plantas apresentavam alturas de aproximadamente 18 cm. Aguinaga et al. (2008), nas alturas entre 25 e 35 cm de altura verificaram que a massa de forragem de aveia e azevém apresentou-se constante ao longo do período de utilização. Quanto ao desempenho animal, Lopes et al. (2008), obtiveram maiores desempenhos individuais na pastagem de aveia e azevém quando a altura de pastejo foi de 25 a 30 cm de altura.

Embora, muito estudada na literatura, ainda são escassos os trabalhos que consigam avaliar a interação entre a adubação nitrogenada e intensidades de pastejo, avaliando as variáveis de produção de forragem e de produção animal. Com o aumento do regime de desfolhação, de duas a cinco folhas completamente expandidas e adubação nitrogenada Martuscello et al. (2005) verificou incrementos na ordem de 135 a 191 g de MS/vaso, respectivamente. Segundo os autores a realização de repetidas desfolhações provoca a redução da capacidade de absorção do N, pela redução da biomassa das raízes. Dessa forma em intensidades de pastejo mais severas a pastagem é dependente da maior disponibilização de N a planta.

2.4 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO

O nitrogênio é o nutriente de maior demanda na cultura do milho, estima-se que a cultura requer aproximadamente 20-28 kg de N.ha⁻¹ para a produção de uma tonelada de grãos de milho. Este nitrogênio pode ser proveniente de restos vegetais, excretas animais ou de adubação mineral. Nos sistemas convencionais de cultivo do milho, a quantidade de matéria orgânica presente no solo e a expectativa de rendimento da cultura são utilizados para determinar a quantidade de nitrogênio aplicado à cultura. Além destes parâmetros, a disponibilidade de nutrientes contidos nos resíduos vegetais e a quantidade de N aplicado na pastagem são considerados para avaliar a necessidade de N para a cultura num sistema ILP. Desse modo a adubação nitrogenada não é realizada somente considerando a demanda da cultura, mas considerando a demanda de nutrientes no sistema de produção ao qual está inserida.

Na cultura do milho, as épocas de maior demanda nutricional e principalmente do nitrogênio ocorre nos estágios vegetativos de V6 a V8. Este período é caracterizado por intenso crescimento das raízes e alongamento dos entrenós (WEISMANN, 2008). Esta alta demanda por nitrogênio, neste período ocorre porque este nutriente compõem as enzimas, coenzimas, clorofila, sendo o elemento fundamental para o crescimento e desenvolvimento da planta (RAIJ, 1991).

Preconiza-se cinco preceitos básico do ILP para obtenção de alta

produtividade animal e vegetal que são: correção da acidez e fertilidade do solo, uso do sistema plantio direto, rotação de culturas, uso de genótipos de vegetais melhorados e o manejo correto da pastagem antecedente, a fim de garantir a cobertura de solo com resíduos vegetais provenientes da pastagem (ALVES, 2015). Ao comparar a produção de grãos em ILP, Assmann et al. (2003); Sandini, et al. (2011); Balbinot Junior, et al. (2011), obtiveram produções de grãos superiores ou semelhantes ao sistema convencional de cultivo de grãos. No sistema ILP a produção de grãos aliada à produção pecuária possibilita incremento na receita da propriedade e estabilidade de renda ao produtor rural.

A alta exigência de N e a grande capacidade responsiva da cultura do milho à aplicação de fertilizantes nitrogenados tem elevado o custo de produção da cultura do milho como também tem aumentado os riscos de contaminação ambiental por íons de nitrato e amônio. Por isso, para uma correta nutrição nitrogenada da cultura do milho é importante levar em consideração que tanto o excesso quanto a deficiência poderão prejudicar a cultura e o ambiente.

O manejo da adubação nitrogenada é algo complexo, pois no solo a disponibilidade de N é governada pelos processos de mineralização, imobilização, lixiviação, nitrificação, volatilização, desnitrificação e imobilização. A absorção de N pelas plantas é normalmente realizado através dos íons NO_3 e NH_4 , mas esta absorção é regulada não somente pela disponibilidade destes nutrientes no solo como também pela taxa de crescimento da planta (GASTAL E LEMAIRE, 2002).

2.5 ÍNDICE NUTRICIONAL NITROGENADO DA CULTURA DO MILHO

O nitrato do solo vem sendo estudados desde 2002 na University of New Jersey - EUA, a fim de estudar o manejo da adubação nitrogenada, mas desde então a aplicação e a validação desta técnica é limitada pelo alto custo, tempo e trabalho dispendidos nos locais a serem testados (HECKMAN, 2002).

O teor de matéria orgânica do solo, a clorofila e o nitrato no suco celular são parâmetros indicados para a inferir de modo indireto a condição da nutrição nitrogenada pela cultura. Na prática a maior parte dos produtores rurais e técnicos de campo têm realizado a aplicação de N nas culturas de forma empírica, com base na expectativa de produção da cultura.

Gastal e Lemaire (2002) propõem que a nutrição nitrogenada de plantas cultivadas seja tratada através de uma abordagem mais dinâmica, pois os processos de disponibilidade de N no solo, absorção e distribuição de N na planta, geram crescimento e desenvolvimento e estão permanentemente interligados. Por isso, o conceito de concentração crítica de N tem se desenvolvido em várias culturas a fim de quantificar de forma precisa o status nitrogenado ao longo do desenvolvimento vegetativo.

Lemaire e Salette (1984), desenvolveram a curva de diluição crítica do N com o objetivo de realizar o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado. Nesta metodologia é obtido o estado da nutrição nitrogenada em vários momentos do crescimento da planta, sendo possível verificar a concentração mínima de N que proporciona a máxima produção de massa seca da parte aérea. Este método permite distinguir três situações nutricionais: deficiência de N, excesso de N (consumo de luxo) e nutrição nitrogenada ótima.

Segundo as pressuposições do modelo matemático proposto quando os teores de N estiverem acima da curva de diluição calculada para a espécie, a planta está bem suprida e pode estar tendo um consumo considerado “de luxo” e o nitrogênio não é limitante ao crescimento da planta o que a faz produzir satisfatoriamente. Contudo, quando as porcentagens de nitrogênio obtidas estiverem abaixo do calculado, conforme o mesmo acúmulo de biomassa, a planta é limitada a expressar sua máxima produção. Então, se as condições de clima e solo estiverem dentro do satisfatório para o crescimento e desenvolvimento da planta, diagnósticos podem ser feitos deduzindo como o N sendo o fator limitante à produção massa seca (SARTOR et al. 2014).

A concentração de N na parte aérea das plantas diminui à medida que a planta acumula MS (LEMAIRE e GASTAL, 1997). Lemaire e Salette (1984) propuseram modelos matemáticos que correlacionam a produção de MS e o teor de nitrogênio na planta de acordo com a espécie vegetal (C3 ou C4). Os dois modelos propostos refletem a diferença na assimilação do gás carbônico, que estão associadas às diferenças na anatomia das folhas das espécies vegetais.

$$C3 - N\% = 4,8(MS) - 0,32 \quad (1)$$

$$C4 - N\% = 3,4 (MS) - 0,37 \quad (2)$$

Vários autores já tem determinado o status da nutrição nitrogenada para várias culturas: Colnenne et al. (1998) determinou especificamente em colza; Plénet e Lemaire (2000) para a cultura do milho em sistema convencional de cultivo; Herrmann e Taube (2004) para o milho com adubação orgânica; Ziadi et al. (2010) para o trigo; Coelho et al. (2013) para a cultura da batata.

A planta em si só, segundo Li et al. (2012), é o melhor indicador para o fornecimento de N a partir do resultado de taxas de acúmulo de massa seca no período de crescimento. Esta nova ferramenta, que tem embasamento no INN, proposta por estes autores, poderá configurar como uma das poucas disponíveis para um diagnóstico precoce da condição da nutrição nitrogenada da cultura.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi conduzida no período de outubro de 2012 a abril de 2014 na propriedade do Sr. Caetano Pacheco, localizada no município de Abelardo Luz-SC. A área experimental encontra-se localizada entre as coordenadas de 26°31,7' Sul e 15°35,7' Oeste, e elevação de aproximadamente 850 metros. O clima da região é classificado como Cfb (subtropical úmido), segundo classificação de Köppen (OMETTO, 1981). Os dados meteorológicos registrados para o município de Abelardo Luz/SC, durante o período experimental, são apresentados na Figura 1.

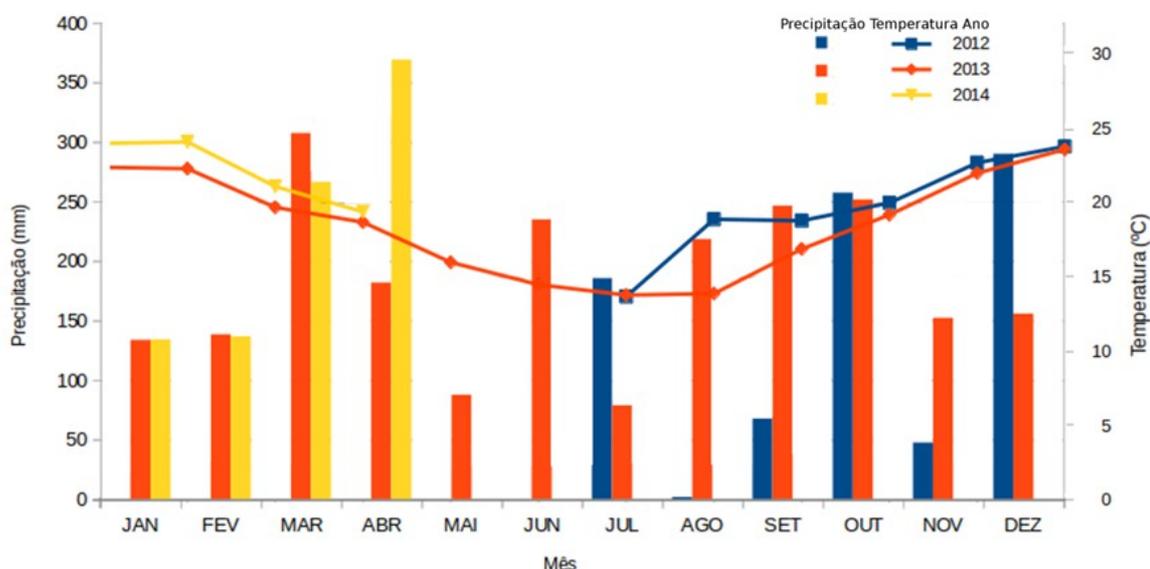


Figura 1 – Dados meteorológicos observados durante o período experimental (outubro/2012 à abril/2014) no município de Abelardo Luz/SC.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2014); Agência Nacional de Águas (2014).

O solo da área experimental pertence a unidade de mapeamento Latossolo bruno, apresentando relevo levemente ondulado de textura argilosa (EMBRAPA 2013). O levantamento planialtimétrico da área onde foi implantado o experimento é apresentado na Figura 2.

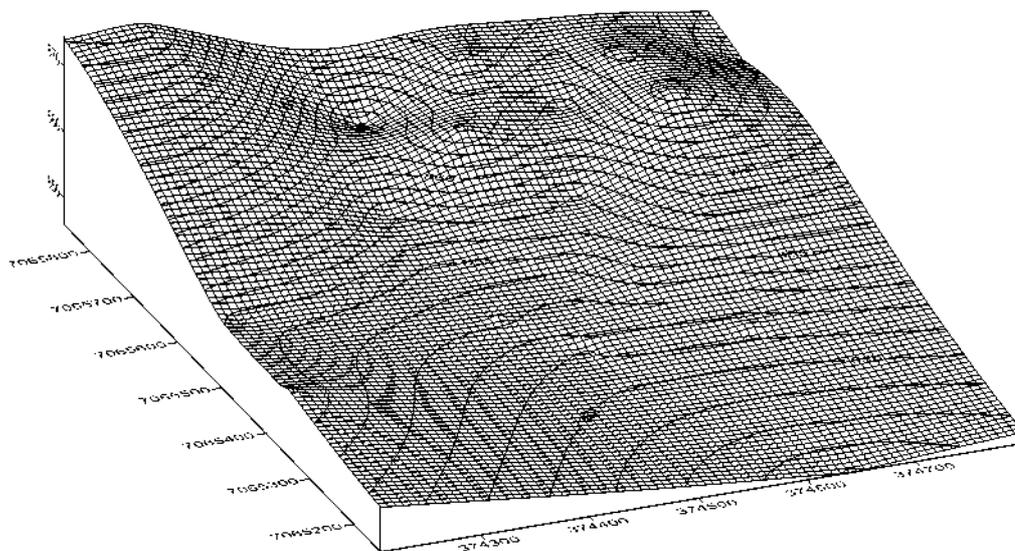


Figura 2 – Levantamento planialtimétrico da área experimental. Abelardo Luz – SC.

Em outubro de 2012, iniciou-se a pesquisa de integração lavoura pecuária, a fim de avaliar um sistema de produção integrada de longo prazo de duração. Esta tese é composta pelos três primeiros ciclos produtivos deste sistema que serão descritos em fases. Na fase I foi implantada a pastagem de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) e papuã (*Urochoa Plantaginea*) e na fase II a aveia preta (*Avena strigosa*); e na fase III foi realizado o cultivo do milho (*Zea mays*). Na Figura 3 é representada a linha do tempo ilustrando os objetivos de cada fase experimental desta tese.

FASE I PASTAGEM DE SORGO E PAPUÃ Avaliar a produção animal em pastagem de sorgo e papuã submetida a interação entre adubação nitrogenada (0 e 200 kg de N.ha ⁻¹) e altura de dossel (30 e 60 cm)	FASE II PASTAGEM DE AVEIA PRETA Avaliar a produção animal em pastagem de aveia preta submetida a interação entre adubação nitrogenada (0 e 200 kg de N.ha ⁻¹) e altura de dossel (15 e 30 cm)	FASE III MILHO GRÃO Estudar o índice de nutrição nitrogenada da cultura do milho cultivada num sistema de integração lavoura pecuária.
2012/2013 VERÃO	2013 INVERNO	2013/2014 VERÃO

Figura 3 – Linha do tempo ilustrando os objetivos e épocas de implantação de cada fase experimental.

Na área experimental, foram construídos 12 piquetes que totalizavam 142.178,1 m². Nas fases I e II os piquetes constituíram as unidades experimentais. Adjacente aos piquetes foram utilizados 10 ha para manutenção dos animais reguladores da altura do dossel da pastagem. A área dos piquetes foi determinada de acordo com os tratamentos, variando de 10.727,12 m² a 12.973,55 m² (Figura 4). Foi aplicado a mesma combinação de fatores em cada piquete nas fases I e II. Os fatores avaliados nas fases I e II eram compostos por níveis de adubação nitrogenada e alturas de dossel. A adubação nitrogenada foi composta por 0 e 200 kg de N.ha⁻¹ nas duas fases experimentais. Na altura de dossel procurou-se estabelecer duas alturas contrastantes denominando-as de Alta Altura de Dossel e Baixa Altura de Dossel. As alturas de dossel adotadas para a pastagem de sorgo foi de 30 e 60 cm e para a pastagem de aveia preta 15 e 30 cm (Figura 4).

Nas fases I e II o delineamento experimental adotado foi de blocos completos casualizados em esquema fatorial (2 X 2), com três repetições. O primeiro fator considerado foi a altura do dossel (Alta ou Baixa). O segundo fator foi constituído pela adubação nitrogenada em cobertura (0 e 200 kg de N ha⁻¹).

Bloco 3		Bloco 2		Bloco 1	
Piquete 6 10.727,2 m ² Dossel Sorgo: 30 cm Aveia: 15 cm 200 kg N.ha ⁻¹	Piquete 5 12.867,16 m ² Dossel Sorgo: 60 cm Aveia: 30 cm 0 kg N.ha ⁻¹	Piquete 4 11.847,51 m ² Dossel Sorgo: 30 cm Aveia: 15 cm 0 kg N.ha ⁻¹	Piquete 3 11.828,82 m ² Dossel Sorgo: 60 cm Aveia: 30 cm 200 kg N.ha ⁻¹	Piquete 2 11.701,76m ² Dossel Sorgo: 30 cm Aveia: 15 cm 200 kg N.ha ⁻¹	Piquete 1 11.892,36 m ² Dossel Sorgo: 60 cm Aveia: 30 cm 0 kg N.ha ⁻¹
CORREDOR DE ACESSO AOS ANIMAIS					
Piquete 7 11.881,21m ² Dossel Sorgo: 30 cm Aveia: 15 cm 0 kg N.ha ⁻¹	Piquete 8 11.909,26 m ² Dossel Sorgo: 60 cm Aveia: 30 cm 200kg N.ha ⁻¹	Piquete 9 10.795,03 m ² Dossel Sorgo: 30 cm Aveia: 15 cm 200 kg N.ha ⁻¹	Piquete 10 12.973,55 m ² Dossel Sorgo: 60 cm Aveia: 30 cm 0 kg N.ha ⁻¹	Piquete 11 11.881,41 m ² Dossel Sorgo: 60 cm Aveia: 30 cm 200 kg N.ha ⁻¹	Piquete 12 11.872,83 m ² Dossel Sorgo: 30 cm Aveia: 15 cm 0 kg N.ha ⁻¹

Figura 4 – Croqui experimental para as fases I e II com a disposição dos tratamentos

Na fase III, foi realizado o cultivo do milho na área experimental utilizando doses de adubação nitrogenada (0, 100, 200 e 300 kg de N.ha⁻¹) na forma de parcelas dentro de cada piquete conforme Figura 5.

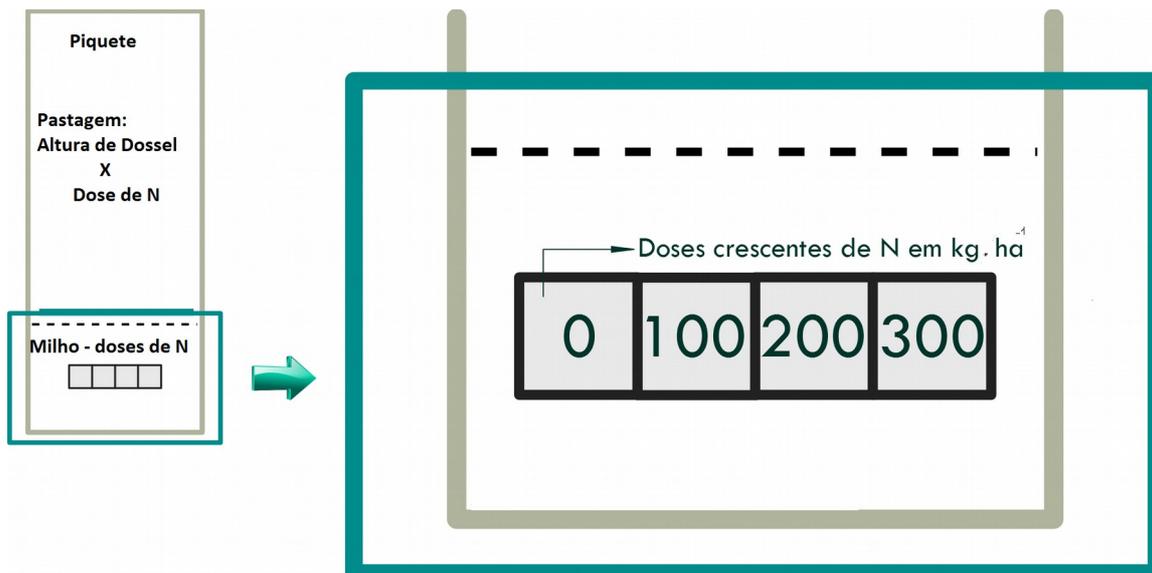


Figura 5 – Detalhamento do croqui experimental com ênfase a um piquete e a disposição das doses crescentes de nitrogênio aplicado na cultura do milho. Abelardo Luz – SC.

Na fase III o delineamento experimental foi também de blocos ao acaso, tetrafatorial ($2 \times 2 \times 4 \times 6$) com três repetições de área. Foram considerados os fatores altura de dossel da pastagem (AA - Alta Altura e BA - Baixa Altura), adubação nitrogenada aplicada na pastagem (0 e 200 kg de $N \cdot ha^{-1}$), doses de N aplicadas no milho (0, 100, 200 e 300 kg de $N \cdot ha^{-1}$) e dias após semeadura do milho (46, 53, 60, 67, 76 e 103).

4 VERÃO 2012/2013 (FASE I): PRODUÇÃO DA PASTAGEM DE SORGO FORRAGEIRO E PAPUÃ ATRAVÉS DO MANEJO DE ALTURAS DE DOSSEL E ADUBAÇÃO NITROGENADA

4.1 INTRODUÇÃO

A produção animal em pastagens anuais cultivadas é utilizada em sistemas intensivos de produção de carne e leite, a fim de melhorar a qualidade do alimento oferecido ao animal e suprir a deficiência de forragem. O crescimento das plantas forrageiras é influenciado por fatores genéticos e por fatores edafoclimáticos (temperatura, luminosidade, disponibilidade de água e nutrientes). Entre os nutrientes, podemos destacar o nitrogênio como o de maior exigência quantitativa, pois este elemento é integrante das proteínas, enzimas, fitocromos, coenzimas, ácidos nucleicos (DNA e RNA), bases nitrogenadas e também faz parte da clorofila e fito-hormônios.

O sorgo forrageiro, entre as gramíneas anuais de verão, tem muito utilizada pelos pecuaristas que buscam qualidade forrageira e produção de biomassa. A espécie caracteriza-se pelo alto potencial de produção, alto valor nutritivo, tolerância ao estresse hídrico. Nas áreas de lavoura a presença de papuã é comum sendo considerada uma importante invasora das culturas do milho e soja e também de espécies anuais forrageiras. A alta produção de sementes, as características nutricionais e a alta capacidade de perfilhamento da espécie tem estimulado a pesquisa para utilização desta espécie como forrageira (MARTINS et al., 2000, RESTLE et al., 2002, SARTOR et al., 2011, COSTA, et al., 2011; MENEZES et al., 2014). Em sistemas de integração lavoura pecuária, a possibilidade de utilização do papuã juntamente com espécies anuais poderá compor uma alternativa de baixo custo e de fácil implantação.

Nos sistemas de pastejo o manejo do dossel e da adubação nitrogenada são práticas que determinam a produção forrageira e a eficiência da utilização dos nutrientes do solo. Para avaliação deste sistema a estrutura do dossel forrageiro pode ser avaliada através da descrição de altura, quantidade de folhas, relação folha/colmo, as quais indicam as condições potenciais para os animais exercerem a seleção, colherem a forragem e produzirem (COSTA et al. 2011).

A adoção de diferentes alturas do pasto possui relação recíproca com a

produção animal, visto que a estrutura do relvado influencia no comportamento ingestivo dos animais (HODGSONS, 1985), condicionando a qualidade, ingestão de forragem e a produção animal. Em função da grande heterogeneidade na estrutura do pasto, têm sido realizados trabalhos com manejo de pastagens por meio da altura predeterminada de pastejo em pastagens de clima tropical e temperado (CANTO et al.; 2002; AGUINAGA et al., 2006; AGUINAGA et al., 2008; CARVALHO et al., 2010).

Em pesquisas de longa duração, a altura de dossel e a adubação nitrogenada, são fatores avaliados separadamente, não havendo pesquisas que estudem o efeito da interação entre estes dois fatores sobre os componentes do sistema de pastejo (solo, planta, animal) a longo prazo. Diante do exposto, este trabalho foi baseado na hipótese de que existe efeito a interação entre alturas de dossel e adubação nitrogenada, sobre a produção de novilhos de corte, características produtivas e qualitativas de uma pastagem de sorgo forrageiro e papuã.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O delineamento experimental adotado foi de blocos completos casualizados em esquema fatorial (2 X 2), com três repetições. O primeiro fator considerado foi a altura do dossel (30 ou 60 cm). O segundo fator foi constituído pela adubação nitrogenada em cobertura (0 e 200 kg de N ha⁻¹). Dessa forma o experimento foi composto por 4 tratamentos:

- Dossel forrageiro com 30 cm e 200 kg de N.ha⁻¹ em cobertura;
- Dossel forrageiro com 30 cm e 0 kg de N.ha⁻¹ em cobertura;
- Dossel forrageiro com 60 cm e 200 kg de N.ha⁻¹ em cobertura;
- Dossel forrageiro com 60 cm e 0 kg de N.ha⁻¹ em cobertura.

A área foi dessecada para implantação do experimento no dia 15/10/2012 utilizando herbicida (Glyfosate) na dosagem de 900 g de ingrediente ativo por hectare. A semeadura do sorgo (*Sorghum bicolor*) foi realizada no dia 07/11/2012 em sistema plantio direto, utilizando uma semeadoura adubadora. Foi utilizado o híbrido ADV 2800 (bmr), com população de 450.000 plantas.ha⁻¹. Para a pastagem de papuã (*Urochloa plantaginea*), foi utilizado o banco de sementes da área.

A adubação de base utilizada na semeadura do sorgo foi realizada

conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2004), a partir dos resultados de análises de solo (Tabela 1) realizada em amostras retiradas na camada de 0 a 20 cm, antes da implantação do experimento. Foram utilizados 530 kg do adubo NPK (08-20-20), correspondendo a 42,4 kg de N ha⁻¹, 106 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 106 kg de K₂O ha⁻¹.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm antes da semeadura da pastagem.

Bloco	M.O.	P	K	Ca	Mg	pH	CTC	V	M
	g dm ⁻³	----mg dm ⁻³ ----		-----Cmol _c -----		(CaCl ₂)		%	%
1	50,90	3,84	89,93	5,24	3,67	5,30	14,15	64,59	0,00
2	37,50	3,47	70,38	4,69	3,24	5,20	13,46	60,25	0,00
3	46,90	4,96	97,75	1,18	0,90	5,10	6,94	33,57	2,92
Média	45,10	4,09	86,02	3,70	2,60	5,20	11,52	52,80	0,97

M.O.: Matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; pH: potencial hidrogeniônico; CTC: capacidade de troca de cátions; V%: Saturação de bases e M%: Saturação por alumínio.

Na tabela 2 está apresentada a precipitação que ocorreu durante o período em que o trabalho estava em execução, durante os meses de outubro de 2012 a abril de 2013, segundo o banco de dados do INMET.

Tabela 2 – Dados meteorológicos para a região de Abelardo Luz - SC (INMET).

Precipitação	Meses						
	Out/12	Nov/12	Dez/12	Jan/13	Fev/13	Mar/13	Abr/13
Normal climatológica	163,8	158,2	151,1	142,4	173,4	103,4	106,4
Precipitação ocorrida	257,3	47,4	289,9	133,6	138,3	307,4	181,7

A fim de estabelecer as alturas de dossel pretendidas que eram de 30 cm e 60 cm, foi realizado o rebaixamento do dossel através de pastejo no dia 20/12/2012. Nesta data o dossel estava com aproximadamente 90 cm de altura. Para uniformizar as alturas de dossel nos piquetes e assegurar o contraste entre as alturas do dossel pretendidas (30 e 60 cm) foi realizada uma roçada mecanizada a 50 cm de altura no dia 15/01/2013. Nesta data a pastagem estava com aproximadamente 80 cm de altura. Após este procedimento, realizou-se a adubação nitrogenada em cobertura utilizando 200 kg de N.ha⁻¹, na forma de uréia (45% de N) nos piquetes correspondentes. Todos os animais foram retirados da área, para a realização da roçada e da adubação, sendo novamente alocados nos piquetes no dia 08/02/2013.

O período de avaliação da pastagem e dos animais ocorreu em

08/02/2013 até 12/04/2013, totalizando 65 dias. O período experimental foi dividido em 3 períodos de 21 dias (período 1: 08/02 a 01/03/2013; período 2: 01/03 a 22/03/2013; e período 3: 22/03 a 12/04/2013).

O método de pastejo foi o de lotação contínua com taxa de lotação variável (MOTT e LUCAS, 1952) usando novilhos cruzados entre as raças Nelore e Charolês e peso vivo de aproximadamente 319 kg, com desvio padrão de aproximadamente 34 kg. Cada unidade experimental (piquete) contou com 3 animais *testers* e um número variável de animais reguladores da altura do dossel. A cada 21 dias os animais foram presos em curral para jejum de sólidos e líquidos de cerca de 12 horas, para sua pesagem, a fim de calcular a carga animal e o ganho de peso. A entrada e saída dos animais reguladores da pastagem foi dependente da distância entre o valor real de altura do dossel e o valor preconizado para cada altura.

4.2.1 Variáveis Estudadas

As variáveis independentes foram compostas por duas alturas do dossel forrageiro e duas doses de adubação nitrogenada e as variáveis dependentes avaliadas foram: altura de dossel, composição botânica da pastagem, massa de forragem, produção animal e composição bromatológica da forragem aparentemente ingerida pelos animais.

4.2.1.1 Altura do dossel

A altura do dossel foi determinada nas unidades experimentais, utilizando-se régua graduada em centímetros, sendo medidos 20 locais aleatórios por piquete a cada 3 dias. A altura em cada ponto correspondeu à distância média entre a base do solo e o topo do dossel forrageiro. A altura foi manejada através da entrada e saída dos animais reguladores a fim de manter a altura real mais próxima possível das alturas pretendidas, e obter o contraste entre as alturas pretendidas.

4.2.1.2 Composição estrutural do dossel

A avaliação dos componentes morfológicos em cada estrato vertical da pastagem foi realizada por meio da coleta de duas amostras representativas por piquete. Foi realizado o corte da forragem rente ao solo (0 cm), em área delimitada por uma moldura metálica de 0,405 m² (0,45 m x 0,90 m). Os cortes foram realizados a cada 15 cm de altura a partir do solo. Todo material cortado em cada estrato foi coletado cuidadosamente para realização da pesagem e separação das frações morfológicas do pasto.

As amostras de forragem foram separadas manualmente nas frações: lâmina foliar de sorgo, colmo de sorgo (colmos e bainhas), material morto e papuã. Estes componentes foram pesados e secados em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C até peso constante. Os valores dos componentes foram expressos como proporção (%) da massa de forragem.

4.2.1.3 Massa de forragem

A massa de forragem (kg de MS.ha⁻¹) foi estimada a cada 21 dias, com a coleta de três amostras representativas de forragem em cada piquete. Foi realizado o corte da forragem rente ao solo (0 cm), em área delimitada por uma moldura metálica de 0,25 m². O material cortado foi embalado em sacos de papel Kraft, levado ao laboratório e pesado em balança de precisão de 0,01 grama para a obtenção do peso fresco. Posteriormente, o material foi seco em estufa com circulação de ar forçada a 55 °C até massa constante, e novamente pesado. A massa de forragem foi expressa em kg de MS.ha⁻¹.

4.2.1.4 Desempenho e produção animal

O ganho médio diário (GMD) dos animais *testers* foi obtido pelas diferenças entre pesagens realizadas no início e final de cada período experimental, dividindo este valor pelo número de dias em que os animais permaneceram na pastagem.

A carga animal (CA) por período, expressa em kg de PV.ha⁻¹, foi

calculada pelo somatório do peso médio dos animais testes (A_t) com o peso médio de cada animal regulador (A_r), multiplicado pelo número de dias em que este permaneceu na pastagem (D), dividido pelo número de dias do período (NDP), conforme a fórmula:

$$CA = A_t + (A_{r1} \cdot D_1) / NDP + (A_{r2} \cdot D_2) / NDP + (A_{rn} \cdot D_n) / NDP \quad (3)$$

O ganho de peso vivo por hectare (GPV) em cada período foi determinado pela soma do ganho total dos animais *testers* por hectare com o produto do GMD dos animais *testers* pelo número de dias que cada animal regulador permaneceu na área, sendo expresso em kg de PV.ha⁻¹.

4.2.1.5 Composição bromatológica da simulação manual de pastejo

Em todos os piquetes as amostras foram coletadas através do método de simulação manual de pastejo conforme metodologia descrita por Johnson (1978) que resumidamente consiste na observação do animal e coleta de uma amostra semelhante de forragem ingerida. A coleta era realizada por um único amostrador em todas os períodos de avaliação, a fim de evitar variações em cada amostragem. Para cada período avaliado foram coletadas duas amostras por unidade experimental.

No laboratório estas amostras de forragem eram pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada a 55 °C durante 72 horas, para a pré-secagem. Em seguida, as amostras foram trituradas em moinho estacionário “Thomas Wiley” utilizando-se peneira com malha de 1 mm para as análises químico-bromatológicas. Após moídas as duas amostras coletadas por piquete foram homogeneizadas em uma única amostra para realização das análises bromatológicas.

O teor de proteína bruta (PB) foi realizado pelo método micro-Kjedahl (AOAC, 1984), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas (FDNCZ), fibra em detergente ácido (FDA), lignina segundo VAN SOEST et al. (1991). O teor de hemicelulose das amostras foi obtido através da diferença entre os teores de FDN e FDA, e o teor de celulose através da diferença entre os teores de FDA e lignina.

4.2.2 Análise Estatística

Os dados experimentais foram submetidos à análise de normalidade e quando necessário foram ajustados através da raiz quadrada. Depois de satisfeitas as pressuposições da normalidade e homogeneidade de variâncias, os dados foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento MIXED (LITTEL et al., 1996; 2006) do software estatístico SAS Statistical Analysis System - SAS v. 9.0 (SAS, 2002). O período foi utilizado como medida repetida no tempo a 5% de significância pelo método Kenwardroger para relação animal-pastagem conforme Gutzwiller e Riffel (2007). As médias foram comparadas pelo teste Tukey (5% de significância). Os dados foram submetidos à análise de correlação de Pearson.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura do dossel da pastagem compõem uma variável independente, entretanto, a sua avaliação é de suma importância para o objetivo proposto nesta pesquisa. A manutenção de estruturas de dossel contrastantes foi alcançada satisfatoriamente nos períodos de avaliação, independentemente da utilização da adubação nitrogenada (Figura 6).

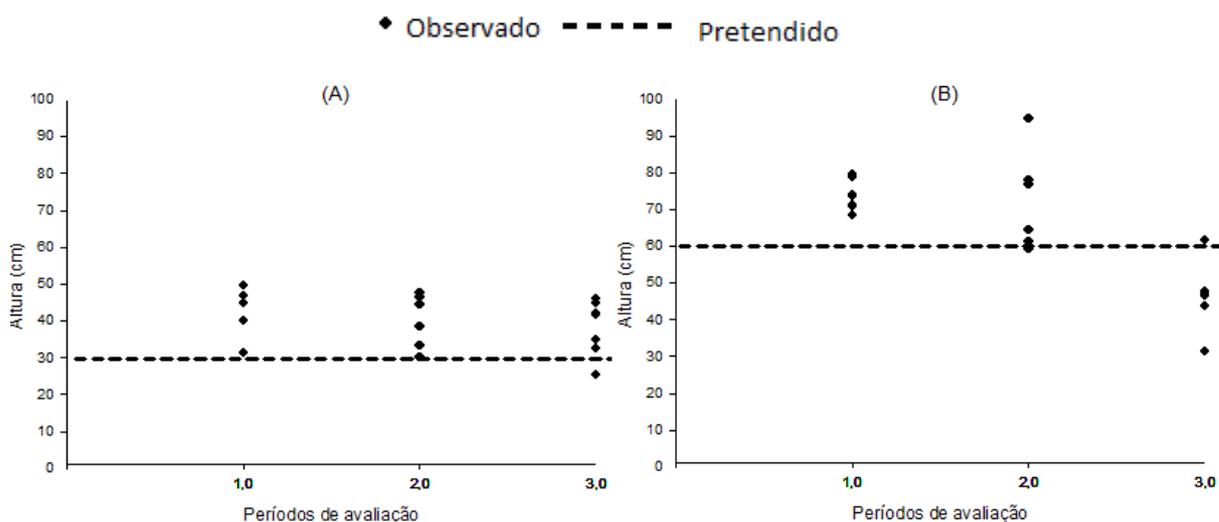


Figura 6 – Alturas de dossel obtidos na pastagem manejada a 30 cm (A) e 60 cm (B) durante o período de pastejo no ano de 2013 (Período 1: 08/02 a 01/03; Período 2: 01/03 a 22/03; Período 3: 22/03 a 12/04).

Foram obtidas estruturas contrastantes nos dosséis estudados

($P < 0,05$). Na altura preconizada de 30 cm a altura média de dossel foi de 43,15 cm, e na altura preconizada de 60 cm a altura média de dossel foi de 64,09 cm. Houve rebaixamento acentuado do dossel de 60 cm, do segundo para o terceiro período de avaliação. No segundo período a altura média do dossel foi de 72,3 cm ocorrendo redução para 46,3 cm no terceiro período. Quando iniciou o terceiro período (aproximadamente 113 dias após a semeadura), as plantas de sorgo entraram no estágio reprodutivo, ocorrendo o alongamento de colmos, diminuindo sensivelmente a quantidade de lâminas foliares do sorgo e aumento da participação de papuã na pastagem.

A interação entre altura de dossel e doses de adubação nitrogenada não foi significativa para nenhum parâmetro avaliado ($P > 0,05$). O avanço no desenvolvimento da pastagem foi o fator que afetou o maior número de variáveis relacionadas a produção forrageira, desempenho e produção animal, composição estrutural do dossel e composição bromatológica (Tabela 3).

Tabela 3 – Níveis de significância das causas de variação (altura de pastejo, doses de adubação nitrogenada e período de avaliação) sobre as variáveis massa seca (%), massa de forragem em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, carga animal em $\text{kg PV}\cdot\text{ha}^{-1}$ ganho de peso vivo (GPV) em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ganho médio diário (GMD) em $\text{kg}\cdot\text{animal}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, % de folhas, % de colmos, % de papuã e % de material morto, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro cm (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina em detergente ácido (LDA).

Efeitos	Alt	N	Alt*N	Per	Per*Alt	Per*N	Per*N*Alt
Massa seca	ns	ns	ns	0,0026	ns	ns	ns
Massa de Forragem	0,0473	ns	ns	0,0082	ns	ns	ns
Carga animal	ns	ns	ns	0,0029	ns	ns	ns
GPV	ns	<0,0001	ns	<0,0001	ns	ns	ns
GMD	0,006	ns	ns	0,0006	ns	0,0113	0,0059
Folhas (%)	ns	ns	ns	0,0002	ns	ns	ns
Colmos (%)	0,0002	ns	ns	0,0011	0,0034	ns	ns
Papuã (%)	0,0053	ns	ns	<0,0001	ns	ns	ns
Material Morto (%)	ns	ns	ns	ns	0,0134	ns	ns
PB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FDN	ns	ns	ns	0,0059	ns	ns	ns
FDA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LDA	ns	ns	ns	0,0011	0,0317	0,0167	ns

Alt: altura de dossel; N: doses de adubação nitrogenada; Per: período de avaliação e ns: não significativo.

4.3.1 Massa de Forragem

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) do período de avaliação e altura de dossel ($P < 0,05$) sobre a massa de forragem, e não houve efeito significativo ($P > 0,05$) da adubação nitrogenada e interação entre fatores avaliados.

Na alta altura de dossel a massa de forragem observada foi de 4.896,03 kg de MS.ha⁻¹ e na baixa altura de dossel foi de 4.299,32 kg de MS.ha⁻¹. Quanto aos períodos de avaliação, a massa de forragem variou de 4.022 a 5.233 kg de MS.ha⁻¹, com amplitude de 1.211 kg de MS.ha⁻¹ (Figura 7).

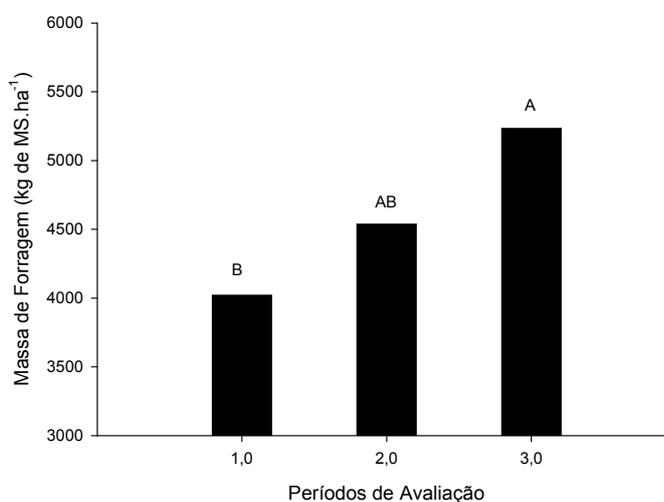


Figura 7 – Massa de forragem em kg.ha⁻¹ de acordo com os períodos de utilização da pastagem. (Período 1: 08/02 a 01/03; Período 2: 01/03 a 22/03; Período 3: 22/03 a 12/04). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando cada componente diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O período de avaliação da pastagem foi de 65 dias experimentais, o que pode ter subestimado o potencial produtivo da pastagem. Na literatura são encontrados poucos trabalhos com pastejo em sorgo forrageiro, entretanto um dos principais trabalhos em sorgo forrageiro sob regime de pastejo foi o desenvolvido por Restle et al. (2002). O ciclo de pastejo obtido pelos pesquisadores foi superior ao obtido nesta pesquisa chegando a 98 dias de utilização. A redução no período de pastejo nesta pesquisa foi ocasionado pelo excesso de chuvas no mês de dezembro. De acordo com dados do INMET, normalmente no mês de dezembro ocorre a precipitação de 151,1 mm e ocorreram chuvas torrenciais na segunda quinzena deste mesmo mês totalizando 289,9 mm. O excedente de chuva representou um acréscimo de 91,8 % acima do limite normal esperado para o mês de dezembro. O manejo inicial dos animais na pastagem e o estabelecimento das

estruturas desejadas de dossel foi dificultada pelo excesso de chuvas. No mês de janeiro a intensidade das chuvas diminuíram e foi possível a realização do manejo adequado dos animais estabelecendo as alturas pretendidas.

A manutenção de alta massa de forragem do início ao término do período de pastejo foi favorecida pela presença de papuã na pastagem. A pastagem desta pesquisa composta por sorgo e papuã foi utilizada por 115 dias, se considerado o primeiro dia de pastejo que ocorreu em 20/12/2012 com término no dia 12/04/2013. Durante todo o período de utilização a pastagem foi manejada com alta massa de forragem e cobertura de solo. Este fato é de grande importância para a manutenção do plantio direto nos sistemas de integração lavoura pecuária .

4.3.2 Composição Botânica e Estrutural do Pasto

No primeiro período de avaliação a presença de sorgo era predominante, correspondendo a 61,3% da pastagem. Já no segundo período a participação do sorgo diminuiu significativamente ($P < 0,05$) e a participação do papuã correspondeu a 49,15% no segundo período e 53,68% no terceiro período. O material morto da pastagem não diferiu entre os períodos ($P > 0,05$), provavelmente a taxa de senescência do sorgo era compensada pelo aparecimento de novas plantas de papuã na pastagem, não impactando na quantidade de material morto presente na pastagem (Figura 8).

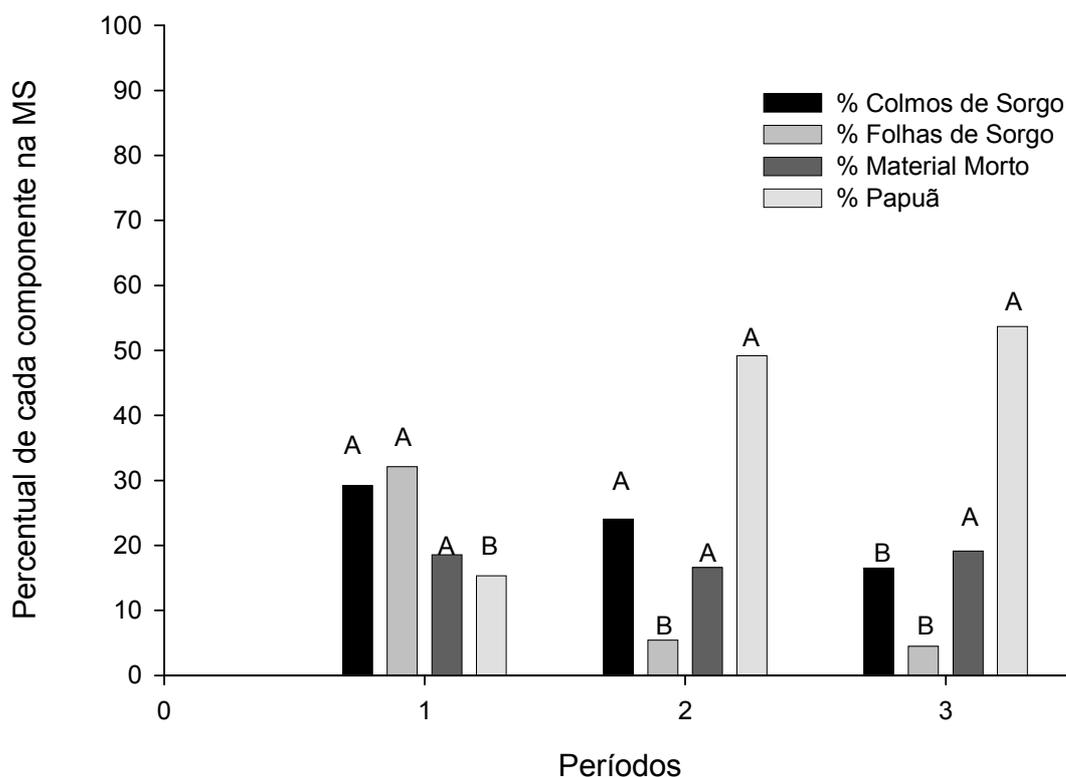


Figura 8 – Proporção de componentes botânicos na pastagem percentual de colmos de sorgo, folhas de sorgo, papuã e material morto na pastagem durante os períodos de utilização (Período 1: 08/02 a 01/03; Período 2: 01/03 a 22/03; Período 3: 22/03 a 12/04). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando cada componente diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O potencial produtivo de pastagens tropicais para a produção animal, foi avaliada por Restle et al. (2002). Estes autores verificaram que o sorgo e o papuã não apresentam diferença produtiva. Em áreas produtoras de grãos o papuã espécie é considerada uma espécie invasora de alto poder de competição. Entretanto a espécie apresenta alto potencial forrageiro pela sua alta produção de forragem e alta qualidade bromatológica. A agressividade da espécie dá-se em função da alta produção de sementes, crescimento acelerado, formação de comunidades de plantas excludentes às demais espécies vegetais.

No primeiro período de avaliação, a participação do sorgo era representativa, as folhas de sorgo se concentraram nos estratos superiores (acima de 30 cm) da pastagem. Em pastagens tropicais Genro (1999), observou que a ingestão máxima ocorre quando os animais estão em pastagens com alta densidade de folhas acessíveis, considerando que os estratos mais acessíveis são os estratos superiores. Nos estratos de 15-30, 30-45 e acima de 45 foi observada a maior

densidade de folhas de sorgo no primeiro período. Entretanto com o aumento da altura de dossel observou-se redução na densidade de todos os componentes estruturais (Figura 9) fato também observado por Souza et al., (2011).

A partir do segundo período de avaliação a participação das folhas e de colmo de sorgo diminuiu sensivelmente, aumentando proporcionalmente a quantidade de papuã na pastagem. O papuã no início da utilização da pastagem encontrava-se nos estratos inferiores da pastagem (0-15 e 15-30), e com o consumo das folhas de sorgo houve o incremento crescente da participação do papuã na pastagem. A espécie no último período de utilização compunha quase a totalidade da pastagem disponibilizada aos animais.

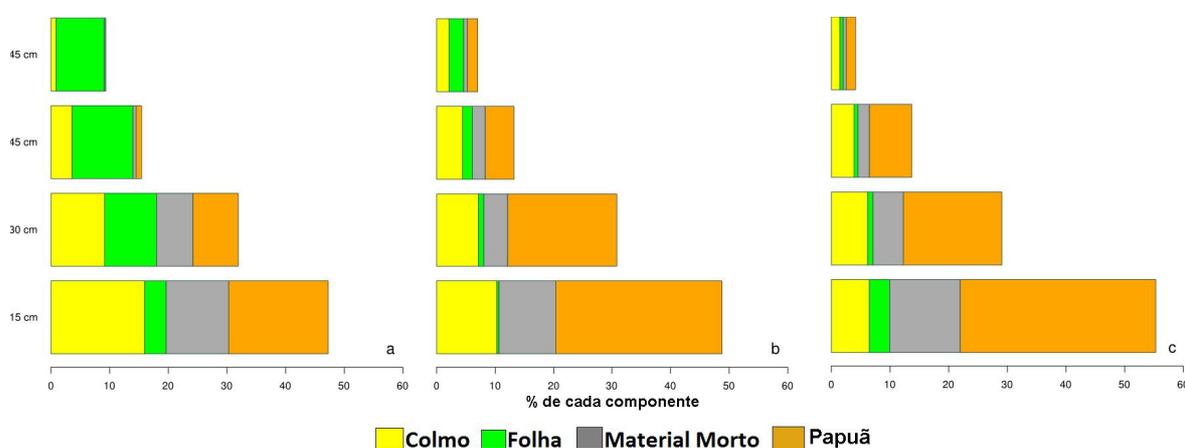


Figura 9 – Estrutura vertical da pastagem de acordo com os períodos de avaliação (A - Período 1: 08/02 a 01/03; B - Período 2: 01/03 a 22/03; c - Período 3: 22/03 a 12/04).

As alterações na estrutura da pastagem também podem ser observadas se analisada a interação entre períodos e alturas para a quantidade de colmos e material morto na pastagem (Figura 10A e Figura 10B). A quantidade de colmos manteve-se superior ($P < 0,05$) quando a pastagem foi manejada a 60 cm de altura no primeiro e segundo período, reduzindo significativamente ($P < 0,05$) no terceiro período. No dossel de 30 cm a quantidade de colmos não diferiu ($P > 0,05$) entre os períodos de avaliação. A redução significativa da altura de dossel no terceiro período foi consequência da senescência das plantas de sorgo aliada a alta prevalência do papuã. No terceiro período de avaliação, a quantidade de material morto no dossel de 30 cm foi inferior ($P < 0,05$) ao dossel de 60 cm. No dossel de 30 cm observa-se tendência de redução na quantidade de material morto, enquanto que no dossel de 60 cm a tendência é aumentar a quantidade desse material. A

presença de papuã, principalmente na altura de 30 cm, pode ser apontada como o principal fator na redução da quantidade de material morto.

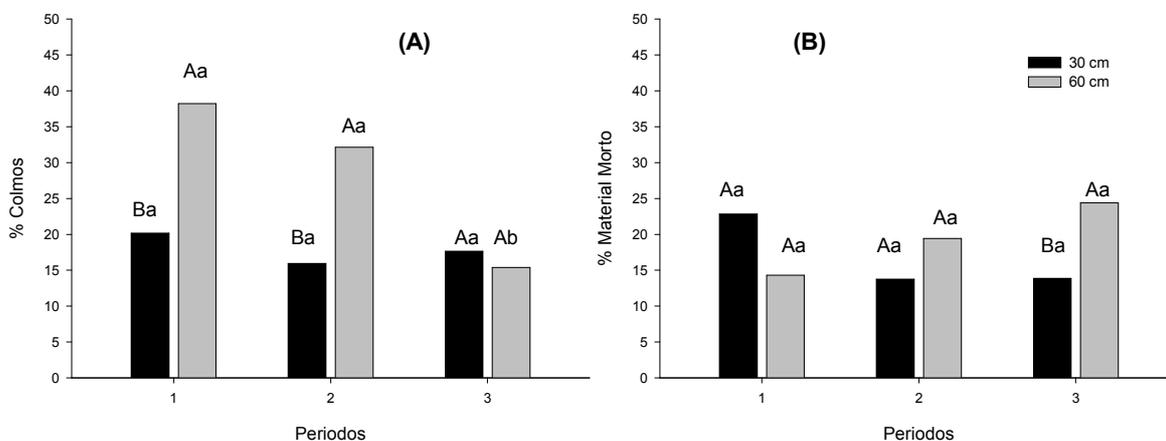


Figura 10 – Proporção de colmos (A) e material morto (B) na composição da pastagem em função da interação de períodos de avaliação e alturas de dossel (30 cm ou 60 cm). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando altura de dossel dentro do fator período de avaliação, e minúsculas, comparando os períodos de avaliação dentro do fator altura, diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.3 Composição Bromatológica da Simulação de Pastejo

O desempenho animal é determinado pela quantidade de forragem consumida e pela sua composição bromatológica, por isso o manejo do pastejo exerce papel fundamental no sucesso de sistemas alimentares baseados no uso de pastagens. Levando em consideração a avaliação dos nutrientes ingeridos pelos animais a composição bromatológica foi realizada por meio da avaliação de amostras obtidas por simulação manual de pastejo.

O teor de massa seca (MS) do pasto diminuiu significativamente variando de 16,87% para 13,58% do início ao término do período experimental. Os fatores avaliados, altura de dossel e doses de adubação nitrogenada não influenciou o teor de MS da pastagem. O baixo teor de MS, principalmente no terceiro período, pode ter limitado a ingestão de forragem pelos animais reduzindo o ganho de peso no final do período experimental. Esta explicação é baseada no fato de que a alta disponibilização de massa não reverteu em ganho animal. Alberto (1997) explica que quando o teor MS for inferior a 18% ocorre restrição de consumo de forragem e ingestão de nutrientes que consigam atender as exigências nutricionais dos animais.

Em pastagens compostas exclusivamente por espécies tropicais, o avanço do ciclo vegetativo resulta em incremento nos níveis de fibra e diminuição dos níveis de proteína impactando negativamente no desempenho animal (VAN SOEST, 1994). A pastagem avaliada nesta pesquisa era mista composta por sorgo e papuã, e a partir do segundo período o papuã predominou na composição estrutural da pastagem. E os dados bromatológicos obtidos nesta pesquisa demonstram que quando se trata de pastagem mista o comportamento apontado na literatura para pastagens tropicais pode não ocorrer. Kollet et al. (2006), cita que com o avançar do ciclo vegetativo de espécies tropicais ocorre acúmulo de MS e os teores de proteína bruta diminuem significativamente.

Na pastagem de sorgo e papuã os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e celulose não foram afetados pela altura de dossel, doses de N e períodos de avaliação. Somente os teores de MS, fibra em detergente neutro (FDN) e hemicelulose reduziram significativamente ($P < 0,05$) entre os períodos de avaliação (Tabela 4).

Tabela 4 – Percentual de matéria seca (MS), proteína bruta, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas (FDNcz), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LDA), matéria mineral (MM), hemicelulose, celulose em amostras de simulação manual de pastejo com relação a períodos de avaliação.

	Período 1	Período 2	Período 3
	08/02 – 01/03	02/03 – 22/03	23/03 – 12/04
MS	16,87 a	15,38 ab	13,58 b
PB	19,07	17,90	17,52
FDN	64,28 a	60,36 ab	57,73 b
FDA	32,15	30,86	30,61
Lignina	5,42	5,52	3,58
Hemicelulose	32,13 a	29,75 ab	26,87 b
Celulose	26,73	25,09	27,28

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As características bromatológicas obtidas neste trabalho são superiores aos resultados descritos por Ferreira et al. (2015), na avaliação de 4 híbridos de sorgo, sendo que um deles possuía a mutação bmr (brown midrib ou nervura central marrom). O teor de PB obtido pelos autores foi de 10,8% sendo inferior ao observado nesta pesquisa e os teores de FDN e FDA foram de 63,3% e 35,3%, respectivamente. Os teores de MS, FDN e hemicelulose reduziram significativamente e os teores de PB, FDA e celulose se mantiveram constantes ao longo do ciclo vegetativo. Este comportamento pode ser atribuído ao aumento da participação das plantas de papuã na pastagem, o que colaborou para a

manutenção da qualidade bromatológica da pastagem.

Se analisado os teores de FDN e MS e sua influência sobre o consumo animal, observa-se que ambos podem ter limitado a ingestão animal de MS, Van Soest (1994), considera limitante ao consumo quando o teor de FDN é superior a 55%, e Alberto (1997) considera o teor de MS abaixo de 18% como limitante ao consumo. A restrição apontada pelos autores está relacionada o tamanho do trato-gastro intestinal e a capacidade de consumo de MS.

A presença de papuã como invasora em pastagens tropicais já tem sido observada e avaliada por alguns trabalhos de pesquisa (SOUZA et al., 2011; PACHECO et al. 2014), de acordo com os resultados observados por estes autores a qualidade da pastagem de papuã é muito semelhante à pastagem de milho. Nesta pesquisa, foi verificado o carácter de complementariedade quanto a presença de papuã na pastagem de sorgo forrageiro promovendo também o aumento do ciclo de pastejo.

O comportamento da pastagem avaliada foi semelhante ao estudo realizado por Souza et al. (2011), quando avaliou o comportamento ingestivo de novilhas de corte em pastagem de milho e papuã manejadas a 40 cm de altura de dossel. Os autores verificaram que estas duas espécies apresentavam composição estrutural e química semelhantes não alterando o comportamento ingestivo dos animais durante o ciclo vegetativo da pastagem. Na literatura vários trabalhos têm apontado o papuã como uma forrageira com grande potencial na produção animal, principalmente porque ela aparece como invasora e mantém sua produção até meados do outono, quando iniciam as temperaturas baixas (MARTINS et al., 2000, RESTLE et al., 2002, SARTOR et al., 2011, COSTA, et al., 2011; MENEZES et al., 2014).

O teor de lignina variou sensivelmente durante o avanço do ciclo vegetativo da pastagem, sendo influenciada pelas interações entre período e altura de dossel e entre períodos e doses de adubação nitrogenada (Figura 11).

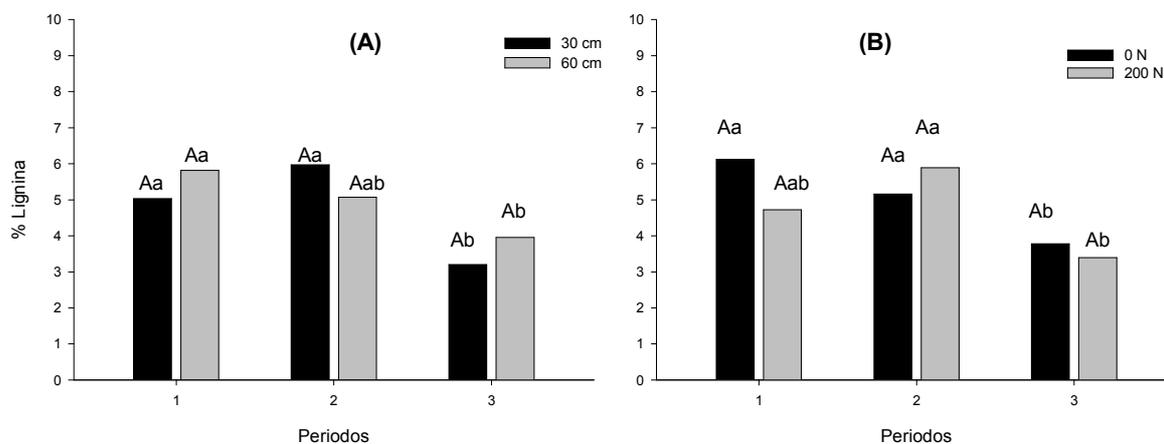


Figura 11 – Teor de lignina da simulação manual de pastejo em função da interação de períodos de avaliação e alturas de dossel (30 cm ou 60 cm) (A) e doses de adubação nitrogenada (B). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando alturas de dossel ou doses de adubação nitrogenada dentro de cada período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro do fator altura de dossel (A) ou doses de nitrogênio (B), diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando o dossel foi manejado a 60 cm de altura, o teor de lignina variou de 5,81% a 3,96%, ocorrendo maior acúmulo de lignina durante o primeiro período de avaliação e diminuindo sensivelmente até o terceiro período. Entretanto, quando manejado a 30 cm de altura houve variação de 5,97% a 3,20%, ocorrendo maior acúmulo deste nutriente durante o segundo período e o menor no terceiro período.

No dossel de 30 cm, o maior teor de lignina no segundo período pode ser atribuído a maior participação de papuã e no dossel de 60 cm esteve em função da presença de colmos de sorgo no primeiro período. Quando não foi utilizado N em cobertura, o teor de lignina foi de 6,12% decrescendo significativamente até o terceiro período chegando a 3,78%. Mas quando utilizado o N na pastagem o maior teor de lignina foi obtido no segundo período apresentando 5,89% e o menor teor de lignina foi obtido também no terceiro período com 3,39%.

Em pastagens tropicais, a adubação nitrogenada além de aumentar a produtividade da pastagem pode também aumentar o nível de lignificação da parede celular das plantas (VAN SOEST, 1994). No segundo período houve o maior crescimento do pasto, e com a utilização de adubação nitrogenada houve incrementos na produtividade da pastagem o que pode também ter aumentado os níveis de lignificação da parede celular das plantas. No terceiro período, com o término do período vegetativo das plantas de sorgo, os teores de lignina obtidos

foram semelhantes, tanto para alturas de dossel como para doses de nitrogênio, fato este que pode ser explicado pela presença abundante de papuã.

O papuã apresentou-se na pastagem de forma espontânea, principalmente na entrelinha de semeadura da pastagem de sorgo. Por isso, quando o dossel era mantido a 30 cm de altura houve maior oportunidade para o desenvolvimento do papuã, pois a luminosidade conseguia atingir o solo com maior facilidade estimulando a germinação do banco de sementes. Outro fato importante foi que no terceiro período de avaliação o papuã foi o principal recurso forrageiro disponível aos animais em pastejo o que possibilitou a manutenção da produção animal até o final do período experimental.

Em sistemas de ILP a manutenção do recurso forrageiro por longos períodos de utilização proporciona maior rentabilidade ao sistema, maximizando a utilização do solo com culturas. Com isso, consegue-se realizar a utilização do solo durante todo o ano alternando entre pastagens e culturas de grãos, neste sentido a semeadura do sorgo forrageiro em áreas com bancos de semente de papuã proporciona uma pastagem de longa duração que poderá fornecer forragem de qualidade por longos períodos, diminuindo a falta de forragem no vazio forrageiro de outono.

4.3.2 Desempenho e Produção Animal

A avaliação do desempenho e produção animal foi realizada através do ganho médio diário (GMD) em kg de PV.dia⁻¹, da carga animal (CA) em kg de PV.ha⁻¹ e do ganho de peso animal (GPA) em kg de PV.ha⁻¹. De forma geral, o desempenho animal não teve forte relação com a altura de dossel e doses de adubação nitrogenada, somente os períodos de avaliação demonstraram efeito significativo ($P < 0,05$) sobre todas as variáveis relacionadas ao desempenho animal. Na Tabela 5 estão apresentados os dados de desempenho animal conforme o período de avaliação.

Tabela 5 – Ganho médio diário (GMD) em kg de PV.dia⁻¹, carga animal (CA) em kg de PV.ha⁻¹, ganho de peso animal (GPA) em kg.ha⁻¹, de acordo com os períodos de avaliação da pastagem.

	Período 1 08/02 - 01/03	Período 2 01/03 - 22/03	Período 3 22/03 - 12/04
GMD	1,282a	0,711b	0,642b
CA	1.298b	2.484a	1.244b
GPA	124,4a	118,1a	41,7b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O GMD obtido ao longo do período experimental foi decrescente, variando de 1,282 a 0,642 kg.dia⁻¹ do primeiro para o terceiro período de avaliação. O desempenho individual obtido por Restle et al. (2002) em sorgo forrageiro foram semelhantes aos obtidos neste trabalho, no início do período experimental os autores verificaram GMD de 1,295 kg.dia⁻¹ e de 0,370 kg.dia⁻¹ no final do período experimental. No primeiro período, a pastagem de sorgo estava em plena fase de desenvolvimento vegetativo dessa forma grande quantidade de folhas novas com alto teor de nutrientes digestíveis estavam disponíveis aos animais, proporcionando alto desempenho individual.

No segundo período, a CA foi superior ($P < 0,05$) aos demais períodos, atingindo 2.484 kg de PV.ha⁻¹. O elevado crescimento do sorgo aliado a reestruturação da pastagem, ocorrida após a roçada da pastagem para estabelecer as estruturas de dossel pretendidas (30 e 60 cm), pode ter colaborado para aumento da CA no segundo período. No período 1, a pastagem estava em plena recuperação da roçada o que pode ter provocado a utilização de cargas menores para controle da altura e no período 2 houve incremento na CA a fim de estabelecer as estruturas de dossel contrastantes.

No período 3, houve redução significativa ($P < 0,05$) da CA com relação ao período 2, mantendo uma CA semelhante ao período 1. As plantas de sorgo estavam no final do ciclo vegetativo demonstrando baixo crescimento vegetativo, assim houve retirada de um expressivo número de animais dos piquetes.

A CA média (1.675,3 kg de PV.ha⁻¹) obtida neste trabalho foi semelhante às obtidas por Pacheco et al. (2014), em pastagem de milho e capim sudão (1.741,1 e 1.881,7 kg de PV.ha⁻¹, respectivamente). Já Restle et al. (2002) em pastagem de sorgo forrageiro e milho obtiveram cargas inferiores (1.389 e 1.514 kg de PV.ha⁻¹, respectivamente).

O ganho de peso animal, teve o mesmo comportamento que o GMD e

a CA ao longo do período experimental variando de 124,4 a 41,7 kg.ha⁻¹ do primeiro para o terceiro período de avaliação, acumulando um GPA de 284,2 kg de PV.ha⁻¹ durante o período experimental. Ao avaliar a capacidade produtiva de pastagens tropicais, Restle et al. (2002), em sorgo forrageiro obtiveram ganho por área superior ao obtido neste trabalho, atingindo 570,3 kg.ha⁻¹.

Em pastagens adubadas com nitrogênio, o aumento no ganho de peso vivo obtido por área é resultante da maior produção de forragem, proporcionando maior capacidade de suporte e melhor qualidade bromatológica da pastagem (FAGUNDES et al., 2005). O GPA teve efeito significativo ($P < 0,05$) das doses de N. Quando a pastagem recebeu nitrogênio em cobertura o GPA foi de 333,6 kg.ha⁻¹, e quando não adubada com N em cobertura, o GPA foi de 234,6 kg de PV.ha⁻¹, representando acréscimo significativo de 42,19% com o fornecimento de N à pastagem. O GPA obtido por Moojen et al. (1999), em pastagem de milho e utilizando 300 kg de N.ha⁻¹ chegou a 665 kg.ha⁻¹, sendo significativamente superior ao GPA obtido nesta pesquisa.

A altura de dossel influenciou significativamente ($P < 0,05$) o GMD e foi observada interação dupla significativa ($P < 0,05$) entre períodos e doses de adubação nitrogenada e interação tripla significativa ($P < 0,05$) entre períodos, doses de adubação nitrogenada e altura de dossel (Tabela 6).

O estudo do efeito da interação tripla (períodos, doses de adubação nitrogenada e altura de dossel) foi realizado segundo Zimmermann (2014). Segundo o autor em comparações múltiplas quando a interação é significativa o desdobramento da interação pode ser realizado de duas formas. 1^a) Todos os efeitos principais foram significativos ou não: Estuda-se o comportamento de um fator dentro dos níveis dos outros. 2^a) Apenas um dos efeitos principais foi significativo: Estuda-se o comportamento do fator não significativo dentro dos níveis do outro fator. Dessa forma no presente estudo os efeitos principais significativos foram período e altura, por isso a comparação de médias foi realizada verificando a influência das doses de N dentro de cada combinação de período e altura de dossel.

Tabela 6 – Efeito da interação entre períodos de avaliação, doses de adubação nitrogenada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e altura de dossel (cm) sobre o ganho médio diário (GMD) em kg de PV animal⁻¹.

Doses de N	Período 1		Período 2		Período 3	
	Altura de Dossel					
	30 cm	60 cm	30 cm	60 cm	30 cm	60 cm
0	1,283 Aa	1,190 Aa	0,443 Ac	0,867 Ab	0,460 Ac	0,503 Abc
200	0,843 Ba	1,197 Aa	0,817 Aa	0,720 Aa	0,650 Aa	0,953 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando o N não foi usado em cobertura, houve decréscimo significativo ($P < 0,05$) no GMD a partir do segundo período para as duas alturas de dossel. Houve variação de 1,283 (30 cm de dossel, período 1) a 0,443 kg (30 cm de dossel, período 2). Com a utilização do N em cobertura não houve diferença significativa ($P > 0,05$) no GMD.

Comparando doses de nitrogênio, o GMD foi significativamente inferior ($P < 0,05$) no dossel de 30 cm no primeiro período de avaliação. Uma hipótese que pode ser levada em consideração para explicar tal fato é a aceleração da formação de novos tecidos vegetais quando utilizada alta quantidade de N em cobertura e alta carga animal para manutenção da baixa altura de dossel. Alberto (1997) aponta como restritivo ao consumo animal, teores de MS inferiores a 18% limitando fisicamente a capacidade ingestiva do animal, conseqüentemente o GMD. O efeito de dominância animal pode ter sido outro fator que pode ter afetado o GMD quando utilizado grande número de animais reguladores para manter baixa a altura de dossel.

A partir do segundo período de avaliação a ausência da adubação nitrogenada limitou o GMD e quando utilizada manteve o GMD, reforçando a hipótese de que adubação nitrogenada é primordial para manutenção da produtividade animal. Simulando o efeito de pastejos intensos Martuscello et al. (2005) verificou que com o aumento do regime de desfolhação, de duas a cinco folhas completamente expandidas e adubação nitrogenada obtiveram incrementos na ordem de 135 a 191 g de MS por vaso, respectivamente. Segundo os autores a realização de repetidas desfolhações provoca a redução da capacidade de absorção do N, pela redução da biomassa das raízes. Dessa forma em intensidades de pastejo mais severas a pastagem é dependente da maior disponibilização de N a planta.

4.4 CONCLUSÃO

A utilização da adubação nitrogenada permite aumentar a produção animal por área em pastagem de sorgo forrageiro, enquanto a altura de manejo do dossel forrageiro afeta mais o desempenho individual dos animais, mas sem alterar significativamente a produção por área.

As alturas de manejo alteram a estrutura de dossel e a dinâmica dos componentes estruturais e botânicos, em menor altura de manejo a presença do papuã é favorecida.

5 INVERNO 2013 (FASE II): A VIABILIDADE FORRAGEIRA DA AVEIA PRETA SUBMETIDA A INTERAÇÃO ENTRE A ADUBAÇÃO NITROGENADA E ALTURA DE DOSSEL

5.1 INTRODUÇÃO

A aveia preta (*Avena strigosa*) é muito utilizada como forrageira devido a alta capacidade de produção biomassa com características bromatológicas que proporcionam alto desempenho animal. Por isso, esta espécie é uma das principais forrageiras utilizadas nos períodos frios do ano, principalmente em sistemas intensivos de produção, como é o caso do sistema de integração lavoura pecuária. Além da produção de forragem para os animais, a pastagem implantada necessita produzir biomassa para assegurar a semeadura de culturas de grãos posteriormente ao pastejo.

Esta espécie quando comparada a outras que apresentam o mesmo ciclo, destaca-se pela alta produção de MS e rusticidade, tornando-a uma excelente forrageira para os períodos mais frios do ano. A pastagem de aveia preta apresenta altos níveis de digestibilidade e proteína bruta, proporcionando alto desempenho animal. Quando submetida à adubação nitrogenada, a espécie apresenta potencial para aumentar sua capacidade produtiva e qualitativa (LUPATINI et al., 1998; SOARES e RESTLE, 2002; ASSMANN et al., 2004).

O nitrogênio pode ser adicionado ao solo via fertilizantes nitrogenados (uréia), via adubação orgânica (resíduos animais) ou via fixação biológica de nitrogênio (ASSMANN et al., 2008). Em muitos trabalhos pode ser verificado o efeito positivo na taxa e acúmulo, produção de MS, carga animal e ganho de peso vivo por hectare quando foi utilizada adubação nitrogenada em aveia preta (LUPATINI et al., 1998; SOARES e RESTLE, 2002; ASSMANN et al., 2004). A adubação nitrogenada também é utilizada como uma forma de antecipar o período de pastejo, diminuindo o vazio forrageiro de outono. Com relação à qualidade da pastagem, o nitrogênio altera a constituição da planta, aumentando a produção de perfilhos e a proporção de folhas (CASSOL et al., 2011). Entretanto, a qualidade da pastagem é prejudicada se o manejo da adubação e a forma de utilização das forrageiras (pastejo) não proporcionar condições ideais para o desenvolvimento da planta forrageira. Este problema é evidenciado em muitas propriedades pecuárias que não realizam a

adubação de pastagens e não realizam o manejo adequado do pastejo. A adoção de diferentes alturas de dossel possui relação recíproca com a produção animal, visto que a estrutura do relvado influencia no comportamento ingestivo dos animais (HODGSONS, 1985), condicionando a ingestão de forragem e a produção animal. Em função da grande heterogeneidade na estrutura do pasto, têm sido realizados trabalhos com manejo de pastagens por meio da altura predeterminada de pastejo em pastagens de clima tropical e temperado (CARVALHO et al., 2010; AGUINAGA et al., 2006; AGUINAGA et al., 2008).

Embora, na literatura sejam encontrados muitos trabalhos que avaliam a adubação nitrogenada em pastagens e alturas de pastejo, são escassos os trabalhos que demonstram o efeito da interação entre estes dois fatores, especialmente em contexto de integração lavoura pecuária. Por isso, esta pesquisa objetivou avaliar a combinação entre esses dois fatores, adubação nitrogenada e intensidades de pastejo, que são os fatores mais relevantes na determinação dos sistemas de produção animal a pasto, em pastagem de aveia preta.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de abril a setembro de 2013 na fazenda Pacheco localizada no município de Abelardo Luz-SC. A área experimental encontra-se localizada entre as coordenadas de 26°31,7' Sul e 15°35,7' Oeste, e elevação de aproximadamente 850 metros. O clima da região é classificado como Cfb (subtropical úmido), segundo classificação de Köppen (OMETTO, 1981).

O delineamento experimental adotado foi de blocos completos casualizados em esquema fatorial (2 X 2), com três repetições. O primeiro fator considerado foi a altura do dossel (15 ou 30 cm). O segundo fator foi constituído pela adubação nitrogenada em cobertura (0 e 200 kg de N.ha⁻¹). Dessa forma o experimento foi composto por 4 tratamentos:

- Dossel forrageiro com 15 cm e 200 kg de N.ha⁻¹ em cobertura
- Dossel forrageiro com 15 cm e 0 kg de N.ha⁻¹ em cobertura
- Dossel forrageiro com 30 cm e 200 kg de N.ha⁻¹ em cobertura
- Dossel forrageiro com 30 cm e 0 kg de N.ha⁻¹ em cobertura

Os tratamentos foram alocados no experimento de modo que a mesma

unidade experimental (piquete) recebesse a mesma combinação dos fatores altura de dossel (Baixa ou Alta) e adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha⁻¹) no verão e no inverno.

O uso anterior do solo foi a pastagem de sorgo forrageiro sob os mesmos tratamentos deste trabalho (capítulo anterior). Após a retirada dos animais da pastagem de sorgo este foi dessecado no dia 15/04/2013 utilizando herbicida (Glyfosate) na dosagem de 900 g de ingrediente ativo por hectare. A semeadura da aveia preta foi realizada no dia 22/04/2013 em sistema plantio direto, utilizando uma semeadoura adubadora e 100 kg de sementes.ha⁻¹. No momento da semeadura, não foi utilizada adubação de base, pois a análise de solo indicou que a fertilidade química da área estava em níveis adequados, conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2004). Entretanto no dia 15/06/2013, foi realizada a aplicação de 200 kg de N.ha⁻¹ em cobertura, usando uréia (45% de N) de acordo com os tratamentos avaliados.

Os animais iniciaram o pastejo no dia 09/07/2013 quando o pasto estava com aproximadamente 40 cm de altura. A avaliação da pastagem e dos animais ocorreu em 09/07/2013 até 06/09/2013, totalizando 59 dias experimentais. Esta fase experimental foi dividida em 2 períodos de avaliação (período 1: 09/07 a 08/08/2013 e período 2: 09/08 a 06/09/2013) cada um com aproximadamente 28 dias.

No momento da entrada dos animais (09/07/2013) foram colocados aproximadamente 4 animais por piquete que foram dimensionados de tamanhos diferentes conforme a capacidade de suporte estimada para cada tratamento, para manter um mínimo de 3 animais *testers* durante todo o período experimental. O método de pastejo foi o de lotação contínua com taxa de lotação variável (MOTT e LUCAS, 1952) usando novilhos cruzados entre as raças nelore e charolês e peso vivo de aproximadamente 280 kg com desvio padrão de aproximadamente 37 kg. A entrada e saída dos animais reguladores da pastagem eram dependentes da distância entre o valor real de altura do dossel e o valor preconizado para cada altura. A cada 28 dias os animais foram presos em curral para jejum de sólidos e líquidos de 12 h, para sua pesagem, a fim de calcular o ganho de peso e a carga animal. Cada unidade experimental (piquete) contou com 3 animais *testers*.

5.2.1 Variáveis Estudadas

As variáveis independentes deste trabalho foram compostas por duas alturas de dossel e duas doses de adubação nitrogenada e as variáveis dependentes avaliadas foram: altura, composição estrutural, massa de forragem, taxa de acúmulo, desempenho e produção animal, composição bromatológica da simulação de pastejo.

5.2.1.1 Altura do dossel

A altura do dossel nas unidades experimentais, foi determinada utilizando-se régua graduada em centímetros, sendo medidos 25 pontos aleatórios por piquete a cada 5 dias. A altura de cada ponto correspondeu a altura média do dossel em torno da régua. A altura foi manejada através da entrada e saída dos animais reguladores a fim de manter a altura real mais próxima possível das alturas pretendidas, e obter o contraste entre as alturas dos dosséis avaliados.

5.2.1.2 Massa de forragem

A massa de forragem (kg de MS.ha^{-1}) foi estimada a cada 21 dias, com a coleta de três amostras representativas de forragem em cada piquete. Foi realizado o corte da forragem rente ao solo (0 cm), em área delimitada por uma moldura metálica de $0,25 \text{ m}^2$. O material cortado foi embalado em sacos de papel Kraft, levado ao laboratório e pesado em balança de precisão de 0,01 grama para a obtenção do peso fresco. Posteriormente, o material foi seco em estufa com circulação de ar forçada a $55 \text{ }^\circ\text{C}$ até massa constante, e novamente pesado. A massa de forragem foi expressa em kg de MS.ha^{-1} .

5.2.1.3 Taxa de acúmulo e produção de forragem

A determinação da taxa de acúmulo de forragem ($\text{kg MS ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) foi realizada empregando-se a técnica do triplo emparelhamento descrita por

Klingmann, et al. (1943) com avaliações a cada 28 dias, usando três gaiolas de exclusão ao pastejo por unidade experimental. As gaiolas de exclusão do pastejo apresentavam formato circular com as dimensões de 1 m² de base e 1 m de altura, utilizando como material tela de arame de aço galvanizado com malha de 50x100 mm.

Uma moldura metálica de 0,25 m² (0,60 m X 0,41 m) de área foi utilizado para a amostragem de forragem dentro e fora das gaiolas. As gaiolas de exclusão foram distribuídas em dois pontos por piquete, representativos da média do crescimento da pastagem e mudados de posição após cada avaliação. Na escolha das áreas de amostragem foram considerados os seguintes parâmetros: topografia, composição botânica e massa de forragem do local. As amostras de forragem foram cortadas rente ao solo, sendo posteriormente levadas a uma estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 55 °C, até atingir peso constante.

A taxa de acúmulo (TA) de MS foi obtida utilizando-se a equação proposta por CAMPBELL (1966), mostrada a seguir:

$$T_{aj} = (D_{Gi} - F_{Gj-1}) \cdot n - 1 \quad (4)$$

Onde:

T_{aj} = Taxa de Acúmulo de MS diária (kg de MS ha⁻¹ dia⁻¹) no período j;
 D_{Gi} = Média da quantidade de (kg de MS.ha⁻¹) dentro das duas gaiolas no instante i;
 $F_{G(i-1)}$ = Média da quantidade de MS (kg de MS.ha⁻¹) fora das duas gaiolas no instante i-1;
 n = número de dias entre o instante i - 1 e i = período j.

A produção de MS de cada período foi obtida através da multiplicação da taxa de acúmulo diária e o número de dias de cada período. Através da somatória da produção de MS de cada período calculou-se a produção total de MS.

5.2.1.4 Composição estrutural do pasto

A avaliação da composição estrutural da pastagem foi realizada por meio da separação manual dos componentes morfológicos. Foram realizadas coletas de amostras em dois pontos aleatórios por unidade experimental, de 0,051 m² cada. No laboratório, foi realizada a separação manual dos componentes: folha, colmo+bainha, e material morto. Depois da separação, as amostras foram encaminhadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C, e então

pesadas. Os valores dos componentes foram expressos como proporção (%) da massa de forragem

5.2.1.5 Desempenho e produção animal

Os animais foram pesados a cada 28 dias, com jejum de sólidos e líquidos de 12 horas. O ganho médio diário dos animais (GMD) expresso em $\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ foi obtido pelas diferenças entre pesagens realizadas no início e final de cada período experimental, dividindo este valor pelo número de dias em que os animais permaneceram na pastagem.

A carga animal (CA) por período, expressa em kg de PV ha^{-1} , foi calculada pela adição do peso médio dos animais *testers* (At) com o peso médio de cada animal regulador (Ar), multiplicado pelo número de dias em que este permaneceu na pastagem (D), dividido pelo número de dias do período (NDP), conforme a fórmula:

$$CA = At + (Ar_1 \cdot D_1) / NDP + (Ar_2 \cdot D_2) / NDP + (Ar_n \cdot D_n) / NDP \quad (5)$$

O ganho de peso vivo por hectare (GPV) em cada período foi determinado pela soma do ganho total dos animais *testers* por hectare com o produto do GMD dos animais *testers* pelo número de dias que cada animal regulador permaneceu na área, sendo expresso em kg de PV.ha^{-1} .

5.2.1.6 Composição bromatológica da simulação de pastejo

Em todos os piquetes as amostras eram coletadas através do método de simulação manual de pastejo conforme metodologia descrita por JOHNSON (1978) que resumidamente consiste na observação do animal e coleta de uma amostra semelhante de forragem ingerida. A coleta era realizada por um único avaliador em todos os períodos de avaliação, a fim de evitar variações em cada amostragem. Para cada período avaliado foram coletadas duas amostras por unidade experimental.

No laboratório estas amostras de forragem eram pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 72 horas, para a pré-secagem. Em

seguida, as amostras foram trituradas em moinho estacionário “Thomas Wiley” utilizando-se peneira com malha de 1 mm para as análises químico-bromatológicas. Após moídas as duas amostras coletadas por piquete foram homogeneizadas em uma única amostra para realização das análises bromatológicas.

O teor de proteína bruta (PB) foi realizado pelo método micro-Kjedahl (AOAC, 1984), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas (FDNCZ), fibra em detergente ácido (FDA), lignina segundo Van Soest et al. (1991). O teor de hemicelulose das amostras foi obtido através da diferença entre os teores de FDN e FDA, e o teor de celulose através da diferença entre os teores de FDA e lignina.

5.2.2 Análise Estatística

Os dados experimentais foram submetidos à análise de normalidade e quando necessário foram ajustados através da raiz quadrada. Depois de satisfeitas as pressuposições da normalidade e homogeneidade de variâncias, os dados foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento MIXED (LITTEL et al., 1996; 2006) do software estatístico SAS Statistical Analysis System - SAS v. 9.0 (SAS, 2002). O período foi utilizado como medida repetida no tempo a 5% de significância pelo método Kenwardroger para relação animal-paisagem conforme Gutzwiller e Riffel (2007). As médias foram comparadas pelo teste Tukey (5% de significância). Os dados foram submetidos à análise de correlação de Pearson.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 07 são apresentados os níveis de significância para as variáveis estudadas referente a resposta da pastagem e da produção animal mediante os fatores avaliados nesta pesquisa e suas interações.

Tabela 7 – Níveis de significância das causas de variação (altura de dossel, doses de adubação nitrogenada e período de avaliação) sobre as variáveis altura real do dossel (cm), % de folhas, % de colmo, % material morto, taxa de acúmulo em kg.ha⁻¹.dia⁻¹ e massa de forragem em kg.ha⁻¹.

	Causas de Variação						
	Alt	N	Alt*N	Per	Per*Alt	Per*N	Per*N*Alt
Altura real	<0,0001	ns	0,0028	<0,0001	0,0124	0,0106	0,0133
% Folha	ns	ns	0,0363	ns	ns	ns	ns
% Colmo	ns	0,0117	ns	<0,0001	ns	ns	ns
% Material morto	ns	0,0247	0,0304	ns	ns	ns	ns
Taxa de acúmulo	ns	ns	ns	0,0054	ns	ns	ns
Massa de forragem	0,0096	ns	ns	<0,0001	ns	0,0302	ns
Proteína bruta	ns	0,0105	0,0192	ns	ns	ns	ns
Cinzas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FDN	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FDNc	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FDA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hemicelulose	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Lignina	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Celulose	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Carga animal	0,0044	ns	ns	0,0195	ns	0,0255	ns
Ganho de peso vivo	0,0028	ns	ns	<0,0001	<0,0001	0,0263	ns
Ganho médio diário	ns	0,0273	ns	<0,0001	0,0010	0,0152	ns

Alt: Altura de Dossel; N: Doses de adubação nitrogenada; Per: Período de avaliação e ns: não significativo.

A altura de dossel, embora seja considerada uma variável independente, neste capítulo será considerada como uma variável resposta sob efeito dos fatores avaliados (altura de dossel, doses de N e período) e suas interações.

5.3.1 Altura Real do Dossel

A altura real de dossel, foi influenciada pela interação tripla entre altura de dossel, doses de N e períodos de avaliação. A estrutura de dossel no primeiro período de avaliação foi alcançada satisfatoriamente, havendo estruturas contrastantes entre dosséis. No segundo período a altura real de dossel sofreu

significativa redução, principalmente quando a pastagem foi manejada a 30 cm e recebeu N em cobertura (Tabela 8).

Tabela 8 – Efeito de doses de adubação nitrogenada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), altura do dossel (cm) e períodos de avaliação sobre a altura real do dossel de aveia preta.

Doses de N	Período1 (09/07 – 08/08/2013)		Período 2 09/08 – 06/09/2013)	
	Altura de Dossel		Altura de Dossel	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
0	24,40 Aa	29,70 Ba	10,43 Ab	15,57 Ab
200	20,03 Ab	44,27 Aa	5,50 Ac	10,60 Ac

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior parte dos trabalhos que utilizam a aveia preta em pastejo apontam a cultura como tolerante a baixas temperaturas. Entretanto, no ano de 2013, em vários locais no Sul do Brasil, o frio extremo causou efeito negativo nas pastagens formadas por aveia preta ou aveia branca, ocasionando a morte das plantas.

Na tabela 9 são apresentados os dados de precipitação e temperatura que ocorreram durante o período em que o trabalho estava em execução, durante os meses de abril a setembro de 2013, segundo o banco de dados do INMET.

Tabela 9 – Dados meteorológicos para a região de Abelardo Luz - SC (INMET)

Dados	Meses					
	Abr/13	Mai/13	Jun/13	Jul/13	Agos/13	Set/13
Precipitação (mm)						
Normal climatológica	141,8	148,6	164,2	162,2	186,3	220,7
Precipitação ocorrida	181,7	87,6	234,8	78,7	218,3	246,3
Temperatura média °C						
Normal climatológica	18,5	16,0	14,1	15,0	15,6	16,4
Temperatura ocorrida	18,7	16,0	14,5	13,8	13,9	16,9

Até o dia 21 de julho ocorreram condições climáticas favoráveis de temperatura e pluviosidade, ocorrendo crescimento do pasto de forma satisfatória. Embora para no mês de julho a temperatura média tenha sido muito próxima a média registrada no período, nos dias 22 e 23 de julho de 2013, na região de Abelardo Luz-SC foram registradas 16 horas de temperaturas abaixo de 0 °C. Este fenômeno influenciou negativamente todo o período experimental subsequente. A ocorrência de baixas temperaturas na Região Sul do país é um evento climático

considerado típico, mas vale ressaltar que os efeitos do frio sobre a pastagem de aveia preta são pouco observados e registrados na literatura.

A hipótese provável que explica o grande nível de dano à geada na pastagem de aveia preta foi a falta de aclimação da pastagem. A aclimação ao frio é o processo de resistência das plantas para resistir ou tolerar ao congelamento das células. Os fatores abióticos como tempo de exposição a temperatura, radiação e umidade são os principais fatores que influenciam no nível de dano provocado pelo congelamento. A aclimação das plantas permite desenvolver tolerância temporária ao congelamento (MELLO-ABREU, 2004) ocasionando mudanças fisiológicas, bioquímicas e moleculares que tornam as plantas resistentes não somente a temperaturas congelantes, mas também a desidratação induzida pelo congelamento (SILVA et al. 2008). A aclimação conduz a acumulação de açúcares por hidrólise do amido, baixando o ponto de fusão da solução celular. Na planta este fenômeno provoca a diminuição da quantidade de gelo formada diminuindo o ponto de congelamento dos tecidos, aumentando a tolerância da planta a desidratação (MELLO-ABREU, 2004). O estado hídrico do solo pode acentuar ou atenuar os efeitos da geada. Os danos são mais severos em solos saturados do que em secos (SZÚCS et al., 2003). Quanto maior a proximidade da capacidade de campo, maior será a disponibilidade hídrica às plantas, o que deixa as células bem hidratadas e potencializa os danos da geada.

A pastagem de aveia preta anteriormente a ocorrência da geada não havia sido submetida ao frio por um período que proporcionou a sua aclimação, sendo esta uma hipótese provável ao grande dano provocado pela geada. Na cultura do trigo, Silva et al. (2008), aclimataram as plantas durante três dias antes da simulação da geada, sendo submetidas a ciclos diários com temperatura mínima de 2°C e máxima de 12°C. Os pesquisadores verificaram que quando a cultura é aclimatada os danos à cultura são reduzidos obtendo aumento no rendimento de grãos quando comparada a cultura não aclimatada e os efeitos do congelamento são potencializados pela irrigação das plantas.

Observando a tolerância ao congelamento da aveia e centeio, Webb et al. (1994), observaram que o congelamento de mais de 80% das folhas de aveia ocorreu após a temperatura atingir -2 °C, e em temperaturas abaixo de -40 °C as plantas apresentaram congelamento letal. Segundo estes autores, a ocorrência de temperaturas abaixo do limite tolerado pela cultura provoca a desestabilização da

membrana plasmática, provocando lesões de congelamento nos tecidos atingidos. A desidratação osmótica das células passa a ocorrer após o descongelamento. Além das temperaturas baixas que ocorreram no primeiro período de avaliação, também foi observada alta umidade relativa do ar neste período, sendo outro fator que pode ter contribuído significativamente para a morte das plantas.

Outro fator, que também pode estar associado à morte das plantas pelo congelamento, é a alta adubação com nitrogênio. Nos piquetes que receberam 200 kg de N.ha⁻¹, foram os piquetes com maior mortalidade de plantas. Ao avaliar o efeito da adubação de nitrogênio e potássio na tolerância ao frio da pastagem de azevém, Webster e Ebdon (2005), verificaram que existe efeito positivo da interação entre N e K. Neste estudo, os autores relatam que as taxas de danos provocados pelo frio intenso são maiores quando utilizadas altas doses de adubação nitrogenada (341 e 441 kg de N.ha⁻¹). Entretanto, em níveis moderados de N, a extração de K é maior, concluindo desse modo que a resistência ao frio da espécie também aumenta.

5.3.2 Composição Estrutural do Pasto

Houve interação significativa entre adubação nitrogenada e altura de dossel para a quantidade de folhas verdes e material morto (Figura 12). A menor quantidade de folhas verdes foi observada quando foi utilizada a adubação nitrogenada e o dossel foi mantido a 30 cm de altura. Neste mesmo manejo da pastagem, verifica-se também aumento na quantidade de material morto.

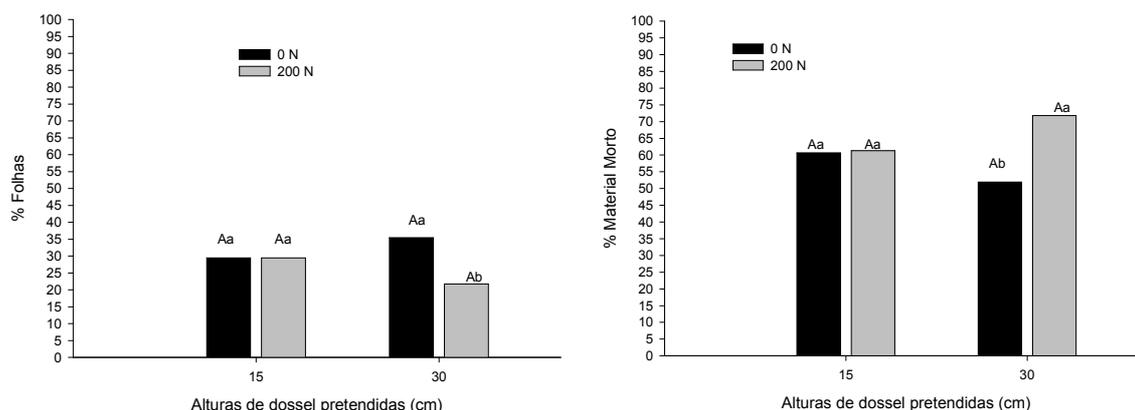


Figura 12 – Proporção de folhas e material morto em função de alturas de dossel (15 ou 30 cm) e doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha⁻¹). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro do fator altura de dossel, e minúsculas, comparando alturas de dossel dentro do fator doses de adubação nitrogenada diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Além da realização da fotossíntese, as folhas verdes na pastagem são responsáveis pelo fornecimento da maioria dos nutrientes ao animal tendo grande importância no desempenho produtivo dos animais (LEMAIRE e AGNUSDEI, 1999). A biomassa de folhas verdes disponíveis, segundo Silva et al. (2004), têm grande influência no consumo voluntário e no comportamento ingestivo dos animais. Estes mesmos autores verificaram que numa oferta de 600 kg.ha⁻¹ de folhas verdes (aproximadamente 1.242 kg de MS.ha⁻¹) em pastagem de aveia e azevém houve os melhores resultados econômicos com relação a receita bruta e lucro por hectare com menores custos por quilo de peso vivo produzido. No segundo período quando o dossel foi manejado a 30 cm de altura favoreceu a permanência de alta umidade na massa de forragem o que provocou o intenso congelamento dos tecidos vegetais e conseqüentemente a sua morte.

Além de folhas verdes e material morto, na avaliação da composição estrutural do pasto é importante avaliar a quantidade de colmos presente no pasto, pois é nesta fração que encontra-se a maior quantidade de carboidratos estruturais da pastagem. A quantidade de colmo foi afetada significativamente ($P < 0,05$) pela adubação nitrogenada e pelos períodos de avaliação. Com a utilização de 0 e 200 kg de N.ha⁻¹ a percentagem de colmo foi de 11,26% e 7,18%, respectivamente. A utilização do N provocou redução na ordem de 36,24% deste componente. Quando observados os períodos de avaliação, houve redução significativa na ordem de 65,7% de colmos, sendo que a proporção de colmos no primeiro período foi de 13,73% e no segundo período foi de 4,71%. Na separação estrutural, foram

considerados apenas os colmos verdes, e aqueles que apresentavam descoloração provocada pelo frio foram considerados como material morto.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, a fração colmo foi a parte da planta que foi afetada primeiramente pelo congelamento, apresentando sinais de clorose intensa, principalmente na fração da planta próxima ao solo, local onde havia acúmulo de água nas plantas. Este fato vem a reforçar a evidência de que a alta altura de dossel, adubação nitrogenada potencializado pela umidade proporciona condições favoráveis aos danos provocados pelo congelamento da planta.

O dano provocado no colmo das plantas de aveia foi irreversível, provocando a morte posterior das folhas com o aumento do material morto no pasto, sendo verificados estes efeitos principalmente no segundo período de avaliação. A forragem consumida pelos animais a partir da ocorrência da geada foi composta basicamente por folhas e colmos que estavam em processo de senescência e pela grande quantidade de material morto acumulado no pasto.

Houve a tentativa da recuperação da pastagem através da retirada animais que estavam nos piquetes, permanecendo apenas os animais *testers* na pastagem. Mas com a morte da maioria dos colmos das plantas, o rebrote do pasto foi muito lento, não conseguindo ofertar a quantidade adequada de massa de forragem para manter as exigências nutricionais dos animais.

5.3.4 Massa de Forragem e Taxa de Acúmulo

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) de altura, período e da interação entre doses de adubação nitrogenada e períodos sobre a massa de forragem (Figura 13).

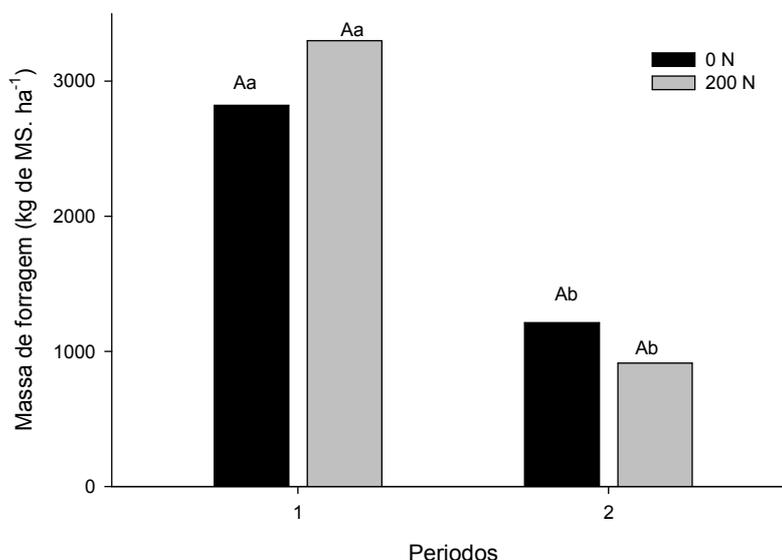


Figura 13 – Massa de forragem em função de períodos de avaliação (Período 1 = 09/07 a 08/08/2013; Período 2 = 09/08 a 06/09/2013) e de doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha⁻¹). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro do fator período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro do fator doses de adubação nitrogenada, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A utilização da adubação nitrogenada não afetou significativamente a massa de forragem no primeiro período de avaliação (2.819,76 versus 3.297,62 kg de MS.ha⁻¹). O solo da área experimental é de alta fertilidade, conforme análise de solo apresentada, e a pastagem de sorgo presente anteriormente nesta área foi manejada sob sistema de pastejo contínuo o que favoreceu a deposição de fezes e urina no solo. A alta fertilidade do solo associada a presença de animais em pastejo contínuo podem ter suprido a demanda de nitrogênio pela cultura de aveia preta, não proporcionando incrementos na produção de massa seca quando o N foi aplicado em cobertura na pastagem de aveia preta.

Outro fator a ser considerado que pode ter ocorrido na pastagem foi alterações na densidade de perfilhos provocadas com a utilização do nitrogênio em cobertura. Como a altura de dossel era o critério de manejo da pastagem e se para uma mesma altura do pasto houve mudanças nos valores de massa de forragem com a utilização ou não do nitrogênio, então, uma hipótese apontada é que o uso do nitrogênio provoca aumento na densidade populacional de perfilhos aumentando também a densidade e a massa de forragem.

Em pesquisa realizada por Cassol et al. (2011), em pastagem de aveia e azevém com utilização de 100 kg de N.ha⁻¹, após 30 dias do primeiro corte, a MS

acumulada foi de 2.398 kg de MS ha⁻¹. Este fato vem demonstrar que nesta pesquisa mesmo não utilizando N em cobertura a disponibilidade de N no solo foi suficiente para proporcionar alta produção de MS.

No segundo período de avaliação foi observada redução significativa da massa de forragem. Quando o N não foi aplicado, a massa de forragem variou de 2.820 para 1.212 kg de MS.ha⁻¹, representando redução de 57% e quando aplicado o N em cobertura, a variação foi de 3.297,62 para 912,49 kg de MS.ha⁻¹, representando redução de 72,4%.

A taxa de acúmulo diário de MS, não apresentou interação significativa para os fatores avaliados, entretanto apresentou diferença entre períodos de avaliação. No primeiro período, a taxa de acúmulo foi de 32,15 kg de MS.ha⁻¹ e no segundo período a taxa de acúmulo reduziu significativamente para 3,25 kg de MS.ha⁻¹. O acúmulo diário encontrado por Assmann et al. (2004), não utilizando N em cobertura em pastagem de aveia e azevém foi de 32,7 kg de MS.ha⁻¹ e de 45,4 kg de MS.ha⁻¹ utilizando 200 kg de N.ha⁻¹.

5.3.5 Composição Bromatológica da Simulação de Pastejo

As características bromatológicas da pastagem foram avaliadas através de amostras da simulação de pastejo, a fim de estimar a qualidade da forragem ingerida pelos animais. A altura de dossel, adubação nitrogenada e períodos de avaliação, não afetaram o teor de massa seca, cinzas, fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas, fibra em detergente ácido, lignina, hemicelulose e celulose (Tabela 10).

Tabela 10 – Percentual de massa seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas, fibra em detergente ácido, lignina, hemicelulose, celulose em amostras de simulação manual de pastejo com relação a períodos de avaliação.

Componente	Período 1	Período 2
Massa Seca	32,62	29,61
Cinzas	8,34	8,19
Fibra em Detergente Neutro	51,32	50,68
Fibra em Detergente Neutro corrigido	50,64	50,04
Fibra em Detergente ácido	31,84	32,15
Lignina	5,17	6,91
Hemicelulose	19,48	18,52
Celulose	26,67	25,25

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) da interação da adubação nitrogenada e altura de dossel para a proteína bruta do pasto (Figura 14). Os teores de PB da pastagem variaram de 14,72 à 19,84, tendo amplitude de 5,12 %. Sendo obtido o maior teor de nitrogênio no segundo período quando a pastagem não recebeu N em cobertura.

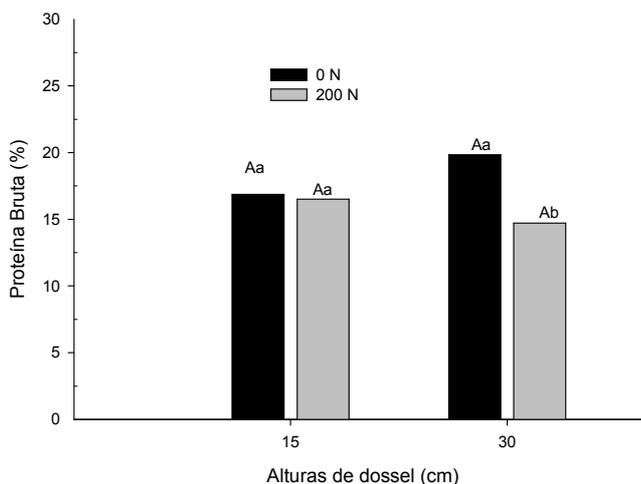


Figura 14 – Teor de proteína bruta em função de alturas de dossel (15 cm ou 30 cm) e de doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha⁻¹). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro do fator altura de dossel e minúsculas, comparando alturas de dossel dentro do fator dose de adubação nitrogenada, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de PB encontrados nesta pesquisa são inferiores aos obtidos por Cassol et al. (2011), quando elevaram os teores de PB de 22% para 27% o teor de PB com a utilização de 100 kg de N.ha⁻¹ e Soares e Restle (2002), elevaram de 24% para 27% com a utilização de 150 kg de N.ha⁻¹.

No segundo período, com a utilização de 200 kg de N.ha⁻¹ em cobertura houve redução na PB quando a pastagem foi manejada com 30 cm de dossel, podendo estar relacionado a menor quantidade de folhas verdes e o acúmulo de material morto. Por outro lado quando a pastagem foi manejada sem N em cobertura, houve menores danos provocados pelo frio, e assim as plantas conseguiram realizaram o melhor aproveitamento do N disponibilizado no solo. A disponibilidade de folhas verdes foi evidenciado por Carvalho et al. (2010) quando verificaram que a redução da disponibilidade deste componente diminui a qualidade do pasto ingerido e conseqüentemente o desempenho animal.

5.3.6 DESEMPENHO ANIMAL

As perdas significativas na produção de forragem em termos de massa de forragem e taxa de acúmulo refletiram significativamente em perdas na produção animal. Houve efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre período de avaliação e doses de N para carga animal (CA) em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e ganho de animal (GPA) em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Além desta interação, o GPA assim como o ganho médio diário (GMD) em $\text{kg} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ foram afetados significativamente pelo período de avaliação e altura de dossel.

A utilização de N na pastagem não incrementou a carga animal e o ganho de peso animal no primeiro período de avaliação quando as temperaturas baixas ainda não haviam comprometido a viabilidade da pastagem. Entretanto no segundo período de avaliação, a carga animal e o ganho de peso animal foi prejudicado quando a pastagem recebeu N em cobertura. Na literatura, não foram encontrados registros que discutem tal fenômeno em pastagens subtropicais como é o caso da aveia preta. Mas nesta pesquisa, a aplicação de N em cobertura potencializou a morte das plantas e ocorreu perda de peso dos animais (Figura 15).

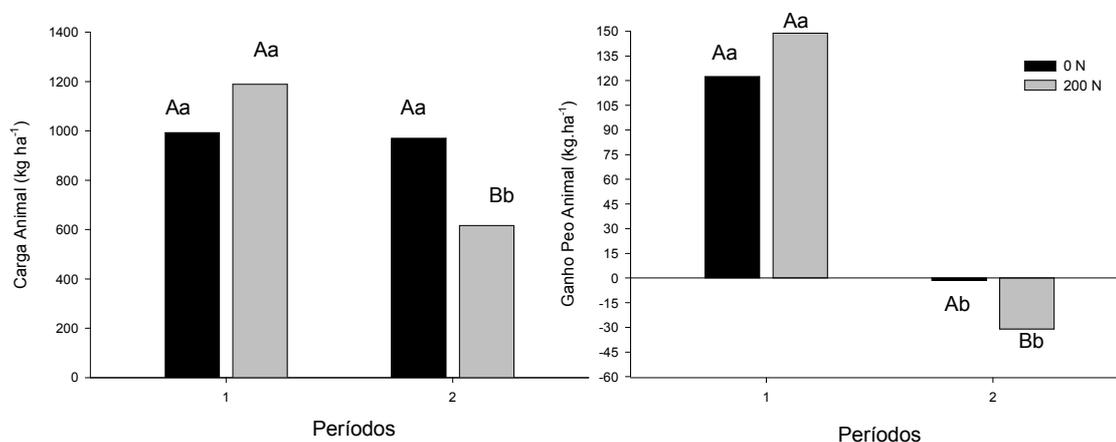


Figura 15 – Carga animal e ganho de peso animal em função de períodos de avaliação (Período 1 = 09/07 a 08/08/2013; Período 2 = 09/08 a 06/09/2013) e de doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro de cada período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro do fator doses de adubação nitrogenada, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O GPA e GMD tiveram interação significativa com períodos de avaliação e alturas de dossel. No primeiro período de avaliação o GPA foi superior quando o dossel da pastagem foi manejado a 15 cm de altura, mas o GMD não

diferiu entre as alturas de 15 e 30 cm (Figura 16).

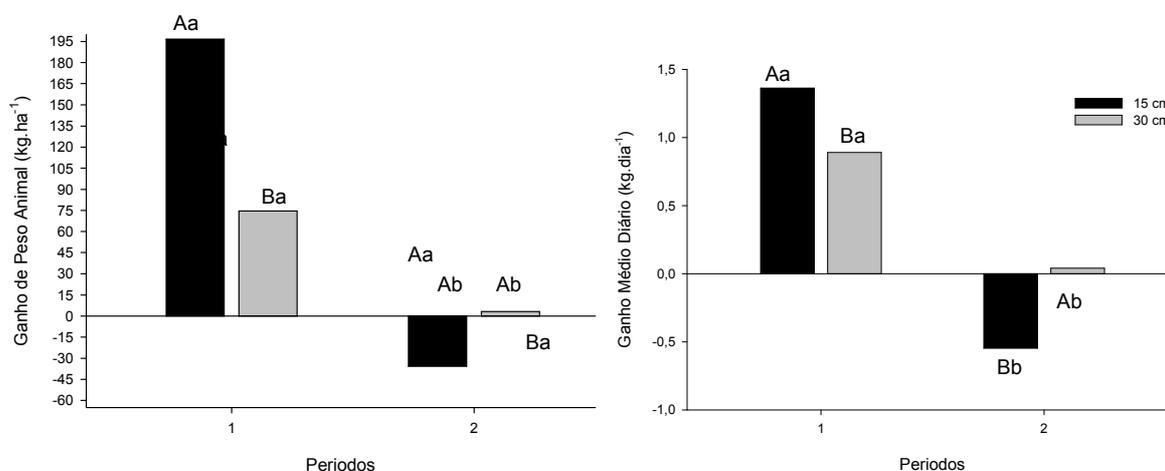


Figura 16 – Ganho de peso animal e ganho médio diário em função de períodos de avaliação (Período 1 = 09/07 a 08/08/2013; Período 2 = 09/08 a 06/09/2013) e alturas de dossel (15 cm ou 30 cm). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando alturas de dossel dentro do fator período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro do fator altura, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em pastagem de aveia e azevém AGUINAGA et al. (2006), avaliando alturas de pastejo encontraram GMD que variaram de 0,73 e 1,14 kg.animal⁻¹.dia⁻¹ que foram os de menor e maior desempenho, nas alturas de 10 e 30 cm, respectivamente. A maior carga animal obtida no primeiro período de avaliação na altura de 15 cm foi resultante do número maior de animais mantidos para conseguir manter o dossel significativamente menor a fim de obter alturas contrastantes de avaliação da pastagem.

Entretanto se observado o segundo período de avaliação a redução no GPA e no GMD foi significativa, ocorrendo maiores perdas na produção animal quando a pastagem foi manejada a 15 cm de altura. Este fato reforça novamente que as diferenças no desempenho animal do primeiro para o segundo período foram ocasionadas pela baixa oferta de pastagem. A baixa massa de forragem no segundo período de avaliação, provocou a perda de peso dos animais, principalmente nos piquetes que eram mantidos com 15 cm e receberam adubação nitrogenada. A alta carga animal mantida nestes piquetes reduziu significativamente o desempenho animal tanto individual como por área. A redução no desempenho animal como consequência da diminuição da disponibilidade de biomassa e qualidade da pastagem também foi observada por Carvalho et al. (2010).

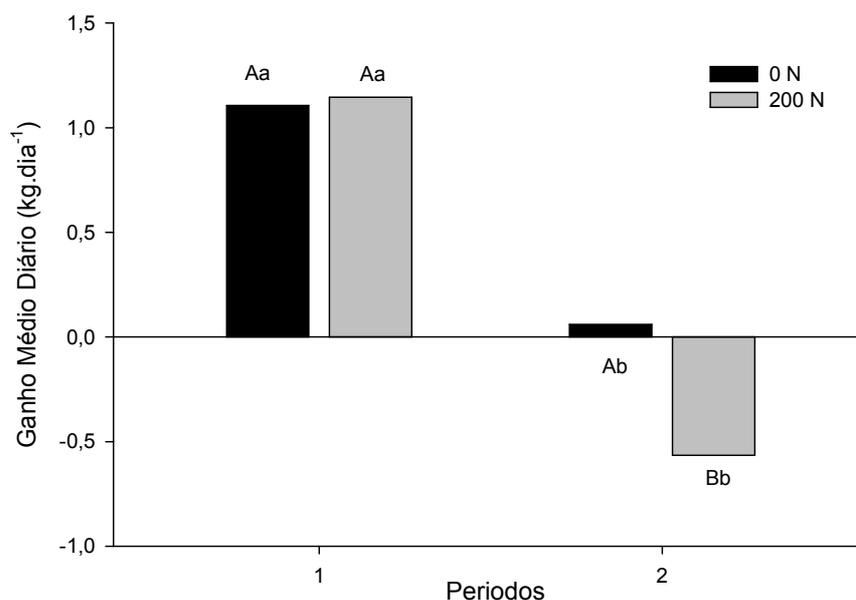


Figura 17 – Ganho médio diário em função de períodos de avaliação (Período 1 = 09/07 a 08/08/2013; Período 2 = 09/08 a 06/09/2013) e doses de adubação nitrogenada (0 ou 200 kg de N.ha⁻¹). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando doses de adubação nitrogenada dentro de cada período de avaliação, e minúsculas, comparando períodos de avaliação dentro de doses de adubação nitrogenada, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve interação significativa entre doses de adubação nitrogenada e períodos de pastejo para o GMD (Figura 17). No início do ciclo vegetativo a utilização do N não influenciou o GMD, já no segundo período com a utilização de 200 kg de N.ha a redução foi significativa em relação a não utilização. O GMD variou significativamente do período 1 para o período 2, com a utilização do N o GMD foi de 1,146 no período 1 e de -0,566 no período 2 e sem a utilização do N variou de 1,106 a 0,060 kg.ha.dia. A aplicação do N em cobertura pode ter colaborado com a morte das plantas e a baixa massa de forragem disponível aos animais, provocando as perdas de peso.

O período de pastejo foi interrompido quando a massa seca era de aproximadamente 750 kg de MS.ha⁻¹. A massa de forragem residual pós pastejo é a ligação entre os ciclos produtivos e tem grande influência no sucesso ou fracasso na continuidade deste sistema constituindo um aspecto de grande importância no manejo do pastejo. Assmann et al. (2003), obtiveram máxima produção de milho quando o resíduo de MS foi de 2.383 kg de MS ha⁻¹.

A manutenção dos sistemas de integração lavoura pecuária são dependentes do manejo do pastejo a fim de assegurar as condições de física e

química do solo adequadas ao cultivo. A massa de forragem em sistemas de pastejo contínuo é responsável pela proteção do solo ao pisoteio dos animais e será a grande responsável pela manutenção da matéria orgânica no solo. Em sistemas de ILP a matéria orgânica do solo é responsável pela ciclagem de nutrientes para a cultura posterior. Se no pastejo não forem garantidos os níveis de matéria orgânica para os cultivos posteriores e o solo permanecer descoberto, ocorrerá muitas perdas de N e C do solo, prejudicando a viabilidade do sistema.

5.4 CONCLUSÃO

A utilização de adubação nitrogenada em cobertura e alta altura de dossel deixam as plantas de aveia preta vulneráveis aos danos provocados pela geada provocando aumento da quantidade de material morto e diminuindo a quantidade de folhas verdes da pastagem.

Nestas condições a produção de biomassa e a produção animal ficam comprometidas, inclusive podendo comprometer a cobertura de solo para a cultivo de grãos subsequente.

6 VERÃO 2013/2014 (FASE III): ÍNDICE DE NUTRIÇÃO NITROGENADA DA CULTURA DO MILHO CULTIVADA NUM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

6.1 INTRODUÇÃO

O estado nutricional das plantas é dependente da disponibilidade de água e de minerais. O nitrogênio é o nutriente mais requerido em quantidade pelas plantas pois participa da composição de todas as proteínas, incluindo enzimas, além de ácidos nucleicos e clorofila. A alta exigência de N e a grande capacidade responsiva da cultura do milho à aplicação de fertilizantes nitrogenados tem elevado o custo de produção da cultura do milho como também tem aumentado os riscos de contaminação ambiental por íons de nitrato e amônio. Por isso, para uma correta nutrição nitrogenada da cultura do milho é importante levar em consideração que tanto o excesso quanto a deficiência poderão prejudicar a cultura e o ambiente.

Na produção de uma tonelada de grãos de milho, estima-se que sejam necessários de 20 a 28 kg de N.ha⁻¹ (CANTARELLA, 1993). Entretanto, a eficiência da utilização do N pelas plantas é influenciado pelas práticas de manejo da adubação nitrogenada. Quando a adubação nitrogenada é aplicada a cultura do milho geralmente é considerada a matéria orgânica do solo, a cultura antecessora e a expectativa de rendimento da cultura. Sendo dessa forma estimado antes da semeadura, não ocorrendo o monitoramento desse elemento após a emergência, e no solo a disponibilidade de N depende de múltiplos processos que interferem na dinâmica do N no solo (RAMBO et al., 2004)

A integração lavoura-pecuária (ILP) aparece com uma das estratégias mais promissoras para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso do nitrogênio por isso mais sustentáveis no tempo (ASSMANN et al., 2003). A presença do componente animal no sistema ILP promove a ciclagem dos nutrientes no sistema através do reaproveitamento destes nutrientes presentes nas fezes e urina. O pastejo também pode aumentar a disponibilidade de nutrientes por meio da manutenção, na superfície do solo, de uma fração de nutrientes orgânicos facilmente mineralizáveis, onde são mais acessíveis às plantas e aos microorganismos (ARCHER e SMEINS, 1991).

Em pesquisas realizadas sob sistema de integração lavoura pecuária

por Assmann et al. (2003), Lang et al. (2011), Sandini et al. (2011), Balbinot Junior et al. (2010), não foi encontrada resposta produtiva da cultura do milho quando o N foi aplicado em cobertura caracterizando que a cultura estava no nível de suficiência quanto ao fornecimento de N. Nestes trabalhos, a aplicação de N em cobertura caracterizou uma situação antieconômica, além de riscos de contaminação ambiental pela aplicação de N além da necessidade da cultura.

Embora os fertilizantes nitrogenados, tenham sido amplamente estudados em sistemas agrícola, em ILP são escassos os estudos que demonstrem como ocorre a liberação destes nutrientes para o sistema e como pode ser manejada a liberação destes nutrientes para atender a demanda das culturas. A altura de pastejo neste sistema pode influenciar os processos de mineralização/imobilização de N, facilitar a rápida decomposição de substratos (SINGH et al., 1991) e aumentar a taxa de ciclagem de N resultante da deposição de urina e fezes (BAUER et al., 1987). Dependendo da altura de pastejo esta deposição de fezes e urina poderá ser maior ou menor, dependendo do número de animais que realizam o pastejo. Em sistemas de ILP são poucos os estudos que demonstrem o efeito da adubação nitrogenada e da altura de dossel na nutrição da cultura do milho. O melhor gerenciamento do N neste sistema aumentará a eficiência da utilização da adubação nitrogenada, melhorando também a produtividade da cultura, e diminuindo os riscos para o meio ambiente.

Buscando realizar o diagnóstico antecipado do N ao longo do crescimento e desenvolvimento das culturas, Gastal e Lemaire (2002) propõem que a nutrição nitrogenada de plantas cultivadas seja tratada através de uma abordagem mais dinâmica do processo de disponibilidade de N no solo, absorção e distribuição de N na planta. Com base nesta premissa, estes autores têm desenvolvido o conceito de concentração crítica de N em várias culturas a fim de quantificar o status nitrogenado ao longo do seu desenvolvimento. Nesta metodologia é obtido a concentração mínima de N que proporciona a máxima produção de massa seca da parte aérea, distinguindo situações de deficiência de N, excesso de N (consumo de luxo) e nutrição nitrogenada ótima.

Por outro lado, em muitas situações de campo a diagnose foliar ainda é um parâmetro levado em consideração e muito utilizado no diagnóstico nitrogenado antecipado da cultura do milho. A principal justificativa para sua utilização baseia-se no fato de que as folhas são órgãos da planta que refletem o seu estado nutricional

e pelas análises terem baixo custo. Neste método, são consideradas concentrações de 27 e 35% de N no terço central da folha bandeira como a faixa de suficiência (CANTARELLA et al., 1993). A principal limitação deste método é que a produção da cultura já está definida, e no caso de diagnóstico de deficiência de N não é possível a adoção de medidas corretivas (ORIOLO JÚNIOR, 2013)

Considerando um sistema de integração lavoura pecuária, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar o estado nutricional nitrogenado da cultura do milho, antecedida por uma pastagem de aveia preta submetida a interação de doses de adubação nitrogenada e alturas de pastejo.

6.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período de outubro de 2013 a março de 2014 na propriedade do Sr. Caetano Pacheco, localizada no município de Abelardo Luz-SC. A área experimental encontra-se localizada entre as coordenadas de 26° 31,7' Sul e 15°35,7' Oeste, com altitude de aproximadamente 850 metros. O clima da região é classificado como Cfb (subtropical mesotérmico úmido), segundo classificação de Köppen (OMETTO, 1981). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno, apresentando relevo levemente ondulado de textura argilosa.

Para atender o objetivo proposto, o trabalho foi conduzido em duas fases. Na fase I, conduzida com pastagem (verão 2012/2013 e inverno 2013), constituiu uma etapa preparatória onde foram aplicados os tratamentos de altura de dossel (Baixa Altura e Alta Altura) e adubação nitrogenada em cobertura (0 e 200 kg de N.ha⁻¹). Na fase II, conduzida durante o verão (2013/2014) com a cultura do milho, foram avaliados os efeitos residuais dos tratamentos aplicados na primeira fase.

6.2.1 Fase I – Inverno (2013)

Na área experimental, foram construídos 12 piquetes que totalizavam 142.178,1 m². Nas fases I e II os piquetes constituíram as unidades experimentais. Adjacente aos piquetes foram utilizados 10 ha para manutenção dos animais

reguladores da altura do dossel da pastagem. A área dos piquetes foi determinada de acordo com os tratamentos, variando de 10.727,12 m² a 12.973,55 m².

O delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial (2 X 2), com três repetições. O primeiro fator considerado foi a altura de dossel (15 e 30 cm). O segundo fator foi constituído por dois níveis de adubação nitrogenada em cobertura (0 e 200 kg de N.ha⁻¹).

A semeadura da pastagem de aveia preta foi realizada no dia 22/05/2013 em sistema plantio direto, utilizando 100 kg de sementes.ha⁻¹ de aveia preta comum. No momento da semeadura, não foi utilizada adubação de base. Entretanto no dia 15/06/2013 foi realizada a primeira aplicação de N em cobertura utilizando 200 kg de N.ha⁻¹ aplicados em cobertura anteriormente ao pastejo.

O pastejo foi realizado de (09/07/2013 à 06/09/2013) utilizando novilhos de corte das raças neloreXcharolês. O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua com taxa de lotação variável (MOTT e LUCAS, 1952) a fim de manter as alturas pretendidas da pastagem de aveia preta de 15 ou 30 cm.

6.2.2 Fase II – Verão (2013/2014)

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, num esquema fatorial 2x2 com três repetições de área. Os fatores avaliados foram alturas de dossel do pasto (AA - Alta Altura, BA - Baixa Altura), épocas de aplicação de nitrogênio (NG – nitrogênio nos grãos e NP – nitrogênio na pastagem), doses de adubação nitrogenada no milho (0, 100, 200 e 300 kg de N.ha⁻¹) e período (46, 53, 60, 67, 76 e 103 dias após a semeadura do milho). O nitrogênio na pastagem (NP) foi aplicado na forma de uréia no dia 15/06/2013 na proporção de 200 kg.ha⁻¹ de N. Na cultura do milho, o nitrogênio (NG) foi também aplicado em forma de uréia em V4 nas doses de (0, 100, 200 e 300 kg de N.ha⁻¹).

Após a retirada dos animais da pastagem de aveia preta (06/09/2013) foi realizada a dessecação da área no dia 02/10/2013 com o herbicida glifosate na dosagem de 900 g de ingrediente ativo por hectare. O híbrido de milho Máximus foi semeado em plantio direto no dia 10/10/2013, após 31 dias da remoção dos animais da pastagem, com espaçamento de 0,7 m entre linhas, totalizando 70.000 plantas.ha⁻¹, conforme recomendação da empresa melhoradora.

Na adubação de implantação do milho foram utilizados 400 kg do adubo NPK (08-20-20), correspondendo a 32 kg de N.ha⁻¹, 80 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 80 kg de K₂O ha⁻¹. No estágio V4 das plantas de milho foi aplicado o herbicida Atrazina+Simazina na dose de 8 L.ha⁻¹ para controlar o papuã (*Urocloua plantaginea*) e o milhã (*Digitaria horizontalis*).

A adubação nitrogenada na cultura do milho foi realizada 34 dias após a semeadura no dia 13/11/2013 em dose única, utilizando uréia (45% de nitrogênio) como fonte de adubação nitrogenada, de acordo com os níveis de N estabelecidos.

6.2.3 Variáveis estudadas

Com o objetivo de realizar o diagnóstico antecipado do estado nutricional nitrogenado Lemaire e Salette (1984) desenvolveram a curva de diluição crítica do nitrogênio. Este método foi desenvolvido com objetivo de realizar o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado durante o crescimento das culturas. A curva de diluição do N é obtida determinando-se em vários momentos do crescimento da planta a concentração mínima de N que proporciona a máxima produção de massa seca da parte aérea. Este método permite distinguir três situações nutricionais: deficiência de N, excesso de N (consumo de luxo) e nutrição nitrogenada ótima.

6.2.3.1 Massa seca acumulada e concentração de N

Foram realizados cortes aos 46, 53, 60, 67, 76 e 103 dias após a semeadura, no intervalo de V6 (estágio vegetativo com 6 folhas totalmente expandidas) a R4 (estágio reprodutivo com grão leitoso a farináceo). As amostragens da parte aérea das plantas foi realizada coletando-se, rente ao solo uma área de 1,05 m² (1,5 m X 0,7 m), nas 3 linhas centrais de cada subparcela. No dia 27/11/2013 foi realizado o primeiro corte das plantas de milho, quando a cultura atingiu acúmulo de 1.000 kg de MS.ha⁻¹, em todas as subparcelas.

Após cada corte, as plantas eram imediatamente pesadas para determinação da massa verde, estes dados posteriormente eram usados para estimativa da massa seca acumulada por hectare. Posteriormente 5 plantas de cada

subparcela eram amostradas e trituradas em moinho estacionário. Do material processado retirava-se subamostras de aproximadamente 800 g para serem encaminhadas a secagem. No laboratório, estas amostras eram pesadas e conduzidas para a estufa de ar forçado a 55 °C até peso constante. Após serem secas, novamente as amostras eram pesadas, e posteriormente trituradas em moinho estacionário “Thomas Willey” utilizando-se peneira com malha de 1 mm. As amostras foram analisadas no laboratório de bromatologia da Universidade do Oeste de Santa Catarina, Xanxerê-SC. As análises de N nos tecidos vegetais foram realizadas método micro-Kjedahl (AOAC, 1984).

6.2.3.2 Curva crítica de diluição do N

Os teores de nitrogênio encontrados na parte aérea das plantas foram contrastados com a curva de diluição proposta por Lemaire (1997). O cálculo da curva de diluição foi feito através da seguinte equação, que é específica para espécies C4:

$$N\% = 3,4(MS)^{-0,37} \quad (6)$$

Onde: N% é a porcentagem de nitrogênio (%) calculado de acordo com a biomassa produzida. O coeficiente 3,4 é a porcentagem de N contido na parte aérea das plantas em uma massa conhecida; MS é a quantidade total de biomassa produzida em t.ha⁻¹. O coeficiente -0,37 caracteriza o comportamento exponencial negativo da diluição do N durante o crescimento da cultura.

6.2.3.3 Nitrogênio Crítico

A curva do nitrogênio crítico (Ncrit) foi obtido através da relação entre a absorção de N e produção de biomassa pela cultura (PLÉNET e LEMAIRE, 2000), seguindo a equação, sendo os valores expressos em kg.ha⁻¹ de N:

$$N_{crit} = 34(MS)^{0,63} \quad (7)$$

Onde: Ncrit refere-se a quantidade de N absorvida em kg de MS ha⁻¹ de N, 34 corresponde a quantidade (kg) de N necessária para a produção de 1 t.ha⁻¹ de biomassa, e 0,63 referente ao coeficiente entre a quantidade de N absorvida e a taxa de crescimento de biomassa da cultura.

6.2.3.4 Índice Nutricional Nitrogenado

A equação para determinação do índice nutricional nitrogenado (INN) foi obtida de acordo com a seguinte equação segundo Lemaire et al., (1989).

$$\text{INN} = (100 \cdot \text{N}\%) / (3,4 \cdot \text{DM}^{-0,37}) \quad (8)$$

De acordo com esta equação o INN é a razão entre o Ncrit e a concentração de N observada na parte aérea das plantas para uma dada MS. Valores acima de 100 é considerado como excesso de nitrogênio absorvido pelas plantas, níveis entre 80 e 100 são satisfatórios, entre 60 e 80 inadequados e abaixo de 60 é considerado deficiente.

6.2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de normalidade e quando necessário foram ajustadas através da raiz quadrada. Depois de satisfeitas as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variâncias, os dados foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento MIXED (LITTEL et al., 1996; 2006) do software estatístico SAS Statistical Analysis System - SAS v. 9.0 (SAS, 2002), sendo o período foi utilizado como medida repetida no tempo a 5% de significância. As médias foram comparadas pelo teste Tukey (5% de significância). Os dados foram submetidos à análise de correlação de Pearson.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 11 são apresentados os níveis de significância para massa seca (MS) acumulada, teor de nitrogênio (% N) na planta e índice nutricional nitrogenado (INN) de acordo os fatores avaliados: altura de dossel do pasto (AA - Alta Altura, BA - Baixa Altura), épocas de aplicação de nitrogênio (NG – nitrogênio nos grãos e NP – nitrogênio na pastagem), doses de adubação nitrogenada no milho (0, 100, 200 e 300 kg de N.ha⁻¹) e dias após semeadura (DAS) (46, 53, 60, 67, 76 e 103 dias).

Tabela 11 – Níveis de significância das causas de variação (N = épocas de aplicação de nitrogênio, Alt = altura de dossel, NG = doses de adubação nitrogenada na cultura do milho e DAS = dias após semeadura) sobre as variáveis Massa seca acumulada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), índice nutricional nitrogenado na cultura milho.

Fontes de Variação	Massa seca acumulada	% N	INN
N	0,0092	<0,0001	ns
Alt	ns	ns	ns
Alt*N	0,0034	ns	ns
NG	0,0002	<0,0001	ns
N*NG	ns	<0,0001	ns
Alt*NG	ns	0,0221	ns
Alt*N*NG	ns	ns	ns
DAS	<0,0001	<0,0001	ns
DAS*N	0,0078	ns	ns
DAS*Alt	ns	ns	ns
DAS*NG	ns	0,0010	ns
DAS*Alt*N	ns	ns	ns
DAS*N*NG	ns	ns	ns
DAS*Alt*NG	ns	0,0308	ns
DAS*Alt*N*NG	ns	ns	ns

ns = não significativo

A avaliação da MS acumulada e o teor de N nas plantas são de fundamental importância para o estudo do comportamento do INN durante o desenvolvimento da cultura. O estudo do INN é realizado no período em que a cultura atinge acúmulo de $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS até o enchimento de grãos. Este período compreende a época de maior exigência de nitrogênio pela planta que ocorre entre V4 e V6 e estende-se até o completo enchimento de grãos R3 e R4 quando a planta encerra a translocação de reservas para o grão.

Para efeitos de discussão e entendimento do INN apresentado na sequência será realizada uma abordagem dos fatores isolados que interferiram na MS acumulada e no teor de nitrogênio e posteriormente serão apresentados os efeitos das interações sobre estas variáveis.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) na MS acumulada e no teor de N na planta para épocas de aplicação do N (NP e NG), doses de N aplicadas no milho e DAS. Utilizando o N em cobertura na pastagem (NP) a MS acumulada foi de $17,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ e quando o N foi aplicado somente na cultura (NG), o acúmulo de MS reduziu para $15,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ resultando numa diferença de acúmulo de $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS. O teor médio de N na cultura foi de 1,85% para NP e de 1,65% para NG, representando uma diferença na ordem de 10,8% em relação NP/NG. Durante o desenvolvimento da cultura a MS acumulada variou de 1,85 a $16,94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS e o teor médio de N variou de 2,55% a 1,01% dos 46 aos 103 DAS, respectivamente (Figura 18).

O comportamento da MS acumulada e do teor de N na planta foi de

acordo com Lemaire e Gastal (1997), ocorrendo um incremento linear no acúmulo de MS e redução exponencial no teor de N na planta. O crescimento vegetativo da planta pode ser dividido em dois compartimentos. Um compartimento chamado metabólico que está associado com a fotossíntese, e tem uma elevada concentração de nitrogênio; e um segundo compartimento chamado estrutural que está associado com a construção da arquitetura espacial das plantas (LEMAIRE e GASTAL 1997). Aos 46 DAS a cultura estava em pleno desenvolvimento vegetativo, caracterizado pelo rápido crescimento das plantas (fase metabólica) e ao final do período de avaliação aos 103 DAS a cultura já havia completado o seu desenvolvimento (fase estrutural). Fato este que explica o maior teor de N no início da fase vegetativa do milho aos 46 DAS e os menores teores aos 103 DAS.

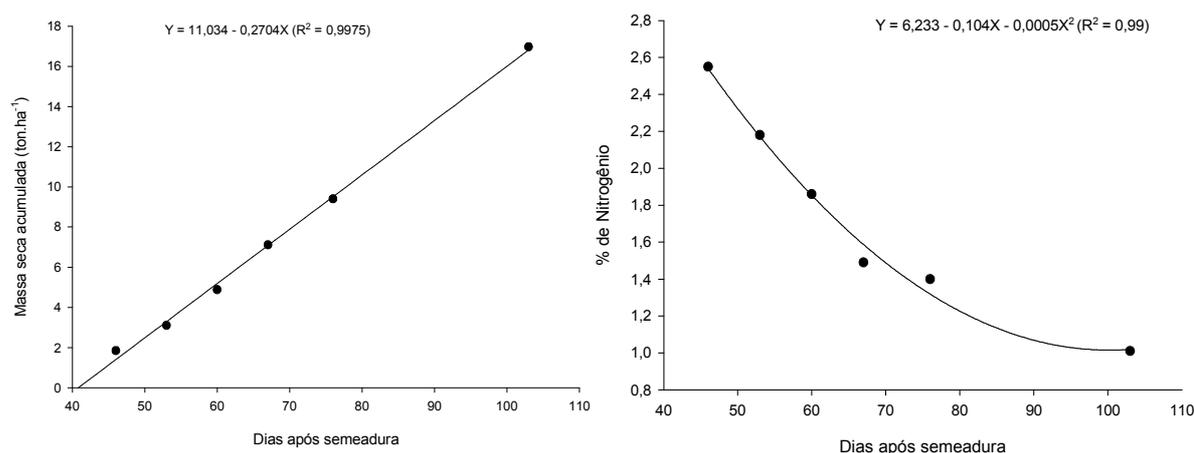


Figura 18 – Massa seca acumulada (t.ha⁻¹) e proporção de nitrogênio (%) conforme o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho.

Independente da utilização de NP ou NG, quando foi aplicado o N em cobertura na cultura do milho houve incremento linear na produção de MS e nos teores de N na planta inteira. O maior acúmulo de MS foi atingido na maior dose de N aplicada, sendo verificado tal fato com a aplicação de 300 kg de N.ha⁻¹, mas os teores de N na planta inteira atingiram os maiores níveis quando aplicado aproximadamente 200 kg de N.ha⁻¹ (Figura 19).

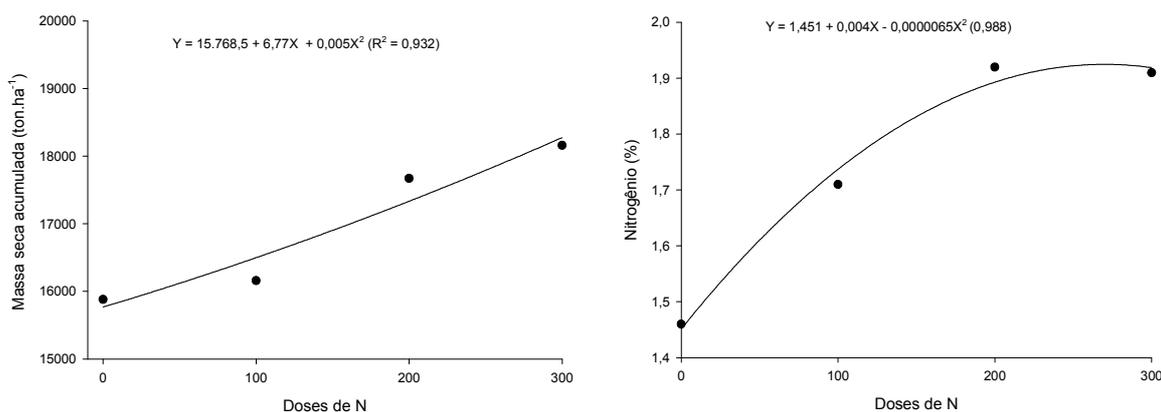


Figura 19 – Massa seca acumulada (t.ha⁻¹) e proporção de nitrogênio (%) de acordo com as doses de N aplicadas na cultura do milho.

Por ser uma planta C4, o milho é altamente responsivo a adubação nitrogenada e possui alta capacidade de conversão de energia luminosa em biomassa. Broch e Ranno (2012), verificaram na cultura que a exportação de N é proporcional e gradativas com o acúmulo de MS e produtividade de grãos, tornando a cultura altamente dependente do nitrogênio para altas produções de biomassa. Mesmo utilizando 300 kg de N.ha⁻¹ foi possível observar incremento na MS acumulada, entretanto nesta mesma dose os teores de N observados diminuíram. Para explicar tal fato podemos considerar que o nível de suficiência da nutrição nitrogenada pode ter sido suprida com uma quantidade menor que 300 kg de N.ha⁻¹ ou a produção de biomassa proporcionado pelas altas doses de N tenha diluído os teores de nitrogênio na planta. Assim, verifica-se a importância de estudar a interação entre estas duas variáveis resposta (MS acumulada e teor de N na planta) para que seja possível a obtenção de um índice que consiga apontar em termos quantitativos a dose de N, capaz de assegurar os melhores resultados na nutrição nitrogenada do milho.

6.3.1 Efeito da interação na MS acumulada

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre altura de dossel e épocas de aplicação de N. Quando o nitrogênio foi aplicado em NG na AA, a MS foi significativamente menor (Figura 20). A hipótese provável para que ocorra o comprometimento do acúmulo de MS é a insuficiência de N no solo para a cultura. O resíduo deixado pela pastagem foi a fonte de nutrientes para a cultura de milho,

entretanto a velocidade de liberação destes nutrientes é dependente da interação entre o clima e a qualidade do resíduo. Em resíduos com elevada relação C:N, ocorre imobilização microbiana deixando o N indisponível para a cultura (TEIXEIRA et al., 2009). Como a pastagem não recebeu nitrogênio em cobertura, o resíduo produzido por ela, provavelmente era deficiente em N e rico em carboidratos estruturais o que dificultou a sua decomposição e aumentou a imobilização de N pela ação microbiana o que provocou a redução de N disponível no solo para a cultura. Por outro lado na AA com NP, o acúmulo de MS foi promovido provavelmente pelo efeito do N residual e pela liberação do N da palhada.

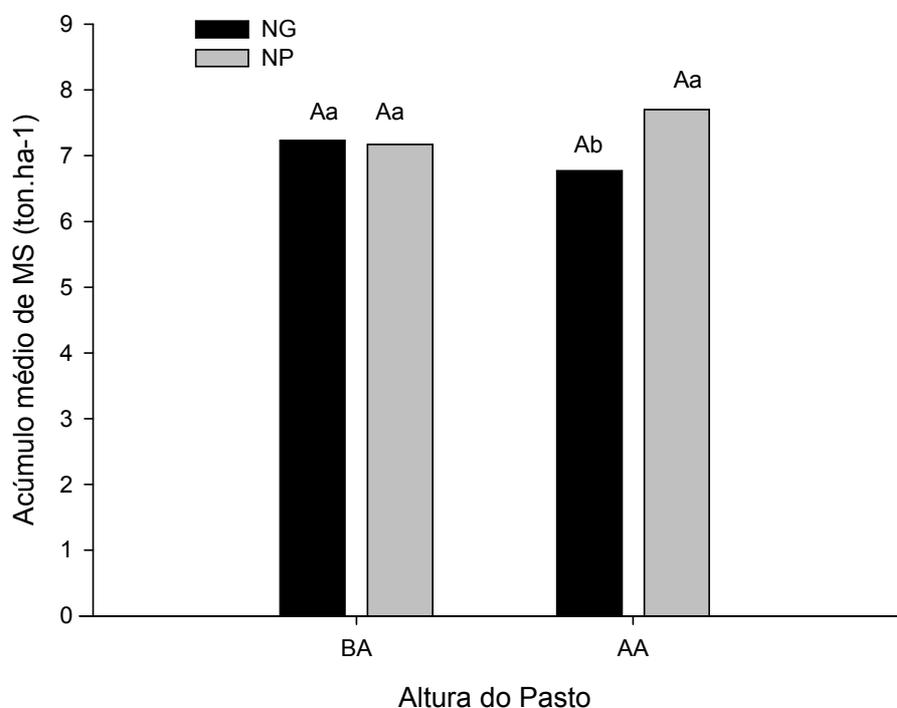


Figura 20 – Efeito da interação entre alturas de dossel (Baixa Altura – BA e Alta Altura - AA) e épocas de aplicação de adubação nitrogenada (Nitrogênio aplicado somente na cultura - NG e nitrogênio aplicado na pastagem - NP) sobre o acúmulo médio de matéria seca na cultura do milho (t.ha⁻¹). Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando altura de dossel dentro do fator épocas de aplicação de nitrogênio, e minúsculas, comparando, épocas de aplicação de nitrogênio dentro do fator altura de dossel diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A interação entre época de aplicação de nitrogênio e dias após semeadura (DAS) foi significativa ($P < 0,05$) para MS acumulada. Quando utilizado o NP houve incremento significativo de 1,94 toneladas de MS.ha⁻¹ na MS acumulada na cultura do milho, representando 12,12% de incremento na produção de MS. A

partir de 60 DAS a dinâmica da MS acumulada foi diferente para NP e NG (Figura 21). A maior demanda de N pela cultura do milho é maior nas fases de V6 a V8, pois nestas etapas ocorre intenso crescimento das raízes e alongamento de entrenós (WEISMANN, 2008). A menor disponibilidade de N em NG no período vegetativo, pode ter comprometido o acúmulo de MS durante o desenvolvimento da cultura. Para altas produtividades da cultura de milho, o N deve estar disponível ao longo do ciclo vegetativo em quantidade que possa suprir a demanda de produção de biomassa.

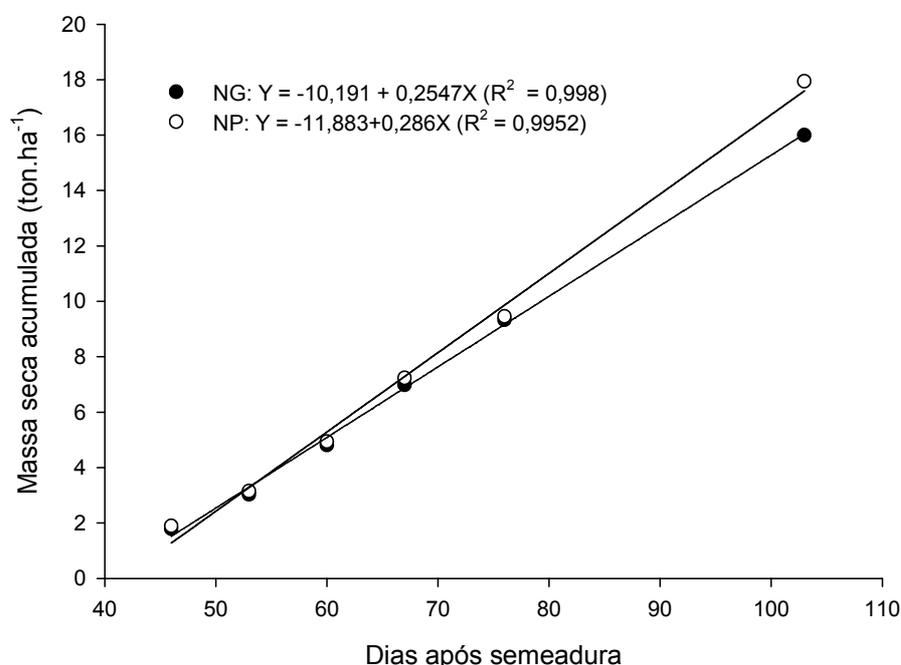


Figura 21 – Massa seca acumulada (t.ha⁻¹) de acordo com as doses de N aplicadas na pastagem de aveia preta e dias após semeadura.

Em estudo sobre a extração de nutrientes na cultura do milho, Maggio (2006), verificou que nos primeiros 30 DAS ocorre a extração de 12,54 kg de N.ha⁻¹ e aos 99 DAS 395,47 kg de N.ha⁻¹. Em condições de baixa disponibilidade de N no solo, a MS acumulada diminui quando o N disponível for limitante para o crescimento vegetativo. Nesta pesquisa este fato ocorreu após 60 DAS, o que no final do ciclo vegetativo diferiu a utilização do NP ou NG. Por isso, na maioria dos casos, a deficiência de N só é percebida ao final do ciclo vegetativo da cultura, quando não é mais possível a correção da nutrição nitrogenada. Durante os estágios V6 e V8, quando ocorre o crescimento das raízes e alongamento dos entrenós, a

deficiência de N pode afetar severamente o número de fileiras de grãos nas espigas e a produção potencial da cultura (WEISMANN, 2008), que ocorrem aproximadamente no período de 50 a 70 DAS.

6.3.2 Efeitos da interação no teor de nitrogênio na planta

A utilização de NP aumentou os teores de N no milho independente da utilização do NG (Figura 23). Quando utilizado o NP o teor de N atingiu 1,65% enquanto que em NG o teor de N foi de 1,27%. Os maiores teores de N obtidos em NP pode ser atribuído ao efeito residual do NP. A partir da aplicação de 200 kg de $N \cdot ha^{-1}$, os teores de N encontrados no milho foram semelhantes em NP e NG (Figura 22).

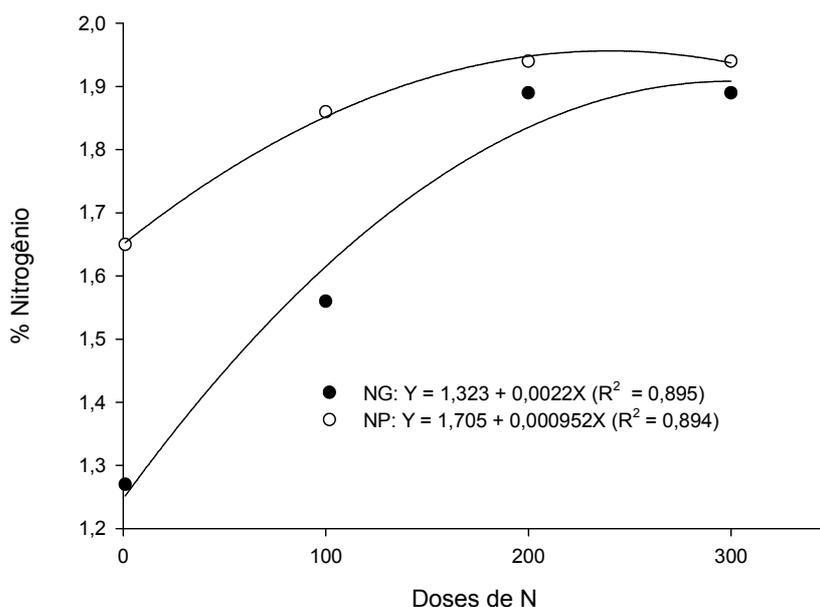


Figura 22 – Percentual de N no milho de acordo com as doses de N aplicadas na pastagem de aveia preta e doses de N aplicados na cultura do milho.

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre altura de dossel e doses de N aplicadas na cultura do milho para o teor de N na cultura (Figura 24). Na BA de dossel o ponto de inflexão da curva é próximo a dose de 200 $kg \cdot ha^{-1}$ e na AA de dossel o ponto de inflexão ocorre próximo a dose de 300 $kg \cdot ha^{-1}$. O ponto de inflexão da curva do teor de N nos dá uma estimativa de acumulação máxima de N na biomassa aérea. Neste caso tanto as taxas de crescimento quando de absorção são máximas e a disponibilidade de N no solo não é limitante. A absorção do N é

regulada por processos complexos que envolvem um feedback negativo a partir dos compostos reduzidos de N transportados para as raízes no floema. Quando a disponibilidade de N no solo é alta, o N é armazenado na forma de nitrato e/ou é reduzido em N nos vacúolos das folhas (PLÉNET e LEMAIRE, 2000).

O teor de N nas plantas é um indicativo da eficiência da nutrição nitrogenada, ou seja, do balanço entre o N aplicado no solo e o N absorvido pela planta. A disponibilização do N aplicado no solo para a planta é dependente dos processos de mineralização/imobilização, por isso, na AA, a imobilização do N pela decomposição foi maior provavelmente em razão da quantidade de palhada depositada na superfície do solo. Outro fator que pode ter influenciado na menor disponibilidade de N no solo foi a menor carga animal utilizada na AA. Com um número menor de animais na área a quantidade de fezes e urina sobre o solo também foi reduzida o que influenciou decisivamente nos processos de mineralização da matéria orgânica.

Na Figura 23, o ponto de inflexão da curva da BA ocorreu numa menor dose de adubação nitrogenada e com isso podemos inferir que o nível de suficiência em N pelas plantas de milho nesta estrutura é atingido com o fornecimento de menores doses de adubação nitrogenada. Enquanto que na AA o ponto de inflexão é atingido com o fornecimento de maiores doses de adubação nitrogenada a cultura.

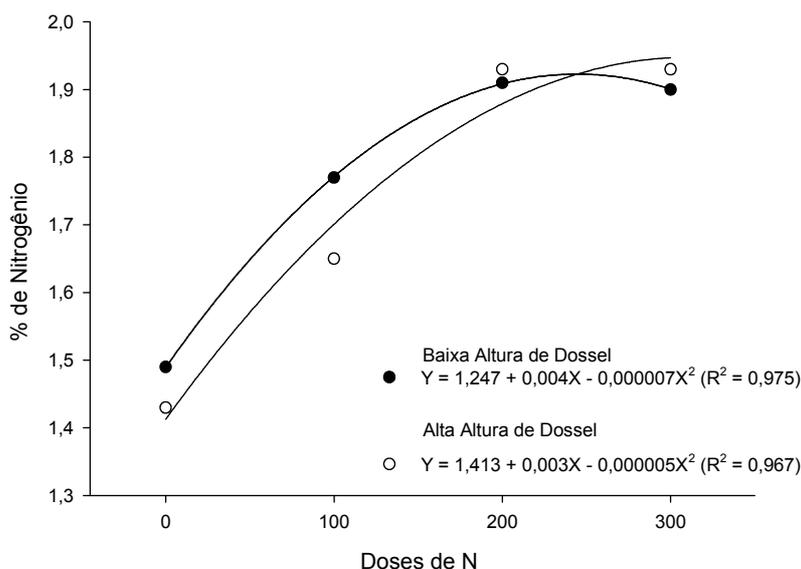


Figura 23 – Percentual de N no milho de acordo com a altura de dossel da pastagem e doses de N aplicadas na cultura do milho.

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre DAS e doses de nitrogênio aplicadas no milho. O teor de N na planta diminuiu ao longo do período vegetativo em todas as doses de N aplicadas (Figura 24). Aos 46 DAS, os maiores teores de N na planta foram obtidos nas maiores doses de N aplicadas à cultura. O decréscimo da proporção de N foi mais acentuado nas menores doses de adubação nitrogenada.

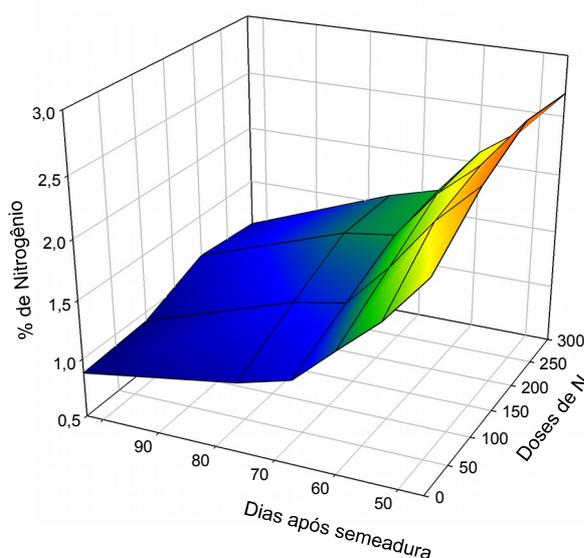


Figura 24 – Proporção de N de acordo com as doses de N aplicadas na cultura do milho e desenvolvimento da cultura do milho.

A interação tripla entre dias após semeadura, altura de dossel e doses de adubação nitrogenada teve efeito significativo ($P < 0,05$) no teor de nitrogênio da planta. Na BA a maior inflexão da superfície resposta ocorreu nas doses de até 100 kg de $N \cdot ha^{-1}$ enquanto que na AA a inflexão da superfície resposta ocorre nas doses de até 200 kg de $N \cdot ha^{-1}$. A hipótese provável para este fato é a ciclagem de nutrientes ocorrer de forma mais rápida no dossel mais baixo, reduzindo a quantidade de nitrogênio imobilizada. Dessa forma com menores doses de N aplicados na forma de uréia é possível atingir o nível de suficiência para a cultura do milho quando o dossel da pastagem for mantido baixo.

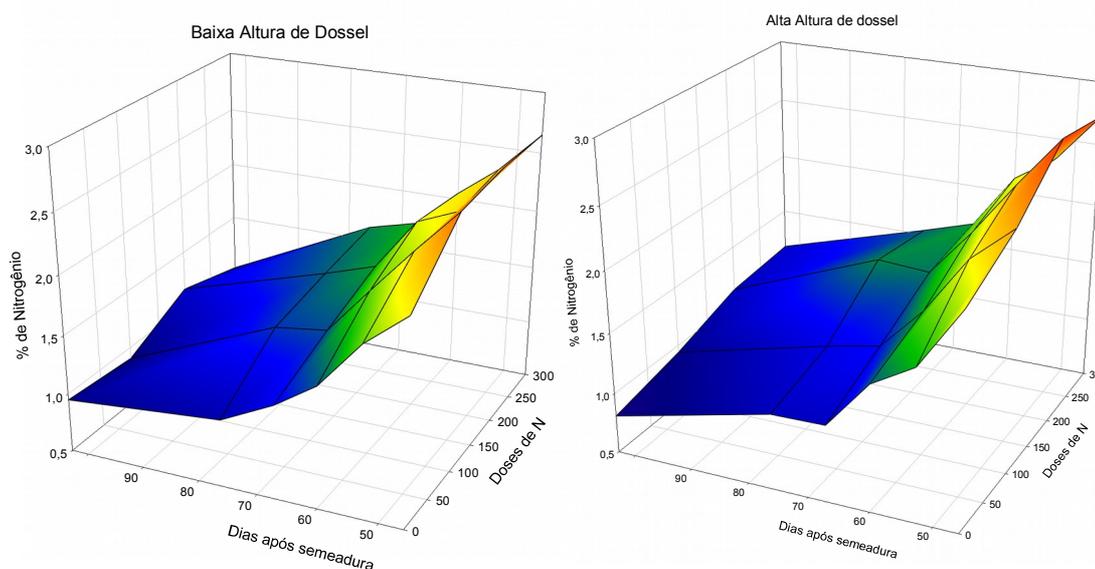


Figura 25 – Teor de N no milho de acordo com a interação tripla entre dias após semeadura, altura de dossel e doses de nitrogênio aplicadas no milho.

6.3.3 Índice nutricional nitrogenado na cultura do milho e taxa de diluição do N

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) dos fatores isolados e das interações destes fatores (épocas de aplicação de nitrogênio, altura de dossel e doses de adubação nitrogenada e dias após semeadura) sobre o INN.

Embora, não sendo significativo nesta tese será estudada a relação entre o teor de nitrogênio na planta e a MS acumulada através do estudo do INN. Na literatura esta relação tem sido estudada para verificar a eficiência da utilização do N (LEMAIRE, 1997; GASTAL e LEMAIER, 2002; LANG et al. 2011; LI et al. 2012; ORIOLI JUNIOR, 2013; SARTOR et al, 2014). O N crítico é outro fator determinado através da relação entre estas duas variáveis a fim de obter indicadores para maximizar o crescimento e a produção de MS.

Na AA (Figura 26A), com a aplicação de NG o milho atingiu níveis de suficiência com a utilização de 200 kg de $N\cdot ha^{-1}$. Nas doses de 0 e 100 kg de $N\cdot ha^{-1}$ o N crítico da cultura permaneceu abaixo da suficiência durante todo o ciclo de desenvolvimento. Mas se observado o NP, a cultura atingiu o nível adequado de suficiência com a aplicação de 100 kg de $N\cdot ha^{-1}$ desde o início do ciclo vegetativo

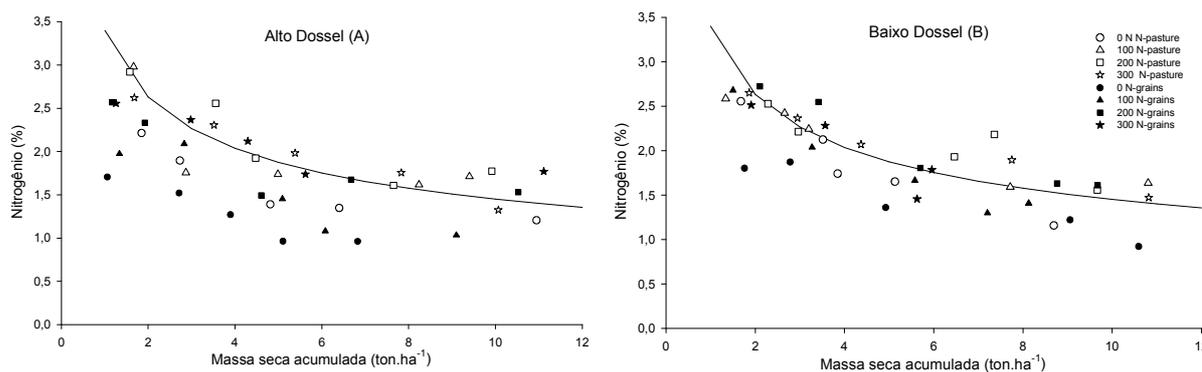


Figura 26 – Curva de diluição do nitrogênio ($N_{crit} = 3,4MS^{-0,37}$) proposta por Lemaire (1997) de acordo com a altura de dossel: Alto Dossel (A) e Baixo Dossel (B) e doses de adubação nitrogenada.

Na BA (Figura 26B), o NP proporcionou níveis de suficiência adequados durante todo o desenvolvimento da cultura. Quando foi utilizado somente NG, o N disponível no solo para as plantas foi suficiente somente no início do período vegetativo. O incremento na adubação nitrogenada foi necessário quando a cultura atingiu 4 toneladas de MS acumulada. O incremento da adubação nitrogenada com 100 kg de N.ha⁻¹ possibilitou a cultura atingir o nível de suficiência e mantê-lo durante todo o ciclo de desenvolvimento. A partir do acúmulo de 6 toneladas de MS, a aplicação de 200 kg de N.ha⁻¹, implicou numa situação de excesso de nitrogênio aplicado a cultura, caracterizando um consumo de luxo. Quando ocorre o fornecimento de N além da necessidade da cultura, o N excedente aplicado não será transformado em biomassa, transformando-se num agente de poluição ambiental de alto custo ao produtor.

O desempenho favorável do NP na BA de dossel pode ser explicado pelos fatores anatômicos-fisiológicos da pastagem. Segundo Gastal e Lemaire (2002) a adubação nitrogenada proporciona incremento na taxa de crescimento e expansão foliar, provocado pelo aumento do N foliar total. Na folha este N é particionado entre a enzima Rubisco e o complexo proteico que fazem a interceptação luminosa. O aumento na fotossíntese líquida da folha promove o aumento do crescimento, fixação do C, diminuição da relação C/N.

Por isso, quando o pasto com BA em razão da utilização de maior carga animal e associa-se adubação nitrogenada em cobertura, podemos proporcionar para a cultura subsequente uma melhor nutrição nitrogenada. O N da matéria orgânica estará mais prontamente disponível na solução do solo e não associado a estruturas de sustentação formadas por complexos de lignina e celulose. E também o N do sistema aumentará a sua taxa de ciclagem, resultante da

deposição de fezes e urina (BAUER et al., 1987) e também facilitando a decomposição de substratos (SINGH et al., 1991).

O INN é uma ferramenta utilizada para realizar a diagnose precoce do status nitrogenado das plantas durante o desenvolvimento da cultura e assim determinar a necessidade real da aplicação adicional de fertilizante nitrogenado. Os dados do INN confirmam novamente que a antecipação da adubação nitrogenada em cobertura através do NP proporcionam ao milho níveis adequados de nutrição nitrogenada, mesmo sem utilizar N em cobertura na cultura (NG) (Figura 27). A utilização do NP contribui com a aceleração dos processos de decomposição da matéria orgânica e disponibilização dos nutrientes para as plantas (SARTOR et al., 2014). O animal, promoveu a ciclagem dos nutrientes, pois o N excretado através da urina e fezes também aumentou a ciclagem e disponibilidade de nutrientes para as plantas. Foi verificada maior eficiência da utilização do nitrogênio em áreas com pastejo em pesquisa conduzida por Lang et al. (2011), mesmo não utilizando adubação nitrogenada em cobertura obtiveram maior eficiência e produção de milho nas áreas com pastejo e antecipação de adubação nitrogenada na pastagem.

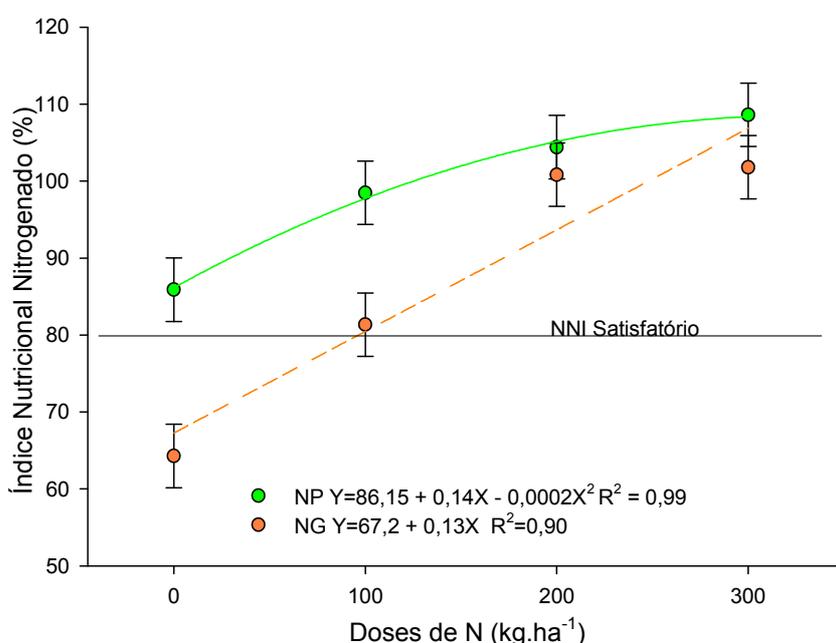


Figura 27 – Índice nutricional nitrogenado da cultura do milho submetido a doses de N aplicadas na cultura do milho.

6.3.4 Validação da curva de diluição do nitrogênio num sistema de ILP

Embora vários autores já tenham estudado a curva de diluição para a cultura do milho Plénet e Lemaire (2000) na França, Li et al. (2012) na China e Orioli Junior (2013) no sudeste brasileiro, nenhum sistema de validação levou em consideração o milho cultivado num sistema de ILP.

Na figura 28A e 28B mostram os resultados do ajuste da função potência ($N_{crit} = aMS^{-b}$). Para o parâmetro a foi encontrado o valor de 3,33 este valor indica a concentração de N na parte aérea quando o acúmulo de MS é igual a 1 tonelada de $MS \cdot ha^{-1}$. Valores superiores aos obtidos na cultura do milho foram obtidos por Plénet e Lemaire (2000) que encontraram o valor de 3,40, Li et. al. (2012) obtiveram o valor de 3,65, já no sudeste brasileiro Orioli Junior (2013) obteve valor de 3,21.

Quanto ao parâmetro b que se refere a intensidade de diluição do N durante o desenvolvimento da cultura, Plénet e Lemaire (2000), Li et. al. (2012) e Orioli Junior (2013) obtiveram -0,37, -0,48, -0,31 respectivamente. O valor do parâmetro b encontrado neste trabalho (-0,37) foi o mesmo encontrado por Plénet e Lemaire (2000) para ambas as alturas de dossel (alta e baixa).

A avaliação do estado nutricional nitrogenado durante o desenvolvimento da cultura do milho possibilita intervenções no manejo nutricional da cultura. Segundo Lemaire e Gastal (1997), a curva crítica de diluição do N é estável ao longo do tempo, e pode ser utilizada em locais com diferentes características edafoclimáticas. Com obtenção dos parâmetros para validação deste modelo, podemos afirmar que além destas características apontadas pelos autores a curva desenvolvida por Plénet e Lemaire (2000) pode ser aplicada a cultura do milho cultivado num sistema de ILP independente da altura de dossel.

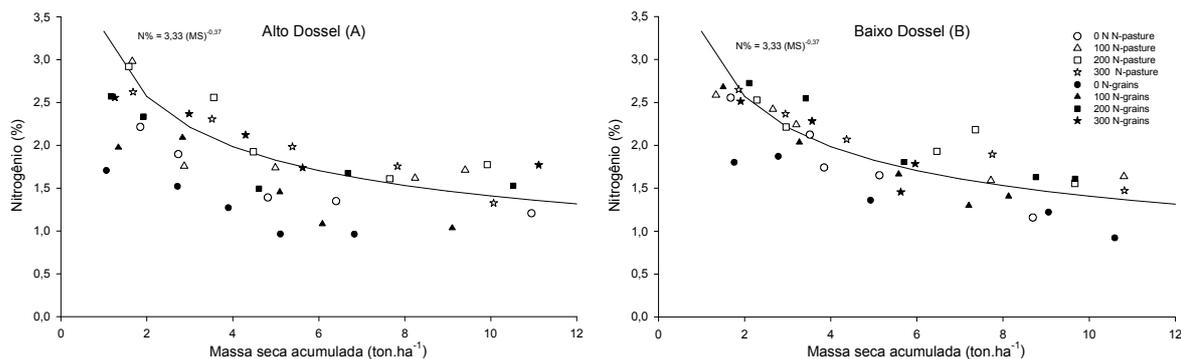


Figura 28 – Curva de diluição do nitrogênio ($N_{crit} = 3,33MS^{-0,37}$) de acordo com a altura de dossel: Alto Dossel (A) e Baixo Dossel (B) e doses de adubação nitrogenada.

6.4 CONCLUSÃO

A presença do pastejo e da adubação nitrogenada afetam positivamente a massa seca acumulada e o teor de N na planta.

Na cultura do milho cultivado em ILP, é possível obter níveis adequados de nutrição nitrogenada antecipando toda adubação nitrogenada em cobertura na pastagem.

Quando utilizado o nitrogênio somente em cobertura na cultura do milho o nível de suficiência na nutrição nitrogenada é atingido com a utilização de 100 kg de N.ha⁻¹.

O efeito da adubação nitrogenada aplicada em NG e NP terá o mesmo efeito com a utilização de doses superiores a 200 kg de N.ha⁻¹.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto a qual pertenceu esta tese avalia ao longo do tempo, o sistema ILP submetido aos efeitos da interação entre épocas de aplicação de nitrogênio (NP e NG) e alturas de dossel (Baixo e Alto). Esta tese foi o resultado dos três primeiros ciclos produtivos de um sistema que busca avaliar a interação dos fatores a longo prazo. Assim os efeitos destes fatores foram iniciais considerando os efeitos dos fatores sobre o solo.

Outro fator que influenciou inicialmente a resposta aos fatores avaliados nesta tese foi a condição inicial da fertilidade do solo na implantação da pesquisa. O solo em outubro de 2012 apresentava alto teor de matéria orgânica, o que proporcionava condição de nutrição adequada ao desenvolvimento da pastagem, por isso, altas doses de adubação nitrogenada aplicada à pastagem não proporcionaram diferenças expressivas com relação a não utilização de adubação nitrogenada na pastagem. Com o passar do tempo a expressão da interação entre os fatores avaliados deverá apontar diferenças marcantes de manejo através do estabelecimento de condições de fertilidade química e física contrastantes entre os fatores avaliados.

Quando foi utilizada a adubação nitrogenada em cobertura na pastagem o índice de INN do milho foi de aproximadamente 85%, enquanto que quando não utilizado o nitrogênio em cobertura no milho o INN foi de aproximadamente 65%. Este efeito residual ao longo do tempo deverá ser mais evidente quando este sistema for avaliado por um período maior de tempo.

Em ILP, além do efeito residual, a ciclagem de nutrientes é promovida, maximizando a utilização dos nutrientes aplicados ao sistema de produção. As técnicas de manejo da pastagem e da adubação nitrogenada buscam aumentar a eficiência da utilização dos nutrientes no sistema produtivo. Assim a adição de fertilizantes nitrogenados no solo deverá considerar o sistema produtivo envolvido a fim de aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes, diminuir os riscos ambientais, e aumentar o retorno econômico da atividade produtiva.

O efeito residual do nitrogênio nos ciclos produtivos foi evidente, demonstrando o potencial que sistemas de integração lavoura pecuária possuem na conservação dos nutrientes evitando perdas do sistema. Na recomendação de adubação para culturas e para a pastagem, usualmente não é considerada a cultura

anterior, somente é considerado o nível de matéria orgânica presente no solo e a capacidade produtiva da cultura/pastagem. Em sistemas de integração lavoura pecuária os nutrientes são mantidos no sistema ocorrendo o reaproveitamento deste nutriente pelas culturas subsequentes. O pastejo é o catalisador das reações e será ele o responsável pela maior ou menor velocidade de aproveitamento do nutriente no solo.

A sustentabilidade dos sistemas produtivos depende da manutenção de altas taxas fotossintéticas e alta fixação de carbono orgânico no solo. O sistema de integração lavoura pecuária, através de suas premissas básicas (uso do plantio direto, maximização do uso do solo, manutenção de cobertura do solo e adubação do sistema) promovem a sustentabilidade ambiental. Nesta pesquisa o efeito da residual da adubação antecipada na pastagem ficou evidente quando observada a nutrição nitrogenada da cultura do milho.

REFERÊNCIAS

AGUINAGA, Angelo Antonio Queirolo; CARVALHO, Paulo César Faccio; ANGHINONI, Ibanor; SANTOS, Davi Teixeira; FREITAS, Fabiana Kellermann de; LOPES, Marília Terra. Componentes estruturais e produção de forragem de uma pastagem de aveia e azevém submetida a diferentes alturas de manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 1523–1530, 2008.

AGUINAGA, Angelo Antonio Queirolo; CARVALHO, Paulo César Faccio; ANGHINONI, Ibanor; SANTOS, Davi Teixeira; FREITAS, Fabiana Kellermann de; LOPES, Marília Terra. Produção de novilhos superprecoces em pastagem de aveia e azevém submetida a diferentes alturas de manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 1765–1773, 2006.

ALBERTO, E. Efectos de la calidad de los forrajes y la suplementación en el desempeño de ruminantes en pastoreo. In: JOBIM, C.C.; SANTOS, G.T.; CECATO, U. (Eds.) **Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais**. Maringá: Cooper Graf. Artes Gráficas Ltda., 1997. p. 53–73.

ALVES, Rubens Cherubini. **Suprimento de nitrogênio para culturas de verão pela aplicação antecipada em azevém pastejado por ovino**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. 58 p.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 241–248, 2002.

AMARAL, Sérgio Ribeiro; LIRA, Mário de Andrade; TABOSA, José Nildo Tabosa; SANTOS, Mércia Virginia Ferreira dos; MELLO, Alexandre Carneiro Leão; SANTOS, Venésio Felipe. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condição controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 8, p. 973-979, 2003

ANGHINONI, Ibanor; CARMONA, Felipe de Campos; GENRO JUNIOR, Silvio Aymone; BOENI, Madalena. Adubação potássica em arroz irrigado conforme a capacidade de troca catiônica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 48, n. 11, p. 1481–1488, nov. 2013.

AOAC. Association Of Official Analytical Chemistry. **Official methods for analysis**. 14. ed. Arlington: 1984. 1108p.

ARCHER, Steve e SMEINS, Fred E. Ecosystem-level processes. In: HEITSCHMIDT, R.K. e STUTH, J. W., eds. **Grazing management: an ecological perspective**. Portland, Timber Press, 1991. p. 109–139.

ASSMANN, Alceu Luis; PELISSARI, Adelino; MORAES, Anibal; ASSMANN,

Tangriani Simioni; OLIVEIRA, Edilson Batista; SANDINI, Itacir. Produção de Gado de Corte e Acúmulo de Matéria Seca em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Presença e Ausência de Trevo Branco e Nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 37–44, 2004.

ASSMANN, Tangriani Simioni; ASSMANN, Alceu Luis.; ASSMANN, Joice .M. Ciclagem de nutrientes e adubação. In: ASSMANN, A.L.; SOARES A.B.; ASSMANN, T.S. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, 2008. p. 16–24.

ASSMANN, Tangriani Simioni.; RONZELLI, Júnior Pedro; MORAES, Anibal de; ASSMANN, Alceu; KOEHLER, H; SANDINI, Itacir. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 675–683, 2003.

BALBINOT JUNIOR, Antonio; MORAES, Aníbal de; PELISSARI, Adelino; VEIGA, Milton da; DIECKOW, Jeferson. Estratégias de uso do solo no inverno e seu efeito no milho cultivado em sucessão. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 1-4, p. 94–107, 2011.

BARBOSA, Rodrigo Amorin.; NASCIMENTO JÚNIOR, Domicio; EUCLIDES, Valéria Pacheco Batista; SILVA, Sila Carneiro da; ZIMMER, Ademir Hugo; TORRES JÚNIOR, Roberto Augusto de Almeida. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidades e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 42, n. 3, p. 329–340, 2007.

BAUER, Armand; COLE, C.V.; BLACK, A. L. Soil property comparisons in virgin grassland between grazed and non grazed management systems. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 51, p. 176–182, 1987.

BEAN, B.W.; BAUMHARDT, R.L.; MCCOLLUM III, F.T.; MCCUISTION, K.C. Comparison of sorghum classes for grain and forage yield and forage nutritive value. **Field Crops Research**. v. 142, p. 20–26, 2013.

BISSANI, C.A.; GIANELO, C.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J. Nitrogênio e Adubos nitrogenados. In: BISSANI, C.A.; GIANELO, C.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J. (Ed.) **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 145–168.

BOER, Carlo Adriano; ASSIS, Renato Lara de; SILVA, Gilson Pereira; BRAZ, Antonio Joaquim Braga Pereira; BARROSO, Alberto Leao de Lemos; CARGNELUTTI FILHO, Alberto; PIRES, Fabio Ribeiro. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 42, p. 1269 – 1276, set. 2007.

BROCH, Dirceu Luiz; RANNO, Sidnei Kuster. **Fertilidade do Solo, Adubação e**

Nutrição da Cultura do Milho. In: Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012. 2012. cap. 12, p. 240 – 252.

CAMACHO, R.; MALAVOLTA, E.; GUERERO-ALVES, J.; CAMACHO, T. Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 4. p. 771–776, 2002.

CAMPBELL, A.G. Grazed pastures parameters; I. Pasture dry matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. **Journal Agriculture Science**. v. 67, p. 211–216, 1966.

CANO, Clovenilson Claudio Perissato; CECATO, Ulysses; CANTO, Marcos Weber; RODRIGUES, Anneliese Biagi; JOBIM, Clóves Cabreira; RODRIGUES, Augusto Manoel; GALBEIRO, Sandra; NASCIMENTO, Willian Gonçalves. Produção de forragem do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) Pastejado em Diferentes Alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 33, p. 1949–1958, 2004.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BUL, L.T.; CANTARELLA, H. (EDS). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 147–198.

CANTO, Marcos Weber; CECATO, Ulysses; ALMEIDA JUNIOR, Josimar; JOBIM, Clóves Cabreira; AGULHON, Renata Alves; GAI, Vivian Fernanda; HOESCHL, André Ricardo; QUEIROZ, Maria, Fernanda Soares. Produção animal no inverno em capim tanzânia diferido no outono e manejado em diferentes alturas de pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 31, p. 1624–1633, 2002.

CARVALHO, Paulo Cesar Faccio; MORAES, Anibal. Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto. In: Simpósio sobre Manejo Sustentável das Pastagens, 2005, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2005. CD-ROM.

CARVALHO, Paulo Cesar Faccio; ROCHA, Lemar Maciel da; BAGGIO, Carolina; MACARI, Stefani; KUNRATH, Taise Robinson; MORAES, Aníbal de. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 39, p. 1857–1865, 2010.

CASSOL, Luís César; PITA, Jonatas Thiago; SOARES, André Brugnara; ASSMANN, Alceu Luiz. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 58, p. 438–443, 2011.

COELHO, Fabrício Silva; FONTES, Paulo Cezar Rezende; CECON, Paulo Roberto; BRAUN, Heder; SILVA, Ivo Ribeiro. Valor e predição do nível crítico de índices para avaliar o estado nitrogenado da batateira. **Ciência Agrônômica**. v. 44, n. 1, p. 115-122, 2013.

COLNENNE, C.; MEYNARD, J.M.; REAU R.; JUSTES, E.; MERRIEN, A. Determination of a Critical Nitrogen Dilution Curve for Winter Oilseed Rap. **Annals of Botany**. v.81, p.311-317, 1998.

COSTA, Katia Aparecida de Pinho; OLIVEIRA, Itamar Pereira de; FAQUIN, Valdemar. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60 p. (Documentos 192).

COSTA, Vagnes Guasso da; ROCHA, Marta Gomes da; POTTER, Luciana; ROSO, Dalton; ROSA, Aline Tatiane Nunes da; REIS, Jonatas dos. Comportamento de pastejo e ingestão de forragem por novilhas de corte em pastagens de milho e papuã. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 40, n. 2, p. 251–259, 2011.

CQFS. Comissão de química e fertilidade do solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: [s.n.], 2004. 394 p.

DETMANN, Edenio; PAULINO, Mario Fonseca; VALADARES FILHO, Sebastião de Campo. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. **Anais... III Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte**. 2011.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 3ª Edição, Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa: Solos, 2013.

FAGUNDES, Jailson Lara; FONSECA, Dilermando Miranda; GOMIDE, José Alberto; NASCIMENTO JÚNIOR, Domicio do; VITOR, Claudio Manoel Teixeira; MORAIS, Rodrigo Vieira; MISTURA, Claudio; REIS, Gilberto da Cunha; MARTUSCELLO, Janaína Azevedo. Acúmulo e forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 40, n. 4. p. 397–403, 2005.

FERREIRA, Pedro Dias Sales; GONÇALVES, Lúcio Carlos.; RODRIGUES, José Avelino Santos; JAYME, Diogo Gonzaga; SALIBA, Eloísa de Oliveira Simões; PIRES NETO, Otaviano de Souza; CRUZ, Diego Soares Gonçalves; MAGALHÃES, Felipe Antunes; RIBEIRO JÚNIOR, Gabriel de Oliveira; VELASCO, Frederico Osório. Valor nutricional de híbridos de sorgo para corte e pastejo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) em diferentes fases fenológicas. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 36, n. 1, p. 377–390, 2015.

FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C.; BREMM, C.; FILHO, R.S.A. GONDA, H.L.; CARVALHO, P.C. de F. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. **Livestock Science**, p. 205–211, 2012.

FRANZLUEBBERS, Alan J.; LEMAIRE, Gilles; CARVALHO, Paulo Cesar de Faccio; SULC, Reuben Mark; DEDIEU, Benoit. Toward agricultural sustainability through integrated crop-livestock systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.

29, p. 192 – 194, 2014.

GASTAL, François e LEMAIRE, Gilles. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of experimental botany**. v. 53, p. 789–799, 2002.

GENRO, Teresa Cristina Moraes. **Técnicas de consumo em pastejo e suas relações com os parâmetros da pastagem em gramíneas tropicais**, 1999. 183 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GOMIDE, José Alberto; GOMIDE, Carlos Augusto de M. Fundamentos e estratégias de manejo de pastagens. In: Simpósio de produção de gado de corte, 1, Viçosa: UFV, 1999, **Anais...** Viçosa, 1999.

GONTIJO NETO, Miguel Marques; OBEID, José Antônio; PEREIRA, Odilon Gomes; CECON, Paulo Roberto; QUEIROZ, Augusto César; ZAGO, Claudio Prates; CÂNDIDO, Magno José Duarte; MIRANDA, Lídia Ferreira. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Características agrônômicas, carboidratos solúveis e estruturais da planta. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1975–1984, 2004.

GRISE, Marcia Mascarenhas; CECATO, Ulysses; MORAES, Anibal de; CANTO, Marcos Weber do; MARTINS, Elias Nunes; PELISSARI, Adelino; MIRA, Rodrigo Távora. Avaliação da composição química e da digestibilidade in vitro da mistura aveia IAPAR 61 (*Avena strigosa* Schreb) + ervilha forrageira (*Pisum arvense* L.) em diferentes alturas sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 30, p. 659–665, 2001.

GUTZWILLER, Kevin J.; RIFFEL, Samuel K. Using statistical models to study temporal dynamics of animal-landscape relations. In: BISSONETE, J.A.; STORCH, I. (Ed.) **Temporal dimensions of landscape ecology – Wildlife responses to variable resources**. Springer Science: 2007, p.93 - 118.

HECKMAN, J.R. In-Season Soil Nitrate Testing as a Guide to Nitrogen anagement for Annual Crops. **HortTechnology**, v.12 p.706-710, 2002.

HERRMANN, Antje; TAUBE, Friedhelm. The range of the critical nitrogen dilution curve for maize (*Zea mays* L.) can be extended until silage maturity. **Agronomy Journal**. V.96, 1131-1138, 2004.

HODGSON, John. The control of herbage intake in the grazing ruminant. **Proceeding...** Nutritional Society, v. 44, p. 339–346, 1985.

JOHNSON, A.D. Sample preparation and chemical analysis of vegetation. In: MANETJE, L. t' (Ed.) **Measurement of grassland vegetation and animal production**. p. 96–102, 1978.

KLINGMANN, D.L.; MILES, S.R.; MOTT, G.O. The cage method for determining consumption and yield of pasture herbage. **Journal of Society Agronomy**, v.35, p.739-746, 1943.

KOLLET, José Luiz; DIOGO, José Mauro da Silva.; LEITE, Gilberto Gonçalves. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milheto (*Pennisetum glaucum* (L) R. BR.). **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1308–1315, 2006.

LAL, Rattan. The physical quality of soil on grazing lands and its effects on sequestering carbon. In: KIMBLE, J . M .; LAL, R .; FOLLETT, R . F . (Ed.). **The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect**. Florida: CRC Press LLC, 2001. cap. 10, p. 249 – 266.

LAMOTHE, Adriana Garcia; SAWCHIK, Jorge; QUINCKE, Andres. **Nitrogen Balance and C: n Ratio Influence in Agro-Ecosystems on Soil Carbon Sequestration**. In: 20th WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE. 2014. p. 367-367.

LANG, Claudete Reisdorfer; PELISSARI, Adelino; MORAES, Anibal de; SULC Reuben Mark; CARVALHO, Paulo César de Faccio; LOPES, Édina Cristiane Pereira. Integração lavoura-pecuária: eficiência de uso do nitrogênio na cultura do milho. **Scientia Agraria**. Curitiba, v. 12, p. 53–60, 2011.

LEMAIRE, Gilles; AGNUSDEI, Monica. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilisation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL “GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY”, 1999, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1999. p. 165–186.

LEMAIRE, Gilles; GASTAL, François . N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIER, G. (Ed.). **Diagnosis on the nitrogen status in crops**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1997. p. 3–43

LEMAIRE, Gilles; GASTAL, François; SALETTE, Jean. Analysis of the effect of N nutrition on ry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16., 1989, Nice. **Proceedings...** Nice: Ed. Association Francaise pour la Production Fourragere , 1989. p. 179–180.

LEMAIRE, Gilles; JEUFFROY, Marie-Hélène; GASTAL, François. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage, Theory and practice for crop N management. **European Journal of Agronomy**, Taastrup, v. 28, n. 4, p. 614–624, 2008.

LEMAIRE, Gilles; SALETTE, Jean. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d azote pour un peuplement de graninées fourragères. I. etude de l'effet du milieu. **Agronomie**. v. 4, p. 423–430, 1984.

LEMAIRE, Gilles (Ed.). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Berlin: Springer, 1997. 56 p.

LI, Wenjuan; HE, Ping; JIN, Jiyun. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for spring maize in north-east China. **Journal of Plant Nutrition**, p. 1747–1761, 2012.

LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D.; SCHABENBERGER, O. **SAS for mixed models**. 2. ed. Cary: SAS Institute, 2006. 813p.

LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

LOPES, Marília Lazzaroto Terra; CARVALHO, Paulo César; ANGHINONI, Ibanor; SANTOS, Davi Teixeira dos; KUSS, Fernando; FREITAS, Fabiana Kellermann; FLORES, João Paulo Cassol. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade da carcaça de novilhos superprecoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 178–184, 2008.

LUPATINI, Gelci Carlos; RESTLE, João; CERETTA, Marcelo; MOOJEN, Eduardo Londero; BARTZ Hardi Rene. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 33, n. 11, p. 1939–1943, 1998.

LUPATINI, Gelci Carlos.; MOOJEN, Eduardo Londero; RESTLE, João; SILVA, José Henrique da Silva. Resposta do milho (Pennisetum americanum L. Leeke) sob pastejo à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 31, n. 10, p. 715–720, 1996.

MAGGIO, Marcos Aurélio. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido tropical**. 46 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Tecnologia de Produção Agrícola) — Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2006.

MARSALLIS, M.A.; ANGADI, S.V.; CONTRERAS-GOVEA, F.E. Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum, and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. **Field Crops Research**. v. 166, p. 52–57, 2010.

MARTINS, Jorge Dubal; RESTLE, João; BARRETO, Ismar Leal. Produção animal em capim papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc) submetido a níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 30, n. 5, 2000.

MARTUSCELLO, Janaina Azevedo; FONSECA, Dilermando Miranda da; NASCIMENTO JÚNIOR, Domicio do; SANTOS, Patricia Menezes; RIBEIRO JÚNIOR, José Ivo; CUNHA, Daniel de Noronha Figueiredo Vieira; MOREIRA,

Luciano de Melo. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1475-1482, 2005.

MELO-ABREU, J.P.M; RIBEIRO, A.C.; SNYDER, R. L. Modelling apple flower and fruit damage to frost. In: Jacobsen, S.; Jensen, C. R., Porter, J.R. (eds.) **Proceedings** of the VIII Congress of European Society for Agronomy: European Agriculture in a Global Context, July 2004, Copenhagen –Denmark. 2004, p. 75-76.

MENEZES, Luís Fernando Glasenapp; SEGABINAZZI, Luciane Rumpel; FREITAS, Leandro da Silva; RESTLE, João; BRONDANI, Ivan Luiz; CALLEGARO, Alisson Marian; JONER, Guilherme; ALVES FILHO, Dari Celestino. Aspectos qualitativos da carcaça e carne de novinhos superjovens da raça Devon, terminados em pastagem tropical, recebendo diferentes níveis de concentrado. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 35, n. 3, p. 1557–1568, 2014.

MOOJEN, Eduardo Londero; RESTLE, João; LUPATINI, Gelci Carlos; MORAES, Aduino Gomes de. Produção animal em pastagem de milheto sob diferentes níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, n. 11, p. 2145–2149, 1999.

MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In.: Internation Grassland Congress, 6., 1952. **Proceedings...** Pennsylvania: State College Press, p. 1380–1395, 1952.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 400 p.

ORIOLI JUNIOR, Valdeci. **Adubação nitrogenada e curva crítica de diluição de nitrogênio para a cultura do milho**. Jaboticabal, 2013. 58 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Curso de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

PACHECO, Rangel Fernandes; ALVES FILHO, Dari Celestino; BRONDANI, Ivan Luiz; NORBERG, Laerte; PIZZUTI, Angelo Luiz; CALLEGARO, Alisson Marian. Características produtivas de pastagens de milheto ou capim sudão submetidas ao pastejo contínuo de vacas para abate. **Ciência Animal Brasileira**. Goiânia, v. 15, n. 3, p. 266–276, 2014.

PLÉNET, Daniel; LEMAIRE, Gilles. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. **Plant Soil**, New York, v. 216, n. 1, p. 65–82, 2000.

RAIJ, Bernardo Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ed. Agronomica ^ Ceres, 1991. 343 p.

RAMBO, Lisandro; SILVA, Paulo Regis Ferreira; ARGENTA, Gilber; SANGOI, Luís.

Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 34, n. 5, 2004.

RESTLE, João; ROSO, Cledson; AITA, Valmir; NORBERG, José Laerte; BRONDANI, Ivan Luiz; CERDÓTES, Lilian; CARRILHO, Charles de Oliveira. Produção Animal em Pastagem com Gramíneas de Estação Quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1491–1500, 2002.

ROCHA, Marta Gomes; RESTLE, João; PILAU, Alcides; SANTOS, Davi Teixeira dos. Produção animal e retorno econômico da suplementação em pastagem de aveia e azevém. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 573–578, 2003.

RODRIGUES FILHO, Osvaldo; FRANÇA, Aldi Fernandes de Souza; OLIVEIRA, Regis de Paula; OLIVEIRA, Euclides Reuter; ROSA, Beneval; SOARES, Tatiana Vieira; MELLO, Susana Queiroz Santos. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 37–48, 2006.

ROSO, Cledson; RESTLE, João. Aveia preta, triticale e centeio em mistura com azevém. 2. Produtividade animal e retorno econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 29, n. 1, p. 85–93, 2000.

SANDINI, Itacir; MORAES, Anibal; PELISSARI, Adelino; NEUMANN, Mikael; FALBO, Margarete Kimie; NOVAKOWISKI, Jaqueline Huzar. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1315–1322, 2011.

SARTOR, Laércio Ricardo; ASSMANN, Tangriani Simioni; SOARES, André Brugnara; ADAMI, Paulo Fernando; ASSMANN, Alceu Luiz; PITTA, Christiano Santos Rocha. Nitrogen fertilizer use efficiency, recovery and leaching of an Alexandergrass pasture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 899–906, 2011.

SARTOR, Laércio; ASSMANN, Tangriani Simioni; SOARES, André Brugnara; ADAMI, Paulo Fernando; ASSMANN, Alceu Luis; ORTIZ, Sidney. Avaliação do estado nutricional da pastagem: índice nutricional de nitrogênio. **Semina**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 449–456, 2014.

SAS Institute. **Statistical analysis system user's guide**. Version 9.0. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2002.

SZÚCS, P.; VEISZ, O.; BEDŌ, Z. Frost tolerance of *Triticum durum* (Desf.) genotypes in soils with various moisture contents. **Cereal Research Communications**, v.31, p.153-160, 2003.

SILVA, Alexandre Coradini da; QUADROS, Fernando Luiz Ferreira; TREVISAN, Naime de Barcellos; BANDINELLI, Duilio Guerra. Recria de terneiros de corte em pastagem de estação fria sob níveis de biomassa de folhas verdes: economicidade

e eficiência alimentar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1903–1907, 2004.

SILVA, Eunice Portela; CUNHA, Gilberto Rocca, PIRES, João Leonardo Fernandes; DALMAGO, Genei Antonio; PASINATO, Aldemir. Fatores abióticos envolvidos na tolerância de trigo à geada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.10, p. 1257-1265, 2008.

SINGH, R.S.; RAGHUBANSHI, A.S. e SINGH, J.S. Nitrogen mineralization in dry tropical savanna: Effects of burning and grazing. *Soil Biol. Biochem.*, v. 23, p. 269–273, 1991.

SOARES, André Brugnara; RESTLE, João. Produção animal e qualidade de forragem de pastagem de triticale e azevém submetida a doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 908–917, 2002.

SOUZA, Alexandre Motta de; ROCHA, Marta Gomes; POTTER, Luciana; ROSO, Dalton; GLIENKE, Carine Lisete; OLIVEIRA NETO, Renato Alves de. Comportamento ingestivo de novilhas de corte em pastagem de gramíneas anuais de estação quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 40, n. 8, p. 1662–1670, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Nutrição Mineral**. Fisiologia vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722p. Cap.5: Nutrição mineral. p.96-101.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO C.; BISSANI, C.A; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

TEIXEIRA, Cícero Monti; CARVALHO, Gabriel José de; ANDRADE, Messias Jose Bastos de; SILVA, Carlos Alberto; PEREIRA, E. Janser Moura. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 647 – 653, 2009.

TEIXEIRA, Cícero Monti; CARVALHO, Gabriel José de; ANDRADE, Messias José Bastos de; SILVA, Carlos Alberto; PEREIRA, E. Janser Moura. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 647 – 653, 2009.

VAN SOEST, P.J. et al. Methods for dietary, fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University, 1994. 476 p.

VIANA, Maria Celuta Machado; FREIRE, Francisco Morel; FERREIRA, José

Joaquim; CANTARUTTI, Reinaldo Bertola; MASCARENHAS, Marta Helena Tabim. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 1497–1503, 2011.

VITOR, Claudio Manoel Teixeira; FONSECA, Dilermando Miranda da; CÓSER, Antônio Carlos; MARTINS, Carlos Eugênio; NASCIMENTO JÚNIOR, Domicio do; RIBEIRO JÚNIOR, José Ivo. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 435–442, 2009.

WEBB, Murray S.; UEMURA, Matsuo; STEPONKUS, Petter. A comparison of freezing injury in oat and rye: two cereals at the extremes of freezing tolerance. **Plant Physiology**. v. 104, p. 467–478, 1994.

WEBSTER, D.E e EBDON, J.S. Effects of nitrogen and potassium fertilization on perennial ryegrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. **HortScience**. v. 40, n. 3, p. 842–849, 2005.

WEISMANN, Martin. Fases de desenvolvimento da cultura do milho. In: **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno 2008**. Maracajú: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 2008. cap. 4, p. 31 – 38.

ZIADI, Noura; BÉLANGER, Gilles; CLAESSENS, Annie; LEFEBVRE, Louis; CAMBOURIS, Athyna N.; TREMBLAY, Nicolas; NOLIN, Michel C.; PARENT, Léon-Étienne. Determination of a Critical Nitrogen Dilution Curve for Spring Wheat. **Agronomy Journal**, v.102, 2010.

ZIMMERMANN, Francisco José Pfeilsticker. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. 2ª ed. Brasília, EMBRAPA, 2014. 582p.

ÍNDICE DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados originais da pastagem de sorgo.....	110
APÊNDICE B – Dados originais da pastagem de sorgo.....	111
APÊNDICE C – Dados originais da pastagem de aveia preta.....	112
APÊNDICE D – Dados originais da pastagem de aveia preta.....	113
APÊNDICE E– Dados originais da pastagem de aveia preta.....	114
APÊNDICE F – Dados originais de acúmulo de MS, % de N e INN no milho....	115

APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados originais da pastagem de sorgo

Bloco	Período	altura	Dose N	altura media	CARGA	GMD	GPV	Massa Forragem	MS	PB
1	1	30	0	49,47	1817,72	1,17	133,56	2606,56	16,25	16,76
2	1	30	0	40,15	848,28	1,33	84,00	3366,16	16,70	21,70
3	1	30	0	52,36	1279,71	1,35	105,61	3778,04	16,53	20,02
1	1	30	150	49,55	1393,52	0,86	135,51	2434,60	14,36	18,90
2	1	30	150	31,20	1003,33	0,86	139,06	3507,30	24,46	23,89
3	1	30	150	46,83	2071,57	0,81	142,63	4191,76	16,54	17,07
1	1	60	0	73,71	911,20	1,19	135,08	4387,17	15,68	17,56
2	1	60	0	68,21	973,85	1,24	78,00	5702,42	17,81	19,65
3	1	60	0	78,56	947,63	1,14	74,29	4301,55	16,18	17,45
1	1	60	150	71,25	1750,33	1,35	141,95	4436,00	16,68	19,43
2	1	60	150	79,47	1262,64	1,05	165,62	4330,58	15,72	16,98
3	1	60	150	70,66	1322,48	1,19	157,26	5227,70	15,52	19,47
1	2	30	0	30,20	1643,45	0,32	73,80	3387,08	16,05	16,34
2	2	30	0	66,20	2521,49	0,57	82,96	4968,29	17,54	15,43
3	2	30	0	46,40	2548,32	0,44	64,65	4180,35	14,82	17,55
1	2	30	150	33,20	3010,94	0,82	151,51	2800,86	16,65	19,39
2	2	30	150	47,73	1190,43	0,84	140,49	4531,06	13,63	18,52
3	2	30	150	44,43	2484,34	0,79	129,47	5581,91	15,46	19,87
1	2	60	0	61,17	1982,65	0,84	103,99	6495,62	18,46	22,91
2	2	60	0	77,93	3832,14	0,89	123,33	4527,57	13,69	14,63
3	2	60	0	94,50	2730,05	0,87	142,28	5231,40	15,34	14,55
1	2	60	150	59,20	2593,27	0,69	148,02	3949,79	14,20	18,41
2	2	60	150	64,43	2928,86	0,67	118,36	2915,37	15,13	20,72
3	2	60	150	76,70	2343,10	0,80	138,12	5880,60	13,62	16,52
1	3	30	0	25,15	1339,06	0,46	36,26	5837,16	12,67	16,55
2	3	30	0	48,80	1734,39	0,44	47,27	5342,72	13,19	16,17
3	3	30	0	44,75	934,25	0,48	25,25	6331,60	12,14	16,20
1	3	30	150	32,60	787,71	0,62	27,51	4665,93	15,57	21,10
2	3	30	150	45,90	2760,35	0,89	61,12	5411,60	14,07	17,58
3	3	30	150	41,80	1223,99	0,44	34,80	4464,69	12,94	15,45
1	3	60	0	47,55	934,21	0,31	16,40	4921,48	14,31	19,96
2	3	60	0	47,30	1019,99	0,70	39,30	4924,44	12,96	14,89
3	3	60	0	61,55	1466,26	0,50	41,45	6299,75	12,62	16,62
1	3	60	150	31,25	791,49	0,95	37,66	4371,36	14,75	18,84
2	3	60	150	43,85	975,58	1,02	84,76	5999,51	14,18	18,54
3	3	60	150	46,45	968,52	0,89	47,74	4226,17	13,52	18,31

APÊNDICE B – Dados originais da pastagem de sorgo.

Bloco	Período	altura	Dose N	FDN	FDA	LDA	Hemicel	cel
1	1	30	0	65,48	33,12	6,32	31,92	26,80
2	1	30	0	59,86	29,44	5,79	30,21	23,64
3	1	30	0	65,77	32,72	5,80	32,82	26,92
1	1	30	150	61,84	31,63	3,27	29,59	28,36
2	1	30	150	55,70	29,92	4,27	25,21	25,65
3	1	30	150	67,42	33,88	4,73	33,20	29,15
1	1	60	0	67,72	34,78	7,44	32,52	27,33
2	1	60	0	66,43	30,12	5,56	36,06	24,56
3	1	60	0	66,91	34,73	5,82	31,85	28,90
1	1	60	150	64,77	31,59	6,01	32,78	25,58
2	1	60	150	67,34	31,46	5,82	35,43	25,65
3	1	60	150	66,77	32,44	4,21	33,98	28,22
1	2	30	0	60,77	34,38	4,75	25,67	29,63
2	2	30	0	62,15	30,35	5,47	31,71	24,88
3	2	30	0	61,99	31,65	4,99	29,98	26,66
1	2	30	150	57,22	26,88	8,11	30,20	18,76
2	2	30	150	64,56	29,58	6,87	34,98	22,72
3	2	30	150	56,15	32,29	5,62	23,86	26,67
1	2	60	0	55,21	23,11	5,21	31,99	17,90
2	2	60	0	64,52	35,52	5,44	29,00	30,08
3	2	60	0	65,93	34,70	5,08	31,03	29,62
1	2	60	150	62,21	29,64	4,91	32,17	24,73
2	2	60	150	53,94	26,20	6,30	27,71	19,89
3	2	60	150	62,00	33,07	3,51	28,69	29,57
1	3	30	0	63,12	30,59	3,11	28,00	27,48
2	3	30	0	61,62	30,74	3,52	28,64	27,22
3	3	30	0	59,58	30,43	2,69	27,89	27,74
1	3	30	150	53,20	26,12	3,36	25,78	22,76
2	3	30	150	61,29	32,76	2,51	27,26	30,25
3	3	30	150	61,95	32,05	4,03	28,17	28,02
1	3	60	0	56,61	29,90	4,16	25,89	25,74
2	3	60	0	47,06	33,91	4,35	25,80	29,56
3	3	60	0	61,72	34,35	4,87	25,53	29,49
1	3	60	150	55,92	27,71	2,44	25,72	25,27
2	3	60	150	58,42	30,59	3,93	26,34	26,66
3	3	60	150	59,92	31,22	4,00	27,41	27,22

APÊNDICE C – Dados originais da pastagem de aveia preta

1	1	BA	NG	200	2106,007	2,724	108,042
1	2	BA	NG	200	1512,891	2,599	91,081
1	3	BA	NG	200	2083,759	2,826	111,652
1	1	BA	NG	300	1908,700	2,513	96,058
1	2	BA	NG	300	2231,797	2,471	100,171
1	3	BA	NG	300	2235,731	2,889	117,151
2	1	AA	NP	0	2731,150	1,895	82,851
2	2	AA	NP	0	3149,552	1,781	82,114
2	3	AA	NP	0	2837,861	2,170	96,208
2	1	AA	NP	100	2867,622	1,756	78,166
2	2	AA	NP	100	3864,347	2,533	126,082
2	3	AA	NP	100	2749,617	2,214	97,031
2	1	AA	NP	200	3555,221	2,557	123,365
2	2	AA	NP	200	2931,378	2,427	108,916
2	3	AA	NP	200	3602,053	2,516	121,980
2	1	AA	NP	300	3515,661	2,306	110,762
2	2	AA	NP	300	3871,208	2,345	116,782
2	3	AA	NP	300	3275,902	2,009	93,989
2	1	BA	NP	0	3517,280	2,124	102,067
2	2	BA	NP	0	3416,271	1,959	93,097
2	3	BA	NP	0	2634,794	2,265	97,662
2	1	BA	NP	100	2658,739	2,421	104,781
2	2	BA	NP	100	3733,348	2,400	117,903
2	3	BA	NP	100	2131,334	2,425	96,619
2	1	BA	NP	200	2961,556	2,213	99,714
2	2	BA	NP	200	4182,092	2,230	114,321
2	3	BA	NP	200	2540,147	2,385	101,472
2	1	BA	NP	300	2947,210	2,366	106,424
2	2	BA	NP	300	3902,110	2,482	123,971
2	3	BA	NP	300	2133,346	2,320	92,457
2	1	AA	NG	0	2713,023	1,521	66,301
2	2	AA	NG	0	2756,366	1,560	68,433
2	3	AA	NG	0	2124,799	1,448	57,635
2	1	AA	NG	100	2829,478	2,088	92,484
2	2	AA	NG	100	2790,461	2,257	99,440
2	3	AA	NG	100	3987,190	2,191	110,326
2	1	AA	NG	200	1923,737	2,334	89,495
2	2	AA	NG	200	3232,873	2,509	116,827
2	3	AA	NG	200	2964,057	2,175	98,034
2	1	AA	NG	300	2981,005	2,367	106,890
2	2	AA	NG	300	1886,942	2,604	99,138
2	3	AA	NG	300	3226,696	2,441	113,567
2	1	BA	NG	0	2781,428	1,871	82,339

APÊNDICE D – Dados originais da pastagem de aveia preta

Período	altura	Dose N	Bloco	GMD	Tx acúmulo	Massa de Forr	MS	PB
1	15	0	1	1,26	25,95	2836,67	19,92	17,80
1	15	0	2	1,33	33,51	2597,87	20,36	22,72
1	15	0	3	1,20	24,67	2873,87	38,25	13,69
1	15	150	1	1,41	22,74	2662,67	37,99	17,62
1	15	150	2	1,40	36,15	2809,07	39,78	16,93
1	15	150	3	1,57	37,57	3245,60	59,90	13,61
1	30	0	1	0,95	30,40	2640,27	25,62	13,03
1	30	0	2	0,53	39,68	2862,27	24,51	12,05
1	30	0	3	1,37	31,27	3107,60	32,21	11,44
1	30	150	1	0,83	45,60	3725,87	29,71	20,57
1	30	150	2	0,93	44,77	3233,73	26,85	20,67
1	30	150	3	0,73	13,44	4108,80	36,31	14,49
2	15	0	1	-0,15	12,90	1417,47	26,68	15,45
2	15	0	2	-0,40	24,23	967,47	29,85	12,28
2	15	0	3	-0,30	-8,54	423,47	35,07	17,11
2	15	150	1	-1,24	-5,25	637,20	29,68	17,63
2	15	150	2	-0,23	0,65	778,80	40,62	17,11
2	15	150	3	-0,97	11,26	570,80	35,71	18,27
2	30	0	1	0,34	-7,59	1167,20	20,72	19,91
2	30	0	2	0,75	46,83	2233,87	21,91	14,65
2	30	0	3	0,11	7,21	1064,93	23,59	17,26
2	30	150	1	-0,24	-37,56	1619,20	26,84	21,61
2	30	150	2	-0,26	5,85	1131,47	26,07	20,20
2	30	150	3	-0,46	-10,96	737,47	38,59	21,52

APÊNDICE E– Dados originais da pastagem de aveia preta.

Período	altura	Dose N	Bloco	FDN	FDA	LDA	Hemicel	cel
1	15	0	1	44,60	26,97	7,36	17,62	19,61
1	15	0	2	37,37	20,82	1,25	16,55	19,57
1	15	0	3	58,11	37,25	7,10	20,86	30,15
1	15	150	1	55,41	36,36	5,28	19,04	31,08
1	15	150	2	53,71	35,18	7,17	18,53	28,01
1	15	150	3	62,84	37,36	5,37	25,48	32,00
1	30	0	1	48,91	28,71	2,18	20,19	26,53
1	30	0	2	44,46	26,51	5,10	17,94	21,41
1	30	0	3	57,79	36,34	6,13	21,45	30,21
1	30	150	1	49,80	28,89	4,51	20,91	24,39
1	30	150	2	46,15	31,25	5,50	14,90	25,75
1	30	150	3	56,75	36,40	5,06	20,35	31,34
2	15	0	1	51,83	35,83	6,98	16,00	28,85
2	15	0	2	57,41	38,20	6,07	19,22	32,12
2	15	0	3	52,72	33,47	7,88	19,25	25,59
2	15	150	1	47,90	31,85	7,00	16,05	24,85
2	15	150	2	56,99	38,08	11,54	18,91	26,55
2	15	150	3	51,95	32,23	4,90	19,72	27,33
2	30	0	1	46,96	27,29	5,08	19,67	22,21
2	30	0	2	44,58	28,55	7,93	16,03	20,62
2	30	0	3	45,33	27,54	6,51	17,79	21,03
2	30	150	1	49,12	29,58	6,46	19,54	23,13
2	30	150	2	49,38	29,51	4,55	19,87	24,95
2	30	150	3	53,94	33,72	7,99	20,21	25,73

APÊNDICE F – Dados originais de acúmulo de MS, % de N e INN no milho.

	Bloco	Altura	N Parcela	NG	Acúmulo MS kg/ha	% N	INN
1	1	AA	NP	0	1848,151	2,213	83,603
1	2	AA	NP	0	1488,318	2,268	79,008
1	3	AA	NP	0	1716,354	2,892	106,242
1	1	AA	NP	100	1660,509	2,979	108,092
1	2	AA	NP	100	1842,317	2,511	94,732
1	3	AA	NP	100	2408,033	2,907	121,234
1	1	AA	NP	200	1577,456	2,919	103,901
1	2	AA	NP	200	1750,276	2,970	109,917
1	3	AA	NP	200	1799,657	3,033	113,431
1	1	AA	NP	300	1678,260	2,621	95,484
1	2	AA	NP	300	1928,553	2,838	108,918
1	3	AA	NP	300	2956,380	2,766	124,551
1	1	BA	NP	0	1679,940	2,555	93,102
1	2	BA	NP	0	1680,140	2,783	101,449
1	3	BA	NP	0	1628,659	2,451	88,317
1	1	BA	NP	100	1336,251	2,585	86,480
1	2	BA	NP	100	1307,261	2,811	93,291
1	3	BA	NP	100	1191,785	2,533	81,207
1	1	BA	NP	200	2285,740	2,527	103,337
1	2	BA	NP	200	1809,024	2,861	107,194
1	3	BA	NP	200	1914,991	2,483	95,038
1	1	BA	NP	300	1862,447	2,649	100,330
1	2	BA	NP	300	2268,146	2,705	110,312
1	3	BA	NP	300	3903,921	2,670	133,387
1	1	AA	NG	0	1057,618	1,706	52,282
1	2	AA	NG	0	1692,511	2,387	87,236
1	3	AA	NG	0	1567,336	1,943	68,993
1	1	AA	NG	100	1336,945	1,974	66,058
1	2	AA	NG	100	1854,975	2,256	85,325
1	3	AA	NG	100	1877,348	2,158	81,980
1	1	AA	NG	200	1165,397	2,568	81,636
1	2	AA	NG	200	1633,001	2,812	101,421
1	3	AA	NG	200	2114,846	2,672	106,144
1	1	AA	NG	300	1256,925	2,556	83,577
1	2	AA	NG	300	2061,602	3,051	120,037
1	3	AA	NG	300	1684,026	2,571	93,795
1	1	BA	NG	0	1759,273	1,802	66,812
1	2	BA	NG	0	1339,771	1,637	54,829
1	3	BA	NG	0	2368,898	1,961	81,279
1	1	BA	NG	100	1502,074	2,679	93,634
1	2	BA	NG	100	2922,574	2,620	117,457
1	3	BA	NG	100	1993,239	2,565	99,641

Continuação...

2	2	BA	NG	0	2616,726	1,570	67,550
2	3	BA	NG	0	3919,013	1,726	86,346
2	1	BA	NG	100	3272,347	2,036	95,230
2	2	BA	NG	100	2388,813	2,130	88,553
2	3	BA	NG	100	4203,076	2,228	114,442
2	1	BA	NG	200	3415,815	2,546	120,993
2	2	BA	NG	200	2824,725	1,904	84,287
2	3	BA	NG	200	2959,020	2,256	101,591
2	1	BA	NG	300	3566,380	2,282	110,228
2	2	BA	NG	300	4051,599	2,113	107,019
2	3	BA	NG	300	3516,799	2,321	111,515
3	1	AA	NP	0	4814,970	1,390	75,099
3	2	AA	NP	0	4241,544	1,496	77,068
3	3	AA	NP	0	4810,312	1,826	98,629
3	1	AA	NP	100	4988,603	1,737	95,128
3	2	AA	NP	100	4428,791	1,855	97,173
3	3	AA	NP	100	5872,891	1,899	110,534
3	1	AA	NP	200	4476,431	1,923	101,138
3	2	AA	NP	200	5353,756	2,064	116,067
3	3	AA	NP	200	5728,615	1,985	114,445
3	1	AA	NP	300	5383,160	1,983	111,692
3	2	AA	NP	300	4957,859	2,279	124,495
3	3	AA	NP	300	6442,898	2,126	128,098
3	1	BA	NP	0	3847,029	1,742	86,525
3	2	BA	NP	0	5348,895	1,686	94,778
3	3	BA	NP	0	3711,956	1,790	87,754
3	1	BA	NP	100	3200,009	2,241	103,942
3	2	BA	NP	100	4770,161	1,976	106,398
3	3	BA	NP	100	5588,929	2,094	119,617
3	1	BA	NP	200	7360,160	2,181	138,123
3	2	BA	NP	200	4466,587	2,284	120,018
3	3	BA	NP	200	4593,672	2,290	121,572
3	1	BA	NP	300	4368,389	2,068	107,773
3	2	BA	NP	300	4453,738	2,117	111,110
3	3	BA	NP	300	5275,381	2,174	121,562
3	1	AA	NG	0	3896,285	1,270	63,401
3	2	AA	NG	0	3305,119	1,959	91,954
3	3	AA	NG	0	3677,023	1,233	60,242
3	1	AA	NG	100	5090,276	1,454	80,199
3	2	AA	NG	100	5079,500	1,817	100,190
3	3	AA	NG	100	4176,613	1,432	73,367
3	1	AA	NG	200	4605,753	1,493	79,342
3	2	AA	NG	200	3523,311	2,440	117,332

3	3	AA	NG	200	5378,158	1,992	112,189
3	1	AA	NG	300	4296,133	2,120	109,758
3	2	AA	NG	300	4635,782	2,191	116,718
3	3	AA	NG	300	5092,364	2,050	113,142
3	1	BA	NG	0	4925,455	1,360	74,122
3	2	BA	NG	0	3531,631	1,151	55,369
3	3	BA	NG	0	6157,840	1,366	80,900
3	1	BA	NG	100	5576,472	1,664	94,999
3	2	BA	NG	100	5948,448	1,794	104,909
3	3	BA	NG	100	5539,398	1,566	89,190
3	1	BA	NG	200	5700,193	1,805	103,899
3	2	BA	NG	200	4158,454	2,282	116,750
3	3	BA	NG	200	5177,052	1,906	105,809
3	1	BA	NG	300	5958,763	1,784	104,391
3	2	BA	NG	300	5545,749	2,148	122,346
3	3	BA	NG	300	4773,101	2,028	109,227
4	1	AA	NP	0	6403,569	1,348	81,039
4	2	AA	NP	0	7819,557	1,404	90,975
4	3	AA	NP	0	9168,564	1,292	88,851
4	1	AA	NP	100	8238,917	1,616	106,761
4	2	AA	NP	100	7439,850	1,465	93,128
4	3	AA	NP	100	5979,128	1,553	90,975
4	1	AA	NP	200	7650,737	1,609	103,370
4	2	AA	NP	200	7276,518	1,540	97,113
4	3	AA	NP	200	6682,575	1,577	96,330
4	1	AA	NP	300	7831,481	1,755	113,748
4	2	AA	NP	300	8512,796	1,655	110,700
4	3	AA	NP	300	8106,716	1,654	108,586
4	1	BA	NP	0	5131,101	1,651	91,341
4	2	BA	NP	0	6568,955	1,269	77,013
4	3	BA	NP	0	4334,995	1,547	80,368
4	1	BA	NP	100	7715,841	1,591	102,528
4	2	BA	NP	100	9977,737	1,610	114,238
4	3	BA	NP	100	6452,541	1,620	97,655
4	1	BA	NP	200	6461,285	1,929	116,360
4	2	BA	NP	200	6624,110	1,721	104,805
4	3	BA	NP	200	5886,102	1,631	94,977
4	1	BA	NP	300	7750,230	1,894	122,305
4	2	BA	NP	300	6908,928	1,658	102,562
4	3	BA	NP	300	8833,620	1,838	124,591
4	1	AA	NG	0	6827,376	0,962	59,208
4	2	AA	NG	0	5729,218	0,915	52,740
4	3	AA	NG	0	6438,410	0,868	52,264

4	1	AA	NG	100	6081,330	1,081	63,760
4	2	AA	NG	100	7283,827	1,238	78,083
4	3	AA	NG	100	7947,558	1,179	76,855
4	1	AA	NG	200	6675,348	1,675	102,286
4	2	AA	NG	200	8015,316	1,632	106,725
4	3	AA	NG	200	8646,760	1,488	100,077
4	1	AA	NG	300	5622,762	1,737	99,462
4	2	AA	NG	300	5774,122	1,594	92,211
4	3	AA	NG	300	6681,974	1,638	100,031
4	1	BA	NG	0	9057,741	1,221	83,559
4	2	BA	NG	0	5581,750	1,043	59,569
4	3	BA	NG	0	8897,954	1,007	68,453
4	1	BA	NG	100	8128,452	1,407	92,440
4	2	BA	NG	100	4441,157	1,380	72,347
4	3	BA	NG	100	6829,708	1,370	84,357
4	1	BA	NG	200	8763,545	1,630	110,169
4	2	BA	NG	200	8285,219	1,712	113,337
4	3	BA	NG	200	6912,288	1,481	91,610
4	1	BA	NG	300	5625,524	1,456	83,406
4	2	BA	NG	300	5983,873	1,829	107,168
4	3	BA	NG	300	7428,752	1,695	107,682
5	1	AA	NP	0	10948,431	1,205	88,550
5	2	AA	NP	0	10273,120	1,244	89,216
5	3	AA	NP	0	9896,685	1,422	100,603
5	1	AA	NP	100	9402,784	1,710	118,690
5	2	AA	NP	100	7653,599	1,326	85,183
5	3	AA	NP	100	10599,799	1,438	104,365
5	1	AA	NP	200	9917,197	1,772	125,475
5	2	AA	NP	200	9487,247	1,613	112,326
5	3	AA	NP	200	8908,579	1,556	105,836
5	1	AA	NP	300	10067,442	1,325	94,366
5	2	AA	NP	300	10913,298	1,650	121,098
5	3	AA	NP	300	9256,738	1,421	98,064
5	1	BA	NP	0	8693,709	1,158	78,029
5	2	BA	NP	0	9731,814	1,181	82,999
5	3	BA	NP	0	6899,680	1,464	90,470
5	1	BA	NP	100	10805,254	1,636	119,594
5	2	BA	NP	100	8212,004	1,550	102,265
5	3	BA	NP	100	8556,378	1,594	106,777
5	1	BA	NP	200	9665,527	1,556	109,105
5	2	BA	NP	200	9457,677	1,340	93,167
5	3	BA	NP	200	7320,891	1,577	99,688
5	1	BA	NP	300	10817,873	1,472	107,633

5	2	BA	NP	300	9696,961	1,743	122,390
5	3	BA	NP	300	9864,934	1,708	120,668
5	1	AA	NG	0	5104,948	0,964	53,228
5	2	AA	NG	0	6807,768	1,072	65,923
5	3	AA	NG	0	7793,263	0,797	51,587
5	1	AA	NG	100	9101,102	1,033	70,829
5	2	AA	NG	100	7280,327	0,930	58,636
5	3	AA	NG	100	9613,522	1,137	79,560
5	1	AA	NG	200	10525,479	1,529	110,655
5	2	AA	NG	200	7401,822	1,658	105,207
5	3	AA	NG	200	10087,920	1,605	114,335
5	1	AA	NG	300	11116,093	1,769	130,715
5	2	AA	NG	300	12508,704	1,513	116,807
5	3	AA	NG	300	9848,955	1,572	111,011
5	1	BA	NG	0	10593,527	0,922	66,875
5	2	BA	NG	0	7343,679	0,795	50,278
5	3	BA	NG	0	9591,905	0,900	62,896
5	1	BA	NG	100	7205,377	1,297	81,472
5	2	BA	NG	100	10548,897	1,342	97,252
5	3	BA	NG	100	10433,499	1,207	87,110
5	1	BA	NG	200	9671,250	1,610	112,951
5	2	BA	NG	200	8829,022	1,525	103,398
5	3	BA	NG	200	7732,750	1,642	105,900
5	1	BA	NG	300	12649,266	1,609	124,768
5	2	BA	NG	300	11920,989	1,582	119,964
5	3	BA	NG	300	10401,196	1,643	118,391
6	1	AA	NP	0	17613,189	0,815	71,550
6	2	AA	NP	0	19305,619	0,876	79,557
6	3	AA	NP	0	15439,947	1,007	84,097
6	1	AA	NP	100	19716,859	0,991	90,724
6	2	AA	NP	100	17670,277	1,118	98,206
6	3	AA	NP	100	17492,998	1,017	89,014
6	1	AA	NP	200	23084,778	1,050	101,971
6	2	AA	NP	200	15855,505	1,029	86,803
6	3	AA	NP	200	18140,489	1,162	103,115
6	1	AA	NP	300	23202,560	1,308	127,260
6	2	AA	NP	300	18462,794	1,210	108,113
6	3	AA	NP	300	17245,338	1,236	107,626
6	1	BA	NP	0	21463,324	1,156	109,217
6	2	BA	NP	0	15741,772	0,812	68,299
6	3	BA	NP	0	14702,666	1,214	99,556
6	1	BA	NP	100	14062,738	1,110	89,551
6	2	BA	NP	100	17554,866	1,118	98,018

6	3	BA	NP	100	16962,637	1,120	96,921
6	1	BA	NP	200	19787,611	1,188	108,919
6	2	BA	NP	200	18168,924	1,160	102,960
6	3	BA	NP	200	10986,953	1,173	86,306
6	1	BA	NP	300	21439,851	1,067	100,787
6	2	BA	NP	300	16423,986	1,105	94,450
6	3	BA	NP	300	20067,187	1,227	113,025
6	1	AA	NG	0	13984,137	0,710	57,195
6	2	AA	NG	0	11265,428	0,833	61,824
6	3	AA	NG	0	12616,646	0,633	49,051
6	1	AA	NG	100	14590,925	0,799	65,373
6	2	AA	NG	100	14737,897	0,848	69,642
6	3	AA	NG	100	17763,295	0,842	74,153
6	1	AA	NG	200	15640,533	1,195	100,331
6	2	AA	NG	200	17319,082	1,302	113,512
6	3	AA	NG	200	17149,706	0,974	84,663
6	1	AA	NG	300	19758,163	1,132	103,727
6	2	AA	NG	300	18089,493	0,997	88,364
6	3	AA	NG	300	19956,540	1,132	104,143
6	1	BA	NG	0	17561,175	0,831	72,833
6	2	BA	NG	0	11542,060	0,686	51,435
6	3	BA	NG	0	19339,510	1,014	92,197
6	1	BA	NG	100	14605,963	0,693	56,738
6	2	BA	NG	100	11817,877	0,631	47,735
6	3	BA	NG	100	16935,561	0,755	65,306
6	1	BA	NG	200	18140,391	1,199	106,406
6	2	BA	NG	200	16722,586	1,108	95,400
6	3	BA	NG	200	21069,772	1,140	106,959
6	1	BA	NG	300	14931,717	1,022	84,323
6	2	BA	NG	300	8248,982	0,501	33,108
6	3	BA	NG	300	20110,654	1,152	106,202