

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

MARILDA SCHMOELLER

**VARIAÇÕES NA TEMPERATURA, VALOR NUTRICIONAL E QUALIDADE
SANTÁRIA DO FENO DE CAPIM VAQUERO (*Cynodon dactylon*) E TIFTON 85
(*cynodon spp.*) SOB DIFERENTES TEMPOS E SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO**

Marechal Cândido Rondon

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MARILDA SCHMOELLER

**VARIAÇÕES NA TEMPERATURA, VALOR NUTRICIONAL E QUALIDADE
SANITÁRIA DO FENO DE CAPIM VAQUERO (*Cynodon dactylon*) E TIFTON 85
(*Cynodon spp.*) SOB DIFERENTES TEMPOS E SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal e Forragicultura, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Marcela Abbado Neres

Marechal Cândido Rondon

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

S356v	<p>Schmoeller, Marilda</p> <p>Variações na temperatura, valor nutricional e qualidade sanitária do feno de capim vaquero (<i>Cynodon dactylon</i>) e tifton 85 (<i>cynodon</i> spp.) sob diferentes tempos e sistemas de armazenamento / Marilda Schmoeller. – Marechal Cândido Rondon, 2016.</p> <p>104 f.</p> <p>Orientadora: Prof. Dr. Marcela Abaddo Neres</p> <p>Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016.</p> <p>1. Capim vaquero. 2. Tifton 85. 3. Feno. 4. <i>Cynodon</i>. I. Neres, Marcela Abaddo. II. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 633.202 CIP-NBR 12899</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

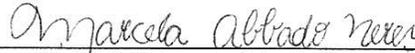
MARILDA SCHMOELLER

VARIAÇÕES NA TEMPERATURA, VALOR NUTRICIONAL E QUALIDADE
SANITÁRIA DO FENO DE CAPIM VAQUERO (*Cynodon dactylon*) E TIFTON 85
(*Cynodon spp.*) SOB DIFERENTES TEMPOS E SISTEMAS DE
ARMAZENAMENTO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", para a obtenção do título de "Mestra em Zootecnia".

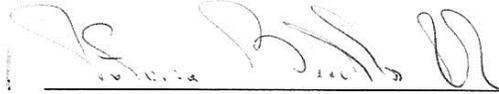
Marechal Cândido Rondon, 19 de julho de 2016.

BANCA EXAMINADORA:



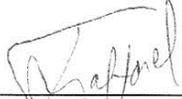
Prof.ª Dr.ª Marcela Abbado Neres

Presidente / Orientadora – Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Prof.ª Dr.ª Patrícia Barcellos Costa

Membro – Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Dr. Loreno Egídio Taffarel

Membro – Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR)

Dedico este trabalho às pessoas mais presentes em minha vida:

Aos meus pais, os mais generosos e queridos de todos os pais.

Meus irmãos, pelo incentivo.

Meu esposo Aldair, por estar ao meu lado em todos os momentos.

AMO VOCÊS!

AGRADECIMENTOS

Início agradecendo a Deus, pela presença constante em todos os momentos da minha vida;

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Marcela Abbado Neres, pela orientação, dedicação, paciência e principalmente compreensão que contribuíram na minha formação pessoal e profissional;

Ao professor Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira, pelos ensinamentos que foram importantes para a realização deste trabalho;

Ao professor Dr. José Renato Stangarlin, por prestar esclarecimentos sobre alguns temas relacionados a esta pesquisa;

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos transmitidos e incremento na minha formação;

Ao produtor César Vorpapel, pela concessão da área rural para a execução do experimento;

Ao secretário do PPZ, Sr. Paulo Henrique Morsch, pela paciência e dedicação prestadas;

À Marcia Elisa Sbaraini Leitzke, pelo apoio e dedicação relacionados a este trabalho;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, como entidade difusora do conhecimento científico;

À minha amiga, Claudia Paes, pelo apoio incondicional.

Aos colegas e amigos de mestrado, Ana Ruth Estrela, Caroline Daiane Nath, Jessica Cristina Urbanski, Kácia Carine Scheidt e Sandra Mara Ströher, pela companhia, ensinamentos e ajuda durante o experimento;

À Luana Muxfeldt, laboratorista do LANA, pelo auxílio durante o período de análises;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

“A verdadeira coragem é ir atrás de seus sonhos mesmo quando todos dizem que ele é impossível.”

Cora Coralina

BIOGRAFIA

Marilda Schmoeller – Filha de Plínio Simão e Verônica Backes Schmoeller, nasceu em São Bonifácio - SC, em 12 de fevereiro de 1971. Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon, em março de 2009. Graduou-se em dezembro de 2013. Em março de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Zootecnia, em nível de Mestrado, pela Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Marcela Abbado Neres.

RESUMO

SCHMOELLER, Marilda. Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, julho de 2016. **Variações na temperatura, valor nutricional e qualidade sanitária do feno de capim Vaquero (*Cynodon Dactylon*) e Tifton 85 (*Cynodon Spp.*) sob diferentes tempos e sistemas de armazenamento.** Orientadora: Prof^a. Dr^a Marcela Abbado Neres.

Com o objetivo de avaliar diferentes sistemas de armazenamento para fenos, foram realizados dois experimentos, sendo estes com feno de capim Vaquero e Tifton 85. O primeiro objetivou avaliar as variações na temperatura e qualidade sanitária em fenos de capim Vaquero e Tifton 85, sob diferentes sistemas e tempos de armazenamento. Os fardos com peso médio de 6 kg foram armazenados em três ambientes: em galpão coberto sem paredes laterais, coberto com lona transparente (transparente), em ambiente aberto revestido com lona dupla face (dupla face) e em galpão fechado arejado (galpão). As variáveis avaliadas foram: temperatura; quantificação e identificação de fungos e leveduras; concentração das micotoxinas Aflatoxina, Zearalenona e Deoxinivalenol conhecido como DON e Vomitoxina. A temperatura dos fenos tanto na superfície quanto no interior dos fardos foi altamente correlacionada com a temperatura ambiente. O gênero *Penicilium* ocorreu em maior frequência no feno de capim Vaquero armazenado no sistema dupla face (6,13 log UFC g⁻¹). Quanto às micotoxinas, os sistemas galpão e lona transparente apresentam maior ocorrência de Aflatoxina e Deoxinivalenol. A matéria orgânica do capim Vaquero coletada no campo apresenta maior ocorrência do fungo *Fusarium* (4,66 log UFC g⁻¹) e da micotoxina Zearalenona (594,2 µg kg⁻¹). A temperatura ambiente influencia a temperatura dos fardos de fenos de capim Tifton 85 e Vaquero. Houve ocorrência de fungos e micotoxinas em todos os sistemas de armazenamento adotados, inclusive nos tratamentos adicionais, sendo matéria orgânica e enfardamento das forragens. O segundo estudo teve por objetivo avaliar o valor nutricional de feno de capim Tifton 85 e Vaquero sob diferentes tempos e condições de armazenamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 18 tratamentos, cinco repetições e um fardo por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de dois tipos de capim (Vaquero e Tifton 85) com três tipos de sistema de armazenamento (galpão, lona transparente e dupla face), alocados nas parcelas, e três tempos de armazenamento (30, 60 e 90 dias), que constituíram as subparcelas. Tratamentos adicionais foram incorporados à análise, sendo representados pelo enfardamento de ambos os capins (tempo zero), que também apresentaram cinco repetições, totalizando 20 tratamentos e 100 unidades experimentais. As variáveis avaliadas, expressas em % na matéria

seca, foram: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEMIC), proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Constatase que o teor de MS foi maior (87,6%) aos 90 dias de armazenamento em sistema lona transparente. Para MM, observa-se maior média (9,46%) aos 90 dias em sistema dupla face. A PB do capim Vaquero foi maior (14,3%) quando comparada ao Tifton 85 (11,8%). A DIVMS obteve média (71,6%) aos 30 dias de armazenamento para o sistema dupla face. Verificam-se menores valores de PIDN para ambos os capins em sistema dupla face aos 60 dias de armazenamento. O capim Vaquero em sistema galpão teve o menor valor de PIDA aos 90 dias de armazenamento. Para celulose, as maiores médias observadas estão em sistemas dupla face aos 90 dias para o capim Tifton 85 e Vaquero. O menor teor de FDA foi observado em sistema lona transparente para o capim Vaquero aos 60 dias. A menor média observada para os teores de lignina foi (2,81%), em sistema de lona transparente aos 90 dias. Os teores mais elevados de FDN foram observados em sistema dupla face, com 90 dias de armazenamento (71,4%). Para hemicelulose, o maior teor verificado foi com o tempo de 90 dias em sistema galpão. Os capins Tifton 85 e Vaqueiro não tiveram alteração dos teores de MS por um período de 90 dias de armazenamento nos sistemas estudados. Os capins Vaquero e Tifton 85 possuem valor nutricional semelhante durante o armazenamento. O sistema de armazenamento com lona dupla face promove queda do valor nutricional das forrageiras estudadas entre 60 e 90 dias de armazenamento. Tanto o capim tifton 85 quanto o capim Vaquero podem ser armazenados por um período de 90 dias em galpão coberto e em galpão aberto com lona transparente, sem comprometimento do valor nutricional.

Palavras-chave: composição bromatológica, fungos, micotoxinas, período.

ABSTRACT

SCHMOELLER, Marilda. Master degree in Animal Science. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, July 2016. **Variations in temperature, nutritional and sanitary quality of Vaquero grass hay (*Cynodon dactylon*) and Tifton 85 (*Cynodon spp.*) in different times and storage systems.** Advisor: Prof.. Dr.^a Marcela Abbado Neres.

With the aim of evaluating different storage systems for hay two experiments were accomplished, with Vaquero grass hay and Tifton 85. The first one aimed to evaluate the variations in temperature, sanitary quality, occurrence of fungi and mycotoxins in grass hay Vaquero and Tifton 85 under different systems and storage times. The bales with average weight of 6 kg were stored in three environments: in covered shed without side walls covered with transparent canvas, (transparent) in an opened environment with double-sided coated canvas (double-sided) and airy closed building (shed). The variables were: temperature (°C) hay; quantification and identification of fungi and yeasts; concentration of mycotoxins Aflatoxin, Zearalenon and Deoxynivalenol. The temperature of hay both the surface and inside the bale has been strongly correlated with ambient temperature. The *Penicillium* occurred more frequently in the grass hay Vaquero stored on double-sided system (6.13 log CFU g⁻¹). For mycotoxins, transparent canvas the shed systems have a higher occurrence of aflatoxin and deoxynivalenol. Organic matter Vaquero grass collected in the field had more occurrence of *Fusarium* fungus (4.66 log CFU g⁻¹) and mycotoxin Zearalenone (594.2 ug kg⁻¹). The ambient temperature influences the temperature of grass hay bales Tifton 85 and Vaquero. There was occurrence of fungi and mycotoxins in all storage systems adopted, including the organic matter and baling forage. The second study was to evaluate the nutritional value of grass hay Tifton 85 and Vaquero under different storage times and conditions. The experimental design was completely randomized in split plot scheme in time with 18 treatments, five replicates and a burden for experimental unit. The treatments were a combination of two types of grass (Vaquero and Tifton 85) with three types of storage system (shed, transparent canvas and double-sided), allocated in installments, and three storage times (30, 60 and 90 days), which constituted the sub parcels. Additional treatments were incorporated into the analysis, being represented by baling both grasses (time zero), which also had five replicates, totaling 20 treatments and 100 experimental units. The variables expressed as% of dry matter, were: dry matter (DM), mineral matter (MM), neutral detergent fiber (NDF), insoluble protein in neutral detergent (PIDN), acid detergent fiber (ADF) protein acid detergent insoluble (PIDA), lignin (LIG), cellulose (CEL), hemicellulose (hemic), crude

protein (CP) and *in vitro* digestibility of dry matter (DM). It was observed that the production of DM was greater (87.6%) at 90 days storage system in transparent bag. For MM, there is a higher average (9.46%) at 90 days double-sided system. The Vaquero grass PB was higher (14.3%) when compared to the Tifton 85 (11.8%). IVDMD has obtained average (71.6%) at 30 days of storage for the double-sided system. It is found smaller PID values for both grasses double system compared with 60 days of storage. The Vaquero grass in the shed system had the lowest value of PIDA at 90 days of storage. For pulp, the biggest averages observed were double-sided systems at 90 days for to grass Tifton 85 and Vaquero. The lowest ADF content was found in system transparent for the grass bag Vaquero at 60 days. The lowest average observed for the lignin levels was (2.81%) in transparent canvas system at 90 days. The highest levels were observed in FDN double-sided system at 90 days of storage (71.4%). Hemicellulose at the highest content was found with a time of 90 days in the shed system. Grasses Tifton 85 and Vaquero had no change in DM contents for a period of 90 days of storage in the studied systems. The Vaquero and Tifton 85 grasses have similar nutritional value during storage. The storage system with double face canvas promotes decrease of the nutritional value of forage studied between 60 and 90 days of storage. Both the Tifton 85 grass as the Vaquero can be stored for a period of 90 days in a covered shed and open shed with canvas transparete without compromising the nutritional value.

Keywords: chemical composition, fungi, mycotoxins, period

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

- Figura 1. Comportamento das temperaturas médias a laser e ambientais ($^{\circ}\text{C}$) no decorrer do tempo (dias), em fenos de capim Tifton armazenados sob diferentes métodos..... 50
- Figura 2. Comportamento das temperaturas médias a laser e ambientais ($^{\circ}\text{C}$) no decorrer do tempo (dias), em fenos de capim vaquero armazenados sob diferentes métodos... 51
- Figura 3. Comportamento das temperaturas médias medidas por termômetro espeto e ambientais ($^{\circ}\text{C}$) no decorrer do tempo (dias), em fenos de capim tifton armazenados sob diferentes métodos. 52
- Figura 4. Comportamento das temperaturas médias medidas por termômetro espeto e ambientais ($^{\circ}\text{C}$) no decorrer do tempo (dias), em fenos de capim vaquero armazenados sob diferentes métodos. 52

Artigo 2

- Figura 1. Equações de regressão de valores médios de proteína insolúvel em detergente neutro em função de tempo de armazenamento, de acordo com as combinações entre classes de capim e de sistema. . CV_{PIDN} : 11,7%. 77
- Figura 2. Equações de regressão de valores médios de fibra em detergente ácido (FDA) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as combinações entre classes de capim e de sistema. CV_{FDA} : 5,51%..... 79
- Figura 3. Equações de regressão de valores médios de nitrogênio insolúvel em detergente ácido em função de tempo de armazenamento, de acordo com as combinações entre classes de capim e de sistema. CV_{PIDA} : 18,3% 80
- Figura 4. Equações de regressão de valores médios de celulose em função de tempo de armazenamento, de acordo com as combinações entre classes de capim e de sistema. ; CV_{CEL} : 5,52..... 81
- Figura 5. Equações de regressão de valores médios da matéria seca em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim. CV_{MS} 1,54..... 85
- Figura 6. Equações de regressão de valores médios de matéria mineral (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim; CV_{MM} : 3,91%..... 86

Figura 7. Equações de regressão de valores médios de fibra em detergente neutro (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim. CV_{FDN} : 3,41%.	87
Figura 8. Equações de regressão de valores médios de lignina (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim. CV_{LIG} : 14,9%.	88
Figura 9. Equações de regressão de valores médios de hemicelulose (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim; CV_{Hemc} : 6,16%.	89
Figura 10. Equações de regressão de valores médios de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim. CV_{DIVMS} 2,01%.	90
Figura 11. Equações de regressão de valores médios de lignina (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de capim, independente de sistema. CV_{LIG} : 14,9%.	92
Figura 12. Equações de regressão de valores médios de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de capim, independente de sistema. CV_{DIVMS} 2,01%.	93

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

- Tabela 1. Testes de esfericidade relacionados às matrizes de covariância (Σ) das temperaturas do feno medidas a laser e com auxílio de termômetro tipo espeto..... 47
- Tabela 2. Médias observadas e desvios-padrão (entre parênteses) de temperatura (°C) em fenos, medidas por laser e por espeto, de acordo com as combinações entre classes de capim e método de armazenamento 48
- Tabela 3. Valores médios de logaritmo (base dez) da contagem individual (*Cladosporium sp.* - CLAD; *Fusarium sp.* - FUS; *Penicillium sp.* - PEN; *Aspergillus sp.* - ASP; *Rhizopus sp.* - RHIZ; leveduras - LEV) e total de fungos e leveduras (TOTAL) encontradas em fenos de capim Tifton 85 e Vaquero, independente de método ⁽¹⁾. 54
- Tabela 4. Valores médios de logaritmo (base dez) da contagem individual (*Cladosporium sp.* - CLAD; *Fusarium sp.* - FUS; *Penicillium sp.* - PEN; *Aspergillus sp.* - ASP; *Rhizopus sp.* - RHIZ; leveduras - LEV) e total de fungos e leveduras (TOTAL) de acordo com o método de armazenamento, independente do capim ⁽¹⁾. 54
- Tabela 5. Valores médios de logaritmo (base dez) da contagem individual (*Cladosporium sp.* - CLAD; *Fusarium sp.* - FUS; *Penicillium sp.* - PEN; *Aspergillus sp.* - ASP; *Rhizopus sp.* - RHIZ; leveduras - LEV) e total de fungos e leveduras (TOTAL), de acordo com as combinações entre classes de capim e método de armazenamento ⁽¹⁾. 56
- Tabela 6. Médias observadas e desvios-padrão (entre parênteses) de aflatoxina (AFLA), zearalenona (ZEA) e deoxinivalenol (DON) de acordo com as classes de capim, independente de método de armazenamento ⁽¹⁾. 58
- Tabela 7. Médias observadas e desvios-padrão (entre parênteses) de aflatoxina (AFLA), zearalenona (ZEA) e deoxinivalenol (DON) de acordo com as classes de método de armazenamento, independente de tipo de capim ⁽¹⁾. 58
- Tabela 8. Médias observadas e desvios-padrão (entre parênteses) de aflatoxina (AFLA), zearalenona (ZEA) e deoxinivalenol (DON) de acordo com as combinações entre classes de capim e método de armazenamento ⁽¹⁾. 59

Artigo 2

- Tabela 1. Testes de esfericidade relacionados às matrizes de covariância (Σ) das características bromatológicas 73

Tabela 2. Valores Médios de composição bromatológica (%) de capim Vaquero e Tifton 85, referente a cada combinação entre sistema vs tempo de armazenamento ⁽¹⁾	76
Tabela 3. Médias de composição bromatológica (%) referente ao efeito de sistema em cada tempo de armazenamento, independente de capim ⁽¹⁾	84
Tabela 4. Médias de composição bromatológica (%) referente ao efeito de capim em cada tempo de armazenamento, independente de sistema ⁽¹⁾	91
Tabela 5. Médias de matéria seca (%) referente ao efeito de capim em cada sistema, independente de tempo de armazenamento ⁽¹⁾	94
Tabela 6. Médias matéria seca (%) e proteína bruta (%) de capins, independente de sistema e de tempo ⁽¹⁾	94
Tabela 7. Médias de composição bromatológica (%) de capins antes do armazenamento ⁽¹⁾ ...	95

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Graus Celsius
AFB1	Aflatoxina B1
AFLA	Aflatoxina
AFM1	Aflatoxina M1
ASP	<i>Aspergillus</i>
C/M	Capim dado o método
CLAD	<i>Cladosporium</i>
DF	Dupla face
DON	Deoxinivalenol
DP	Desvio Padrão
ENF	Enfardamento
FUS	<i>Fusarium</i>
G	Galpão
LEV	Leveduras
LMT	Limites máximos toleráveis
LOG	Logaritmo
LT	Lona Transparente
M/C	Método dado o capim
MO	Matéria orgânica
PEN	<i>Penicillium</i>
RHIZ	<i>Rhizopus</i>
TOT	Total
UFC	Unidades formadoras de colônia
ZEA	Zearalenona

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Importância das Plantas Forrageiras	20
2.1.1 Fenação	20
2.1.2 Fases de secagem da forragem.....	21
2.1.3 Caracterização das espécies forrageiras	22
2.1.4 Tifton 85	23
2.1.5 Vaquero	24
2.1.6 Importância da composição bromatológica do feno	24
2.2 Sistemas de Armazenamento de Fenos	25
2.2.1 Armazenamento no campo	26
2.2.2 Perdas no armazenamento	26
2.3 Aspectos Sanitários de Forragens Armazenadas	27
2.3.1 Fungos e micotoxinas em forragens conservadas	27
2.3.2 Aflatoxina	29
2.3.3 Zearalenona.....	30
2.3.4 Desoxinivalenol	31
2.4 Referências	32
3 VARIAÇÕES DA TEMPERATURA E QUALIDADE SANITÁRIA DE FENO DE CAPIM VAQUERO E TIFTON 85 SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO	39
Resumo	39
Abstract	39
3.1 Introdução	40
3.2 Material e Métodos	41
3.2.1 Local e duração dos experimentos	41
3.2.2 Instalações e manejo dos fenos	43
3.2.3 Delineamento experimental e distribuição dos tratamentos às unidades experimentais	43
3.2.4 Análises microbiológicas	44
3.2.5 Variáveis avaliadas	44
3.2.6 Procedimentos estatísticos	45
3.3 Resultados e Discussão	47

3.3.1 Considerações finais.....	60
3.4 Conclusões	60
3.5 Referências	61
4 VALOR NUTRICIONAL DE FENO DE CAPIM TIFTON 85 E VAQUERO SOB	
DIFERENTES CONDIÇÕES E PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO	65
Resumo	65
Abstract	66
4.1 Introdução	67
4.2 Materiais e Métodos	68
4.2.1 Delineamento experimental e tratamentos	70
4.2.2 Variáveis avaliadas	71
4.2.3 Procedimentos estatísticos	71
4.3 Resultados e Discussão	73
4.3.1 Considerações finais.....	95
4.4 Conclusões	96
4.5 Referências	96
APÊNDICE A - Termômetro mira laser, Termômetro espeto, utilizados para monitorar as	
temperaturas dos fardos de feno.....	101
APÊNDICE B - Armazenamento dos fenos em cada sistema, Galpão fechado arejado, galpão	
coberto sem paredes laterais cobertos com lona transparente e no tempo coberto com lona	
dupla face.	102
APÊNDICE C - Acúmulo de gotículas de água na sob a lona dupla face disposta sobre a	
superfície dos fardos de feno do capim Tifton 85 e Vaquero.....	102
APÊNDICE D - Análise microbiológica, quantificação de fungos e leveduras	103
APÊNDICE E - Análise de proteína bruta do feno de capim Tifton 85 e capim Vaquero..	103
APÊNDICE F - Análise de Lignina, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente	
ácido (FDA), proteína em detergente neutro (PIDN) e proteína em detergente ácido	
(PIDA) do feno de capim Tifton 85 e capim Vaquero.....	104
APÊNDICE G - Análise de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca do feno de capim Tifton	
85 e capim Vaquero	104

1 INTRODUÇÃO

A utilização de pastagens formadas por gramíneas tropicais são a base dos sistemas de produção de ruminantes no Brasil. Contudo, a estacionalidade destas forrageiras requer a produção de volumosos de alta qualidade para obtenção de fenos e silagens de elevado valor nutritivo durante o verão, para suprir as deficiências observadas durante o período de secas prolongadas e invernos extremos. Muitas gramíneas forrageiras podem ser utilizadas para produzir o feno, e entre estas se destaca o gênero *Cynodon*, como o capim Vaquero (*Cynodon dactylon*) e o Tifton 85 (*Cynodon* spp.).

A utilização da técnica de fenação vem se expandindo em função da maior precisão na previsão do tempo e facilidade de aquisição dos implementos. Este fator resulta em aumento de produção ou da compra de feno que em grandes quantidades requer a utilização de alternativas de armazenamento, seja em locais ventilados e livres de umidade com aproveitamento das construções já existentes, construindo galpões rústicos ou, ainda, realizando o armazenamento a campo, coberto com lona plástica.

Para fenos armazenados em locais protegidos, o principal fator limitante na preservação da qualidade é sem dúvida o conteúdo de umidade. Fenos úmidos alteram a coloração verde presente para vários tons de marrom, sendo que sob umidade menor do que 15% são estáveis, enquanto naqueles com valores superiores a atividade de microrganismos pode causar aquecimento, principalmente nas primeiras 3 a 5 semanas de armazenamento. Fardos retangulares são tradicionalmente armazenados em galpões arejados, enquanto os redondos de alto peso podem ser armazenados em locais cobertos ou no próprio campo.

A adoção de boas práticas de produção agrícola e, neste caso, cuidados no armazenamento, também podem reduzir a contaminação por fungos e, conseqüentemente, a produção de micotoxinas, que são metabólitos secundários tóxicos produzidos por uma variedade de fungos, especialmente por espécies dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*. Estes fungos podem ser encontrados na maior parte dos alimentos destinados ao consumo animal, tais como concentrados, forragens conservadas como feno e silagem e, até mesmo, em pastagens.

Os fungos que produzem estes compostos tóxicos podem ser controlados com certos tratamentos, porém as micotoxinas são quimicamente estáveis sendo quase impossível destruí-las, pois resistem à fervura, à pasteurização, ao congelamento e ao tratamento ácido, dentre outras ações químicas ou físicas.

Portanto, proporcionar condições para reduzir a contaminação por fungos e impedir ou limitar o seu desenvolvimento, é o ponto-chave para obtenção de fenos de qualidade. Neste contexto, o experimento teve por objetivo a avaliação das variações na temperatura, do valor nutricional e da qualidade sanitária do feno de capim Vaquero e Tifton 85 armazenados sob diferentes tempos e sistemas de armazenamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância das Plantas Forrageiras

A produção pecuária é reconhecidamente afetada pela estacionalidade da produção de forragens quando cultivadas em áreas sujeitas às variações climáticas de temperatura, radiação solar e de índice pluviométrico, diminuindo seu potencial de produção quando algum desses fatores se torna limitante (MURARO, 2008).

A bovinocultura é um dos principais destaques do agronegócio Brasileiro no cenário mundial. O Brasil possui o segundo maior rebanho efetivo do mundo, variando de 188 a 212 milhões de cabeças dependendo da fonte (ABIEC, 2013; ANUALPEC, 2013). Grande parte dos sistemas pecuários Brasileiros é caracterizada fundamentalmente pela utilização de pastagens como fonte principal de alimento para o rebanho, sendo oferecida aos animais em pastejo direto, no cocho, triturada de forma *in natura* ou conservada na forma de silagem ou feno (ARAÚJO FILHO, 2008).

Nos últimos anos, a região Oeste do Paraná teve um aumento no número de produtores de feno, pois o clima da região no verão permite um rápido crescimento das plantas, com cortes do capim Tifton 85, sendo realizados em média a cada 28 dias, aliado à grande disponibilidade de dejetos líquidos suíno para adubação destas áreas, que passa a solucionar, em partes, um problema ambiental para a região (MUFATTO et al., 2013).

2.1.1 Fenação

A prática de conservação de forragens é muito antiga, pois a domesticação dos herbívoros, em especial de ruminantes, se deu em regiões de clima instável, com períodos de frio ou secas prolongadas (ARCURI et al., 2003). No Brasil, na década de 80, o capim Tifton 68 foi um dos primeiros a ser utilizado para a produção de feno de gramíneas. O Estado de São Paulo é o principal produtor, seguido de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná (LIMA et al., 2006).

A fenação é a conservação de forragens que ocorre por meio da desidratação parcial da planta forrageira. Um processo eficiente de fenação depende da redução dos teores de umidade de 80% para valores abaixo de 20%, permitindo uma armazenagem segura (CALIXTO JUNIOR et al., 2012).

O processo de desidratação retira água disponível que favorece o desenvolvimento dos microrganismos, fazendo com que o produto final se conserve por longo tempo, evitando-se perdas durante o armazenamento e rejeição pelos animais (MACDONALD; CLARK, 1987).

A qualidade do feno está diretamente relacionada à concentração de nutrientes na planta no momento do corte, características como espessura do colmo e a relação folha/colmo influenciam na taxa de secagem e no teor de matéria seca final (NERES et al., 2011).

A qualidade do feno pode ser observada pela cor, pelo olfato (odor característico de mofo) o estágio de desenvolvimento, a quantidade de folhas, e por meio de análises químico-bromatológicas, como a quantificação dos teores de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), que estão relacionados ao consumo de feno pelo animal (MARTINS et al., 2015).

Além de serem utilizados por muitos pecuaristas no período de escassez, os fenos de *Cynodon* têm se tornado um negócio de alta lucratividade para quem os produz, pois têm alcançado preços elevados no mercado brasileiro (PEDREIRA, 2010). Porém, muitos compradores diferenciam a qualidade do feno com base no preço, uma prática que dificulta o desenvolvimento deste mercado. Além disso, existe uma elevada variabilidade nestes valores.

Para otimizar a atividade neste segmento, é necessário padronizar as características qualitativas dos fenos comercializados para permitir o valor mais justo (LIMA et al., 2006).

Vários são os fatores que determinam ou influenciam a qualidade e valor nutritivo do feno, dentre os quais estão o manejo em cada etapa do processo de fenação, o estágio de desenvolvimento da planta, as condições ambientais e a fertilidade do solo (MARTINS et al., 2015).

2.1.2 Fases de secagem da forragem

A secagem da forragem é dividida em três fases que diferem entre si pela duração, perda de água e resistência à desidratação (MACDONALD; CLARK, 1987). A primeira fase é caracterizada por secagem rápida, envolvendo intensa perda de água, reduzindo o teor de umidade da planta para aproximadamente 60-65%, onde as perdas de água ocorrem por transpiração (CALIXTO JUNIOR et al., 2012).

Na segunda fase, após o fechamento dos estômatos, a perda de água ocorre por difusão celular através da epiderme e cutícula. Nessa fase, a umidade é reduzida de 60% para 30%, assim, a estrutura das folhas, as características da cutícula e a estrutura da planta afetam a

duração desta fase de secagem. A cutícula torna-se a principal barreira à perda de água (HARRIS; TULLBERG, 1980).

Na terceira fase, ocorre a plasmólise, em que a membrana celular perde sua seletividade e ocorre redução na umidade de 30% para 15% (HARRIS; TULLBERG, 1980; LAVEZZO; ANDRADE, 1994). O corte deve ser realizado no período matutino, logo após a evaporação do orvalho ou do excesso de umidade da planta, à altura de 5 a 10 cm acima do solo (ARRUDA, 2010). Pesquisadores ressaltam a importância dos serviços de informação meteorológica que descrevem a possibilidade de ocorrência de chuvas, quantidade de chuva prevista, comportamento pluviométrico ao longo do dia, temperaturas máxima e mínima do dia (°C), velocidade (Km h⁻¹), direção dos ventos e a umidade relativa do ar (%) (EVANGELISTA et al., 2011).

2.1.3 Caracterização das espécies forrageiras

No Brasil, segundo Evangelista e Pinto (2005), a utilização das gramíneas do gênero *Cynodon* ocorre nas regiões Sul, Sudeste e, em menor extensão, no Centro-Oeste. Na região Oeste do Paraná, as cultivares e híbridos do gênero *Cynodon* destacam-se pela produtividade e pelo elevado valor nutritivo, especialmente o Tifton 85, que pode ser utilizado de diversas formas como: forragem verde, conservada, que pode ser feno ou silagem ou pré-secado, devido à qualidade e suas características produtivas (CASTAGNARA et al., 2012).

Os cultivares e híbridos do gênero *Cynodon* possuem estolões abundantes, cujos nós se enraizam com muita agressividade quando em contato com o solo, promovendo características especiais às plantas como, por exemplo, maior resistência aos invernos moderadamente frios (VILELA; ALVIM, 1998), ao pastejo (NASCIMENTO et al., 2002), ótima cobertura do solo, e aceitabilidade pelos animais (EVANGELISTA et al., 2011).

Periodicamente, são lançadas no mercado novas forrageiras comerciais do gênero *Cynodon*, provenientes de programas de melhoramento dirigidos para fins específicos ou de obtenção casual de novas plantas que, após seleção e avaliação sob corte e pastejo, são colocadas à disposição de produtores e pecuaristas. Isso pode ser atribuído à grande variabilidade genética dentro desse gênero, o que está provavelmente relacionado com a diversidade geográfica dos centros de origem e dispersão, conferindo às plantas de *Cynodon* spp. elevada flexibilidade de adaptação edafoclimática e, conseqüentemente, considerável potencial de utilização em vários ambientes (PEDREIRA, 2010).

As espécies mais utilizadas na atualidade são o capim Tifton 85, coastcross, e recentemente outros representantes desse gênero, como o capim Vaquero (*Cynodon dactylon* cv. Vaquero), que é oriundo do melhoramento dos capins conhecidos como “Pyramid”, “Mirage” e “CD90160”, que apesar de já ter sido estudado nos Estados Unidos, foi recentemente introduzido no Brasil, sendo empregado em diversas pesquisas para avaliar seu comportamento nas condições brasileiras (ANDRADE, 2011). O capim Jigss, também recente no país, ainda requer pesquisas a respeito de sua produção e qualidade como forrageira para produção de feno.

2.1.4 Tifton 85

O capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.) é um híbrido entre Tifton 68 e uma introdução sul-africana (P1290884). Foi desenvolvido pelo departamento de agricultura dos Estados Unidos da América do Norte, em cooperação com a Universidade da Geórgia, estação experimental de TIFTON, pela equipe do professor Dr. Burton; registrada e liberada para plantio em 31/10/92. Introduzida no Brasil a partir de 1993, mantém-se resistente diante das geadas e secas prolongadas. Em relação aos outros cultivares do gênero, apresenta ótimas características tais, como: porte mais elevado, colmos mais compridos, folhas mais extensas e de coloração verde mais escuro, grandes rizomas, em menor número, e estolões que se expandem rapidamente (BURTON et al., 1993).

Ocupa destaque na pecuária nacional por sua ampla utilização como pastagem e para produção de feno e, em menor escala, por seu uso para produção de silagem (PASQUALOTTO, 2014). Esta planta forrageira é perene, estolonífera, rizomatosa e possui elevado potencial de produção de forragem com qualidade (PEDREIRA, 2010).

Em função da hibridização em *Cynodon* spp., o que possibilitou o desenvolvimento de inúmeros híbridos adaptados às regiões tropicais e subtropicais, a produção de sementes é baixa e a maioria das novas cultivares não produz sementes viáveis (PEDREIRA; TONATO, 2007).

Dessa forma, o estabelecimento é obtido com maior facilidade por meio de material vegetativo, mudas enraizadas, pedaços de colmos, estacas, estolões e rizomas.

2.1.5 Vaquero

O capim Vaquero (*Cynodon dactylon*) é uma mistura de sementes dos capins conhecidos como “Pyramid”, “Mirage” e “CD 90160”, originária dos Estados Unidos e recentemente introduzida no Brasil. Devido à recente introdução, ainda existem poucos estudos que relatem seu desempenho nas condições brasileiras (ANDRADE et al., 2012). Entretanto, esse capim já apresenta uma grande aceitação pelos produtores de equinos e bovinos de leite, principalmente na forma de feno.

Vaquero apresenta uma boa produtividade, assim como boa tolerância ao frio e ao déficit hídrico. Por possuir em sua composição cultivares utilizados para jardins, apresenta grande capacidade de cobrir o solo, formando um estande bastante denso (PEDREIRA, 2010).

No trabalho de Silva (2012), que teve como objetivo descrever e explicar características agrônômicas, morfológicas e estruturais de capins Tifton 85, Jiggs e Vaquero em resposta a três frequências de desfolhação, o capim Vaquero foi o menos estacional entre os cultivares, com aproximadamente 40% do acúmulo total de forragem ocorrendo no inverno e outono, com produção significativamente superior aos demais capins.

2.1.6 Importância da composição bromatológica do feno

Para uma boa produção animal em pastagens, é necessário que estas produzam grandes quantidades de forragem de bom valor nutritivo. Além disso, os animais devem colher grande proporção desta e ter boa eficiência de conversão. Assim, além do valor nutritivo da forragem, que se refere à composição química e digestibilidade, é importante incluir o consumo de matéria seca como um componente da qualidade da forragem e como determinante da produção animal (SILVA et al., 2008).

Nos últimos anos, tem-se intensificado a busca por alternativas estratégicas que aumentem a produtividade animal dos sistemas de produção de ruminantes, com destaque para forrageiras do gênero *Cynodon* (QUARESMA et al., 2011).

Como toda forrageira de clima tropical, estes genótipos concentram a maior parte de sua produção de biomassa durante o período das chuvas, consequência de fatores climáticos principalmente, como temperatura e precipitação pluviométrica (VAN SOEST, 1994).

Os cultivares deste gênero são caracterizados pela elevada produção de matéria seca e alto valor nutritivo. A qualidade está associada diretamente com as idades ao corte, ou seja, à

medida que se alonga, ocorre decréscimo nos teores de proteína bruta (PB), aumento nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), devido ao aumento nos teores de parede celular (GONÇALVES et al., 2001).

Estudos sobre a cinética ruminal são importantes, uma vez que fornecem informações sobre as características nutritivas e concentração dos componentes das dietas de forrageiras tropicais, além de proporcionar contribuição para novas tabelas de composição de alimentos (DELGADO et al., 2011).

A procura por forrageiras com potencial para elevada produção de biomassa (acima de 10.000 kg de MS ha⁻¹ ano⁻¹), associadas com bom valor nutricional (12% de proteína bruta e 60% de fibra digestível), é pré-requisito para a maioria dos pecuaristas. Deste modo, é dada ênfase para alguns híbridos do gênero *Cynodon* que apresentam essas características, ou seja, rápido acúmulo de massa e grandes quantidades de matéria seca (MS), com alta relação lâmina foliar: colmo, resultando em forragem de bom valor nutritivo (GONÇALVES et al., 2002).

Vale ressaltar que elevado valor nutricional e principalmente teores elevados de PB nas forrageiras são desejáveis, pois em geral o requerimento proteico de ruminantes é um dos fatores que apresentam maiores custos nos suplementos, sendo mais econômica sua obtenção via pastagem (SILVA et al., 2008).

2.2 Sistemas de Armazenamento de Fenos

O feno enfardado pode ser armazenado em galpões aproveitando as construções já existentes na propriedade, galpões rústicos sendo total ou parcialmente coberto, ou deixado inteiramente desprotegido, dependendo das condições climáticas da região, levando-se em consideração que estes devem estar em locais ventilados e livres de umidade (EVANGELISTA, 2000).

Quando adequadamente protegido, o feno permanece com sua qualidade estável durante o armazenamento com pequenas perdas devido à atividade de microrganismos. O feno armazenado em local desprotegido apresenta os mesmos tipos de perdas daqueles protegidos, além de sofrerem os efeitos do clima na superfície exposta (REIS, 2015). Fardos retangulares são tradicionalmente armazenados em galpões arejados, enquanto os redondos de alto peso podem ser armazenados em locais cobertos ou no próprio campo.

O feno é higroscópico, ou seja, absorve água do ambiente. A umidade relativa do ar também influencia a umidade de equilíbrio da forragem e as perdas nos fardos armazenados em locais desprotegidos podem ser aumentadas em 10-15% em respostas aos efeitos do clima (REIS, 2015).

2.2.1 Armazenamento no campo

Vários métodos de armazenamento fornecem diferentes intensidades de proteção no campo, podendo os fardos ser colocados em locais bem drenados, ou sobre pedra triturada, pedaços de madeira e mesmo pneus, diminuindo o contato forragem solo (REIS, 2015).

Fardos redondos ou retangulares podem ser armazenados no campo ou em locais abertos, eliminando investimento em construções. Os fardos podem ser cobertos com plástico, reduzindo a absorção de umidade, evitando assim perdas de matéria seca, que podem variar de 3 a 40%, dependendo das condições climáticas.

Devido ao seu formato, nos fardos redondos a água das chuvas escorre pela superfície, com pouca penetração na forragem. Em geral, as perdas de MS de fardos redondos armazenados em locais desprotegidos estão relacionadas com a densidade no enfardamento, sendo que naqueles mais densos observa-se menor deterioração. A maior parte da perda de MS ocorre na camada externa dos fardos, 10-20 cm, onde o feno é exposto aos efeitos do meio ambiente, ou seja, chuvas, sereno e umidade do solo (CÂNDIDO et al., 2013).

2.2.2 Perdas no armazenamento

Forragens conservadas como feno podem ter seu valor alimentício bastante alterado em razão dos procedimentos adotados para a sua produção e conservação e dos fenômenos químicos e microbiológicos que ocorrem no processo (JOBIM et al., 2007).

Para Reis et al. (2001), além da espécie e idade das plantas forrageiras, os principais fatores para obtenção de um produto de alta qualidade são: o manejo de corte, que visa uma desidratação, e o conhecimento técnico para superar os condicionantes apresentados pelos fatores ambientais. Esses fatores interferem diretamente na qualidade bromatológica e sanitária do feno, bem como nas perdas no processo de produção (DOMINGUES, 2009).

O enfardamento da forragem com baixa umidade garante a paralisação da atividade das enzimas respiratórias das plantas, entretanto a respiração dos microrganismos é responsável pela maior parte das perdas observadas no armazenamento (COLLINS; COBLENTZ, 2007). Estas perdas são atribuídas à respiração e à atividade de microrganismos, especialmente fungos, que reduzem os carboidratos solúveis. O maior dano ocorre nos primeiros 30 dias de armazenamento (ROTZ; ABRAMS, 1988).

Vale ressaltar que além das alterações na composição química, o desenvolvimento de fungos pode ser prejudicial à saúde dos animais e das pessoas que manejam esses fenos, devido à produção de toxinas, principalmente aquelas relacionadas aos fungos patogênicos, como *Aspergillus glaucus* e *Aspergillus fumigatus* (EVANGELISTA et al., 2005). Além disso, a intensa atividade de microrganismos em fenos de alta umidade promove aumento na temperatura do feno, podendo-se registrar valores acima de 65 °C e até a combustão espontânea. Condições de alta umidade e temperaturas acima de 55 °C são favoráveis à ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis e grupos amins dos aminoácidos, resultando em compostos denominados produtos de reação de Maillard (MOSER, 1995). A formação de produtos de Maillard em fenos superaquecidos promove consequentemente diminuição acentuada na digestibilidade da proteína.

2.3 Aspectos Sanitários de Forragens Armazenadas

2.3.1 Fungos e micotoxinas em forragens conservadas

O início da degradação das forragens causada por fungos inicia-se no campo durante a maturação e continua nos processos de secagem, transporte e no armazenamento. Esses fungos podem ser classificados em três grupos: fungos de campo, fungos intermediários e fungos de armazenamento (LAZZARI, 1993). O gênero *Fusarium* constitui-se por fungos típicos que infectam plantas no campo. Eles infectam plantas hospedeiras e causam doenças que resultam em acumulação de várias micotoxinas (YUEN et al., 2007).

A fenação e a ensilagem, em decorrência das alterações que promovem no conteúdo de matéria seca e no pH da planta, acarretam mudanças acentuadas na população de microrganismos, havendo diminuição naqueles típicos de campo como *Alternaria*, *Fusarium* e *Cladosporium* e aumento na população adaptada às condições do armazenamento, como

Aspergillus e *Penicillium* (HLODVERSSON; KASPERSSON, 1986; MAHANNA, 1994; REIS et al., 1997).

Um dos primeiros fungos conhecidos na produção de feno foi o Ascomiceto *Claviceps purpurea*, que no centeio era conhecido por esporão do centeio, devido à produção de um alcaloide que produzia a doença, tanto em humanos quanto em animais, chamada de ergotismo, caracterizada por convulsões e gangrena seca nas extremidades. (AMARAL; NUSSIO, 2011).

Para que os fungos se desenvolvam, há necessidade de fontes de nitrogênio, energia, atividade de água e temperatura ambiente apropriada para cada gênero. Todo gênero tem seus limites para desenvolver e produzir toxinas (CRUZ, 2010). A temperatura é o fator ambiental que mais afeta o crescimento dos bolores. Abaixo de 10°C, a maioria dos fungos perde a capacidade de desenvolvimento. O intervalo ótimo de temperatura para o crescimento está entre 20 e 30° C. *Aspergillus* e *Penicillium* são espécies que apresentam seu desenvolvimento ótimo em condições de temperatura elevada (24 a 35 °C) e umidade superior a 70%, enquanto que espécies de *Fusarium* têm preferência por temperaturas ao redor de 25 °C para o crescimento fúngico e de 10 °C e umidade superior a 14% para produção das micotoxinas zearalenona e fumonisina (MALLMANN; DILKIN, 2007).

As micotoxinas estão caracterizadas como substâncias não proteicas altamente tóxicas, produzidos por certos fungos ou leveduras que são organismos aeróbios que se desenvolvem em lugares que apresentam baixa disponibilidade de água (JOBIM; GONÇALVES, 2003). Essas toxinas causam perdas econômicas substanciais na criação de animais (SCHATZMAYR et al., 2006).

São moléculas relativamente pequenas, geralmente não detectáveis pelo sistema imune do homem e animais e o principal perigo potencial da presença das micotoxinas na dieta humana reside na incapacidade de serem detectadas biologicamente (ICMSF, 1996).

A ocorrência de crescimento de fungos não é indicadora da presença de micotoxinas na forragem conservada. Embora já existam 300 a 400 micotoxinas conhecidas, as mais preocupantes em relação à toxicidade e ocorrência são aflatoxinas, desoxinivalenol (DON ou vomitoxina), zearalenona, fumonisina, toxina T-2 e toxinas semelhantes à T-2 (tricotecenos) (ARAÚJO; TAKISHITA, 2007). As micotoxinas originárias do fungo *Fusarium*, desoxinivalenol (DON) e a zearalenona, são normalmente encontradas em grãos de cereais, forragens conservadas e pastos (JOUANY, 2001).

Os efeitos biológicos aparentemente ocasionados pela contaminação por micotoxinas estão diretamente relacionados com o nível de contaminação, espécie animal e tempo de exposição dos animais (JOBIM; GONÇALVES, 2003).

2.3.2 Aflatoxina

As aflatoxinas são metabólitos secundários produzidos por certas cepas de *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*, *A. tamarii*, *A. bombycis* e *A. pseudotamarii* (WHITLOW; HAGLER, 2004). As aflatoxinas denominadas B1, B2, G1 e G2 são as mais investigadas por serem substâncias extremamente tóxicas, mutagênicas e carcinogênicas (GUTZWILLER et al., 2007; LEUNG et al., 2007).

As condições para o crescimento dos fungos *Aspergillus* e a consequente presença de aflatoxina têm relação principalmente com a umidade relativa entre 80 e 85%, atividade de água superior a 70% e temperaturas compreendidas entre 24-35 °C (MALMANN; DILKIN, 2007). Causam grandes danos à saúde humana e elevados prejuízos econômicos no desempenho de animais domésticos, como os ruminantes (LAZZARI, 1997).

Quando ruminantes são alimentados com forragem com bolor, contendo aflatoxinas produzidas pelos fungos *Aspergillus*, as toxinas podem passar para o leite, sendo que estes compostos são metabolizados principalmente no fígado (GUTZWILLER et al., 2007; LEUNG et al., 2007).

As perdas econômicas e problemas de saúde causados pelo aumento de contaminações de micotoxinas têm atraído interesses de pesquisa para explorar novos métodos de inativação e desintoxicação. Estratégias sugeridas de descontaminação incluem eliminar micotoxinas de grãos contaminados, diminuindo a biodisponibilidade dessas micotoxinas no trato gastrointestinal de animais, ou diretamente em rações (ZHU et al., 2016).

A aflatoxina B1 (AFB1) é considerada uma das mais tóxicas produzidas por estas espécies. No fígado, a AFB1 é biotransformada à aflatoxina M1 (AFM1), a qual é excretada no leite de animais em lactação (BATTACONE et al., 2005).

Acreditava-se que a taxa de passagem da micotoxina do alimento para o leite era de 2%. Porém, estudos recentes colocaram em evidência que tal taxa está correlacionada com dois fatores: potencial produtivo do animal e estágio de lactação. Os valores de 2% a 2,5% referem-se a vacas com produção entre 16-25 kg/dia em estágio de lactação avançado. Como

os animais estão se tornando cada vez mais produtivos, com produção superior a 30 kg de leite, a taxa se torna mais elevada, com valores próximos a 4% (VELDMAN et al., 1992).

Os limites máximos toleráveis (LMT) estabelecidos para micotoxinas em alimentação animal variam entre países e grupo de toxinas avaliadas, bem como o tipo de alimento, espécie e características dos animais. Atualmente, para alimentação animal, poucos países têm estes valores estabelecidos. No Brasil, a legislação estabelece LMT de 50 µg/kg de AFLs para alimentação animal (BRASIL, 1988). Contudo, para a silagem utilizada na alimentação de bovinos e administrada juntamente com ração e pastagem verde não existe legislação específica. Já para o Mercosul o LMT foi estabelecido somente para AFLs 20 µg/kg, em ração animal e não específica para gado leiteiro (MERCOSUL, 2002).

2.3.3 Zearalenona

A zearalenona (ZEA), produzida por espécies de *Fusarium sp.*, é uma micotoxina importante que causa prejuízos significativos. A ZEA é um metabolito estrogênico potente produzido por algumas espécies de *Fusarium*, que infestam culturas de cereais e plantas (KUMAR et al., 2008). Sua concentração nos alimentos pode variar de poucos microgramas até 276 mg/kg (BINDER et al., 2007).

Alguns estudos sugerem que ruminantes são menos sensíveis à exposição por ZEA quando comparados aos monogástricos, devido ao ambiente ruminal destes reduzirem a quantidade desta toxina (DIEKMAN; GREEN, 1992).

De maneira geral, quando presente nos alimentos, a ZEA pode causar problemas reprodutivos, tais como aborto, repetição de cio, retenção de placenta e cistos de ovário, dentre outros sintomas (KUMAR et al., 2008; WAGACHA; MUTHOMI, 2008). Além do impacto direto sobre ruminantes, a forragem contaminada também afeta os microrganismos do rúmen (ANNISON; BRYDEN, 1998; SCHATZMAYR et al., 2006).

O metabolismo ruminal é saturável, e varia de acordo com o regime de alimentação (SEELING et al., 2005). O limite máximo de ZEA na alimentação de ruminantes, em rações e concentrados para terneiros, machos adultos e fêmeas em lactação, é de 250 µg/kg. A Legislação BRASIL ANVISA - RDC nº 7 de 2011 dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos.

2.3.4 Desoxinivalenol

O desoxinivalenol (DON) também é uma micotoxina produzida pelas espécies de *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae*, *F. sporotrioides* e *F. roseum*) (KUSHIRO, 2008; QUEIROZ et al., 2011). É também conhecido como vomitoxina, devido aos seus fortes efeitos eméticos após o consumo, uma vez que é transportada para o cérebro, onde afeta os receptores dopaminérgicos (KUSHIRO, 2008).

O DON foi relatado por apresentar vários efeitos toxicológicos, tais como redução de crescimento e o consumo de ração (anorexia) mesmo com baixas concentrações na dieta, considerando que induz a vômitos (emese) em animais com doses superiores agudas. Os efeitos eméticos desta micotoxina foram primeiramente descritos em homens japoneses que consumiam cevada contendo bolor oriundo de fungos *Fusarium* (UENO, 1985; 1988).

Numerosos estudos têm documentado que o DON é estável ao calor e o perigo resultante disto é que a toxina ainda permanece em alimentos e rações após o tratamento culinário de base (SOBROVA et al., 2010).

O DON e a ZEA são micotoxinas de coocorrência em amostras de silagem de milho contaminadas por *Fusarium*, aumentando o risco de doenças nos animais pelo efeito de associação das micotoxinas e pela alta inclusão desse volumoso na alimentação de ruminantes, comprometendo a saúde dos microrganismos no interior do rúmen e o desempenho dos animais (DRIEHUIS, 2011). Embora haja um vasto conhecimento para a ocorrência e prevenção de fungos *Fusarium* no campo, o conhecimento sobre a retenção de DON após a colheita e durante o processamento é limitado (KUSHIRO, 2008).

Pesquisadores observaram que a DON também pode transferir toxina para os produtos de origem animal, de suínos e aves, no entanto a taxa de transmissão é baixa (DOLL et al., 2008; GOYARTS et al., 2007). A outra preocupação é o leite; alguns estudos concluem que o DON pode ser transferido de vacas leiteiras para o seu leite (SOBROVA et al., 2010).

Com relação aos limites estabelecidos para alimentação de ruminantes, os valores máximos permitidos são de 1000 µg/kg, para terneiros e machos adultos, e de 2000 µg/kg para vacas em lactação, conforme a Legislação BRASIL ANVISA - RDC nº 7 de 2011, que dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos.

A ocorrência da DON em alimentos para animais e humanos representa mais de 90% do número total de amostras, sendo que esta micotoxina também é considerada um marcador potencial de ocorrência de outras micotoxinas (SOBROVA et al., 2010).

2.4 Referências

- AMARAL, R.C.; NUSSIO, L.G. Fungos e micotoxinas. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4., 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2011. p. 221-250.
- ANDRADE, A.S. **Crescimento e composição bromatológica de Tifton 85 e Vaquero em pastagens fertirrigadas**. 2011. 39 p. Dissertação (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Rio Parnaíba, 2011.
- ANDRADE, A.S.; DRUMOND, L.C.D.; APPELT, M.F.; MOREIRA, D.D.; ARAÚJO, F.C.; GOD, P.I.V.G. Crescimento e composição bromatológica de Tifton 85 e Vaquero em pastagens fertirrigadas. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 5, n. 2, p. 56-68, maio/ago. 2012.
- ANNISON, E.F.; BRYDEN, W.L. Perspectives on ruminant nutrition and metabolism I. Metabolism in the rumen. **Nutr. Res. Rev.**, v.11, p.173–198, 1998.
- ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: Instituto FNP Consultoria & Comércio, 2013.
- ARAÚJO FILHO, J.M. **Curva de desidratação e degradação in situ do feno de forrageiras nativas da caatinga cearense**. 2008. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- ARAÚJO, W.A.G.; TAKISHITA, S.S. Micotoxinas presentes nas dietas de animais monogástricos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 4, n. 2, p. 405-435, mar./abr. 2007.
- ARCURI, P.B.; CARNEIRO, J.C.; LOPES, F.C.F. Microrganismos indesejáveis em forragens conservadas: efeito sobre o metabolismo de ruminantes. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; OLIVEIRA, A.P.; MELO, G.M.P.; BERNARDES, T.F. (Ed.) **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. p. 51-69.
- ARRUDA, N.V.M. **Manual técnico para produção de feno a campo**. Rondonópolis: Gráfica Postil, 2010, 26p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Brazilian beef: perfil 2012**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/img/Upl/perfil-040613-800.jpg>>. Acesso em: nov. 2014.
- BATTACONE, G.; NUDDA, A.; PALOMBA, M.; PASCALE, M.; NICOLUSSI, P.; PULINA, G. Transfer of aflatoxin B1 from feed to milk and from milk to curd and whey in dairy sheep fed artificially contaminated concentrates. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 9, p. 3063-3069, 2005.
- BINDER, E.M.; TAN, L.M.; CHIN, L.J.; HANDL, J.; RICHARD, J. Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 137, n. 3, p. 265-282, 2007.

- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria MA/SNAD/SFA nº 7 de 9 de Nov. de 1988. **Diário Oficial da União**, 9 nov. 1988. Sec. I, p. 21.968.
- BURTON, G.W.; GATES, R.N.; HILL, G.M. Registration of "Tifton 85" bermudagrass. **Crop Science**, Madison, v.33, n.3, p.644-645, 1993.
- CALIXTO JUNIOR, M.; JOBIM, C.C.; CECATO, U.; SANTOS, G.T.; BUMBIERIS JUNIOR, V. H. Curva de desidratação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) em função do teor de umidade no enfardamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p.2411-2422, 2012.
- CÂNDIDO, M. J. D.; ANDRADE, I. R. A.; CHAVES, D. R.; Desafios relacionados ao ajuste na taxa de lotação no manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 9., Lavras, 2013. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013. 34p.
- CASTAGNARA, D.D.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R.; JOBIM, C.C.; TRÊS, T.T.; MESQUITA, E.E.; ZAMBOM, M.A. Use of a conditioning unit at the haymaking of Tifton 85 overseeded with *Avena sativa* or *Lolium multiflorum*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 6, p. 1353-1359, 2012.
- COLLINS, M.; COBLENTZ, W. K. Post-harvest Physiology. In: BARNES, R. F. **The science of grassland agriculture**. 2007. v. 2, p.583-599.
- CRUZ, L.C.H. **Micologia veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2010.
- DELGADO, D.C.; FRANZOLÍN NETO, R.; GOMIDE, C.A. Effect of non-degradable protein level in rumen on the in situ ruminal degradation of Bermuda grass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) cv. Coast-cross in buffaloes. **Cuban Journal of Agricultural Science**, Havana, v. 45, n. 2, p. 135-139, 2011.
- DIEKMAN, M.A.; GREEN, M.L. Mycotoxins and reproduction in domestic livestock. **Journal of Animal Science**. v. 70, n. 5, p. 1615-1627. 1992.
- DOLL, S.; DANICKE, S.; VALENTA, H. Residues of deoxynivalenol (DON) in pig tissue after feeding mash or pellet diets containing low concentrations. **Mol Nutr Food Res.**, v.52, p.727-734, 2008.
- DOMINGUES, J.L. Uso de volumosos conservados na alimentação de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, supl., p.259-269, 2009.
- DRIEHUIS, F.; Occurrence of mycotoxins in silage In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2., 2011, São Pedro. **Proceeding...** Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 85-103.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.; BERNARDES, T.F. Avaliação de algumas características da silagem de gramínea estrela roxa (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.941-946, 2000.

- EVANGELISTA, A.R.; PINTO, J.C. Potencial do gênero *Cynodon* para a produção de ruminantes: realidades e perspectivas. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; OLIVEIRA, A.P.; MELO, G.M.P.; BERNARDES, T.F. (Ed.) **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2005. p. 257-280.
- EVANGELISTA, A.R.; REIS, R.A.; MORAES, G. Fatores limitantes para adoção da tecnologia de fenação em diferentes sistemas de produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4. 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: NUPEL, 2011. p.271-292.
- EVANGELISTA, A.R.; REZENDE, A.V.; BARCELOS, A.F. **Manejo e fenação das forrageiras do gênero Cynodon**. 2005. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_54.pdf>. Acesso em: 30 out. 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003**. 2003. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5499e/y5499e00.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2015.
- GONÇALVES, G.D.; SANTOS, G.; JOBIM, C.C.; CECATO, U.; DAMASCENO, J.C.; BRANCO, A.F.; SILVA, K.T. Determinação das frações de proteína e de carboidratos de gramíneas do gênero *Cynodon* em idades ao corte. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 789-794, 2001.
- GONÇALVES, G.D.; SANTOS, G.T.; CECATO, U.; JOBIM, C.C.; DAMASCENO, J.C.; BRANCO, A.F.; FARIA, K.P. Produção e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades ao corte durante o ano. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 1163-1174, 2002.
- GOYARTS, T.; DANICKE, S.; VALENTA, H.; UEBERSCHAR, K.H. Carry-over of Fusarium toxins (deoxynivalenol and zearalenone) from naturally contaminated wheat to pigs. **Food Addit Contam.**, v.24, p.369–380, 2007.
- GUTZWILLER, A.; CZEGLEDI, L.; STOL, P.; BRUCKNER, L. Effects of Fusarium toxins on growth, humoral immune response and internal organs in weaner pigs, and the efficacy of apple pomace as an antidote. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**, v.91, p.432–438, 2007.
- HARRIS, C.E., TULLBERG, J.N. Pathways of water loss from legumes and grass cut for conservation. **Grass and Forage Sciences**, v. 35, n. 1, p. 1-11, 1980.
- HLODVERSSON, R.; KASPERSSON, A. Nutrient losses during deterioration of hay in relation to changes in biochemical composition and microbial growth. **Anim. Feed Sci. and Technol.**, v. 15, n. 2, p. 149-165, 1986.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). **Microorganismos de los alimentos: Características de los patógenos microbiano**. Zaragoza: Acríbia, p. 403-428, 1996.

- JOBIM, C.C.; GONÇALVES, G.D. Microbiologia de Forragens Conservadas. In: REIS, R.A., BERNARDES, T. F., SIQUEIRA, G., R., MOREIRA, A. L. **Volumosos na produção de ruminantes**: valor alimentício de forragens. Jaboticabal: Editora FUNEP, 2003. v. 1, p. 2-49.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, supl. p.101-119, 2007.
- JOUANY, J.P. The impact of mycotoxins on performance and health of dairy cattle. In: ALLTECH'S 17TH ANNUAL SYMPOSIUM, 2001. **Proceedings...** 2001. p.191-222.
- KUMAR, V.; BASU, M.S.; RAJENDRAN, T.P. Mycotoxin research and mycoflora in some commercially important agricultural commodities. **Crop Prot.**, v.27, p.891-905, 2008.
- KUSHIRO, M. Effects of milling and cooking processes on the deoxynivalenol content in wheat. **Int. J. Mol. Sci.**, v.9, p.2127-2145, 2008.
- LAVEZZO, W.; ANDRADE, J.B. Conservação de forragens: feno e silagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS, 4., 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1994. p.183-199.
- LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997.
- LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Curitiba: do Autor, 1993.
- LEUNG, M.C.K.; SMITH, T.K.; KARROW, N.A.; BOERMANS, H.J. Effects of feedborne Fusarium mycotoxins with and without a polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent on body weight, feed intake, serum chemistry, and nutrient digestibility of mature beagles. **Poult. Sci.**, v.86, p.267-268, 2007.
- LIMA, R.A.S.; SHIROTA, R.; BARROS, G.S.C. **Estudo do complexo do agronegócio cavalo**. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2006.
- MACDONALD, A.D.; CLARK, E.A. Water and quality loss during field drying of hay. **Advances in Agronomy**, v. 41, p. 407-437, 1987.
- MAHANNA, B. Proper management assures high-quality feeds. **Feedstuffs**, v. 10, p. 12-56, 1994.
- MALLMANN, C.A.; DILKIN, P. **Micotoxinas e micotoxicoses em suínos**. Santa Maria: Ed. Do Autor, 2007.
- MARTINS, C.A.; OLIVEIRA, J.S.; CÓSER, A.C.; RESENDE, H.; COSTA, J.L. **Conservação de forrageiras e pastagens**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/ConservaoForragemFenoID-mU3zyhJY6z.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

- MERCOSUL. **Mercosul/GMC/RES. n° 25/02**. Regulamento técnico MERCOSUL sobre limites máximos de aflatoxinas admisibles en leche, mani y maíz. Buenos Aires, 20 jun. 2002
- MOSER, L. E. Post-harvest physiological changes in forage plants, Chapter 1. In: MOORE, K. J.; KRAL, D. M.; VINEY, M. K. (eds) **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Madison, WI: American Society of Agronomy Inc., 1995. p. 1-19. (CSSA, Special Publication N.22).
- MUFATTO, L.M.; AMES, J.P.; NERES, M.A.; STANGARLIN, J.R.; CASTAGNARA, D.D.; NATH, C.D.; HUNOFF, C.; DUCATTI, C. Determinação da ocorrência de fungos em feno de capim tifton 85 sob diferentes sistemas de adubação no inverno. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 23., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Zootecnia, 2013. (CD-ROM).
- MURARO, G.B.; SARTURI, J.O.; RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G. Otimização de rações a base de silagens de capins tropicais. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6., 2008, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2008. p. 183-212.
- NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; NASCIMENTO, H.T.S.; LEAL, J.A. Comportamento de Cultivares de *Cynodon* no Piauí. **Comunicado técnico**, Teresina, PI, n. 146, p. 1-3, dez. 2002.
- NERES, M.A.; CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; JOBIM, C.C.; TRÊS, T.T.; OLIVEIRA, P.S.R.; OLIVEIRA, A.A.M. Production of tifton 85 hay overseeded with White oats or ryegrass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 8, p.1638-1644, 2011.
- PASQUALOTTO, M. **Trocas gasosas e desidratação em diferentes intensidades de condicionamento no capim Tifton 85**: valor nutricional durante o armazenamento do feno. 2014. 47 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- PEDREIRA, C.G.S. Gênero *Cynodon*. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas forrageiras**. Viçosa: Ed. UFV, 2010. p. 78-130.
- PEDREIRA, C.G.S.; TONATO, F. Uso de gramíneas do gênero *Cynodon* como alternativa na formação de pastagens: abordagem e aplicações econômicas. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 7., 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 49-84, 2007.
- QUARESMA, P.; ALMEIDA, R.G.; ABREU J.G.; CABRAL, L.S.; OLIVEIRA, M.A.; CARVALHO, D.M.G. Produção e composição bromatológica do capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) submetido a doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 145-150, 2011.
- QUEIROZ, O.C.M.; RABAGLINO, M.B.; ADESOGAN, A.T. Mycotoxins in silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2., 2011, São Pedro. **Proceeding...** Piracicaba: FEALQ, 2011 p.105-126.

- REIS, R. A. **Conservação de forragem:** fenação. Disponível em: <http://javali.fcav.unesp.br/sgcd/Home/departamentos/zootecnia/anaclaudiaruggieri/boletim_fenacao.pdf>. Acesso em: 30/10/2015.
- REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; PEDREIRA, M.D.S. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.1-39,
- REIS, R.A.; PANIZZI, R.C.; ROSA, B. RODRIGUES, L.R.A.; NASCIMENTO, J.M. Efeitos da amonização na ocorrência de fungos, composição química e digestibilidade in vitro de fenos de grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. v. 26, n. 3, p. 454-460, 1997.
- ROTZ, C.A.; ABRAMS, S.M. Losses and quality changes during alfalfa hay harvest and storage. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n. 2, p. 350-354, 1988.
- SEELING, K.; DÄNICKE, S.; UEBERSCHÄR, K.H.; LEBZIEN, P.; FLACHOWSKY, G. On the effects of Fusarium toxin-contaminated wheat and the feed intake level on the metabolism and carry over of zearalenone in dairy cows. **Food Additives Contaminants**, v. 22, n. 9, p. 847-855, 2005.
- SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B. **Pastagens:** conceitos básicos, produção e manejo. 1. ed. Viçosa: Suprema, 2008.
- SILVA, V. J. da. **Desempenho produtivo e análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* em resposta à frequência de desfolhação.** 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SOBROVA, P.; ADAM, V.; VASATKOVA, A.; BEKLOVA, M.; ZEMAN, L.; KIZEK, R. Deoxynivalenol and its toxicity. **Interdisc. Toxicol**, v.3, p.101–106, 2010.
- SCHATZMAYR, G.; ZEHNER, F.; TÄUBEL, M.; SCHATZMAYR, D.; KLIMITSCH, A.; LOIBNER, A.P.; BINDER, E.M. Microbiologicals for deactivating mycotoxins. **Mol. Nutr. Food Res.**, v.50, n.6, p.543-51, 2006.
- UENO, Y. The toxicology of mycotoxins. **CRC Crit. Rev. Toxicol**, v.14, p.99-132, 1985.
- UENO, Y. Toxicology of trichothecene mycotoxins. **ISI Atlas Sci.-Pharm**, v.2, p.21-124, 1988.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca, NY: Cornell Univ. Press, 1994.
- VELDMAN, A.; MEIJS, J.A.C.; BORGGREVE, G.J.; HEERES-VAN DER TOL, J.J. Carryover of aflatoxin from cows food to milk. **Animal Production**, v. 55, n. 2, p. 163-168, 1992.

- VILELA, D.; ALVIM, M. J. Manejo de pastagens do gênero *Cynodon*: Introdução, caracterização e evolução do uso do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 15., 1998. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 23-54.
- WAGACHA, J.M.; MUTHOMI, J.W. Mycotoxin problem in Africa: Current status, implications to food safety and health and possible management strategies. **Int. J. Food Microbiol.**, v.124, p.1–12, 2008.
- WHITLOW, L.W.; HAGLER, W.M. **The top ten most frequently-asked question about mycotoxins, cattle and dairy food products**. Nottingham: Nottingham University, 2004.
- YUEN, G.Y.; SCHONEWEIS, S.D. Strategies for managing Fusarium head blight and deoxynivalenol accumulation in wheat. **Int. J. Food Microbiol.**, v.119, p.126-130, 2007.
- ZHU, HASSAN, WATTS, ZHOU. Innovative technologies for the mitigation of mycotoxins in animal feed and ingredients: A review of recent patents. **Animal Feed Science and Technology** v. 216, 19–29, 2016.

3 VARIAÇÕES DA TEMPERATURA E QUALIDADE SANITÁRIA DE FENO DE CAPIM VAQUERO E TIFTON 85 SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar as variações na temperatura dos fardos e a qualidade sanitária no feno de capim Vaquero e Tifton 85 sob diferentes sistemas de armazenamento. Os fardos com peso médio de 6 kg foram armazenados em três ambientes, sendo: galpão fechado ventilado (galpão), galpão aberto com lona transparente (transparente) e ambiente aberto coberto com lona dupla face (dupla face). As variáveis avaliadas foram: temperatura (°C) dos fenos; presença de fungos dos gêneros *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, leveduras, total de fungos e concentração de micotoxinas: aflatoxina, zearalenona e deoxinivalenol. A temperatura ambiente, expressa por valores médios, mínimos e máximos, foi altamente correlacionada com as temperaturas de fenos medidas por laser e por termômetro tipo espeto para os três sistemas de armazenamento. O gênero *Penicillium* ocorreu em maior frequência no feno de capim Vaquero armazenado no sistema dupla face (6,13 log UFC g⁻¹). Os sistemas galpão fechado e galpão aberto lona transparente apresentam maior ocorrência de aflatoxina e deoxinivalenol. No tratamento adicional, a matéria orgânica depositada no solo na área de produção de feno de capim Vaquero apresenta maior ocorrência do fungo *Fusarium* (4,66 log UFC g⁻¹) e da micotoxina zearalenona (594,2 µg kg⁻¹). A temperatura ambiente influencia a temperatura dos fardos de fenos de capim Tifton 85 e Vaquero. Houve ocorrência de fungos e micotoxinas em todos os sistemas de armazenamento adotados, inclusive no tratamento adicional, matéria orgânica e enfardamento das forragens.

Palavras-chave: fungos, galpão, lona, micotoxina, forragem

VARIATIONS IN TEMPERATURE AND SANITARY QUALITY OF VAQUERO GRASS HAY AND TIFTON 85 UNDER DIFFERENT STORAGE CONDITIONS

Abstract: The objective of this study was to evaluate the variations in the temperature of the bales and sanitary quality in Vaquero grass hay and Tifton 85 under different storage systems. The bales with average weight of 6 kg were stored in three environments: ventilated closed shed (shed), open shed with transparent bag (transparent), and open environment covered with double-sided canvas (double-sided). The variables evaluated were: hay temperature (°C);

logarithm of fungal count of the genres *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, yeast, fungi and concentration of mycotoxins: aflatoxin, zearalenone and deoxynivalenol. The ambient temperature, expressed as average, minimum and maximum values, has been strongly correlated with temperatures hays measured by laser and thermometer type skewer for the three storage systems. The *Penicillium* genus occurred more frequently in Vaquero grass hay stored on double-sided system ($6.13 \log \text{ UFC g}^{-1}$). The shed systems closed and open transparent canvas had higher occurrence of aflatoxin and deoxynivalenol. In the additional treatment, the organic matter deposited on the ground grass of Vaquero hay production area presented more occurrence of *Fusarium* fungus ($4.66 \log \text{ CFU g}^{-1}$) and Zearalenone mycotoxin ($594.2 \mu\text{g kg}^{-1}$). The ambient temperature influences the temperature of hay bales of Tifton 85 grass and Vaquero. There was occurrence of fungi and mycotoxins in all storage systems adopted, including the organic matter and in the forage baling.

Keyword: fungi, shed, canvas, mycotoxins, forage

3.1 Introdução

As consequências negativas de um feno que não foi manejado adequadamente estão associadas à redução do valor nutritivo, primeiramente por atividade microbiológica e, na sequência, pela geração de calor. O calor favorece a oxidação de carboidratos não estruturais, o crescimento de fungos, os quais podem estar associados à produção de toxinas, e ao aumento de componentes fibrosos e degradação proteica. Essas alterações resultam em decréscimo do desempenho animal, devido à menor ingestão de alimentos (COBLENTZ et al., 2000).

A presença de mofo (fungos) é originária de procedimentos inadequados durante o processo de fenação e armazenamento, ocorrendo na maioria das vezes a partir do enfardamento antes do ponto ideal de fenação, diminuindo a aceitabilidade e o valor nutritivo, além dos riscos de intoxicar os animais a partir da ingestão de toxinas produzidas pelos fungos (BUTOLO, 2002).

Os fungos oriundos do processo de fenação e armazenamento inadequados produzem metabólitos que comprometem a qualidade do alimento, sendo que parte desses são tóxicos para o homem e animais, as chamadas micotoxinas.

A produção de micotoxinas pelos fungos é influenciada pelos parâmetros ambientais e nutricionais, mas também pelo histórico prévio em relação ao crescimento e desenvolvimento dos fungos. A combinação apropriada desses fatores determina a infestação e colonização do substrato (feno) e o tipo e quantidade de toxina produzida.

Durante o armazenamento do feno, os fatores que atuam favorecendo a produção de micotoxinas incluem a umidade presente no feno armazenado, a temperatura ambiente, os danos oriundos de pragas e doenças na forrageira ceifada, disponibilidade de oxigênio, concentração de gás carbônico, composição do substrato e quantidade de fungos. Os fungos estão presentes no ambiente de desenvolvimento das gramíneas, sendo que os gêneros *Fusarium*, *Penicillium* e *Aspergillus* são os maiores representantes das contaminações (AMARAL; NUSSIO, 2011).

Em geral, a produção de micotoxinas pelo gênero *Fusarium*, como a fumonisina, ocorrem antes da colheita ou logo após. Os fungos do gênero *Aspergillus* necessitam de uma umidade relativa elevada (acima de 16%), não crescem em umidade inferior a 15-18%, e a temperatura ideal para se desenvolverem está entre 24 °C e 28 °C, sendo os principais produtores de aflatoxinas (DOMINGUES, 2006).

Os fungos *Penicillium* e *Aspergillus* são mais encontrados como contaminantes durante a secagem e o armazenamento, sendo denominados fungos de armazenamento. Os três gêneros citados são responsáveis pela produção da maioria das micotoxinas conhecidas e estudadas (SWEENEY; DOBSON, 1998).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as variações na temperatura e a qualidade sanitária quanto à ocorrência de fungos e micotoxinas no feno de capim Vaquero e Tifton 85 sob diferentes sistemas de armazenamento.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local e duração dos experimentos

O experimento foi conduzido em propriedade rural destinada à produção de feno no município de Marechal Cândido Rondon, PR, com área total de produção de 20 hectares, localizada sob as coordenadas geográficas: de latitude 24°32'49,7"S, longitude 54°01'46,4" O e altitude de 392 m. De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, o clima da

região caracteriza-se como Cfa, Clima subtropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, contudo, sem estação seca definida. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1.800mm, a 2.000mm com trimestre mais úmido apresentando totais que variam entre 400 a 500 mm (IAPAR, 2006).

De acordo com a Embrapa (2013), o solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico de textura muito argilosa e possui como características químicas pH em água = 5,5; P (Mehlich) = 24,45 mg dm⁻³; K (Mehlich) = 0,91 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) = 6,29 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) = 2,1 cmolc dm⁻³; Al³⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) = 0,0 cmolc dm⁻³; H⁺Al (acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹) = 3,59 cmolc dm⁻³; SB = 9,3 cmolc dm⁻³; CTC = 12,89 cmolc dm⁻³; V = 72,15%; matéria orgânica (Método Boyocus) = 23,24 g dm⁻³; Cu = 20,05 mg dm⁻³; Zn = 9,4 mg dm⁻³; Mn = 158,0 mg dm⁻³ e Fe = 30,7 mg dm⁻³.

As áreas de capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e capim Vaquero (*Cynodon dactylon*) foram implantadas há aproximadamente oito anos, com destinação exclusiva à produção de forragem conservada na forma de feno e pré secado, tendo como única fonte de adubação o uso de biofertilizante, oriundo da criação de suínos, o qual é tratado em um biodigestor modelo canadense. A adubação do campo de feno ocorreu 30 dias antes do corte para fenação com 70 m³ ha⁻¹ de biofertilizante.

Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos na Estação meteorológica da Fazenda Experimental, Marechal C. Rondon- PR, de outubro de 2014 a janeiro 2015, com valores médios mensais referentes à precipitação e temperatura (mínima, média e máxima) durante o armazenamento do capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e capim Vaquero (*Cynodon dactylon*).

O corte dos capins Vaquero e Tifton 85 foi realizado nos dias 15 e 16 de outubro de 2014, respectivamente, com auxílio de uma segadora condicionadora com batedores de dedos livres de ferro e altura de corte de 5 cm do solo. Neste período, os capins encontravam-se com idade de rebrota de 49 dias. Após o corte, a forrageira permaneceu no campo por um período de 24 horas, para que ocorresse sua desidratação com o intuito de que ela atingisse teores de matéria seca ideais para o enfardamento (acima de 800 g kg⁻¹), sendo as condições climáticas favoráveis à desidratação com temperatura máxima de 36,5 °C no dia do enfardamento.

3.2.2 Instalações e manejo dos fenos

Os fardos, com peso médio de 6 kg, foram armazenados em três ambientes: sendo galpão fechado ventilado, galpão aberto com lona transparente e ambiente aberto coberto com lona dupla face. Em todos os sistemas, os fardos foram colocados sobre pallets de madeira com altura de 10 cm do solo aproximadamente, contendo cinco fardos em cada pallet, totalizando 6 pallets. As temperaturas sobre lona foram medidas semanalmente às 13 horas do horário de verão durante todo o período do experimento, com auxílio de um termômetro espeto em profundidade de 10 cm dos fardos e, ainda, com termômetro de infravermelho de mira a laser.

3.2.3 Delineamento experimental e distribuição dos tratamentos às unidades experimentais

Para a avaliação da temperatura, um total de 30 fardos de feno foi distribuído em delineamento inteiramente casualizado e esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 84 tratamentos, cinco repetições e um fardo por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas classes de capim (Tifton 85 e Vaquero) e três classes de método de armazenamento (galpão fechado ventilado, galpão aberto com lona transparente e ambiente aberto coberto com lona dupla face), que foram casualizados nas parcelas, e 14 tempos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84 e 91 dias), que constituíram as subparcelas.

Na avaliação do logaritmo (base dez) das contagens de unidades formadoras de colônia (UFC) de fungos e leveduras, e do teor de micotoxinas, os 30 fardos de feno + 10 amostras de matéria orgânica + 10 amostras de enfardamento foram utilizadas em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial, com dez tratamentos, cinco repetições e uma amostra por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas classes de capim (Tifton e Vaquero) e três classes de método de armazenamento (galpão, lona transparente e dupla face). Ainda, foram realizadas análises da matéria orgânica e enfardamento (tratamentos adicionais).

As amostras para verificar a presença de fungos e micotoxinas foram coletadas da matéria orgânica e dos capins antes do enfardamento, sendo cinco provenientes da área do capim Vaquero e cinco da área de Tifton 85, além da coleta nos fenos armazenados após 90 dias, oriunda das cinco repetições de cada fardo e de cada sistema, totalizando assim 50

amostras. As micotoxinas foram identificadas por meio do teste de ELISA (Ensaio Imunoenzimático – Neogen), no laboratório Nutrifarma Análises Laboratoriais (NUTRILAB) - Bromatologia, Microbiologia e Micotoxilogia, localizado no município de Taió-Sc.

3.2.4 Análises microbiológicas

Para quantificar os fungos e leveduras, utilizou-se a metodologia descrita por Silva et al. (2007). Primeiramente, foi reduzido o tamanho das partículas para 5 mm de cada amostra. Os extratos diluídos foram semeados em superfície com alça de Drigalsky em placas contendo meio Batata Dextrose Agar (BDA), e incubadas à temperatura ambiente por 7 dias em temperatura ambiente a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Após a incubação, foram selecionadas as placas que apresentaram colônias por meio de observação em microscópio estereoscópico (lupa). Foram preparadas lâminas das estruturas fúngicas encontradas. Estas estruturas foram transferidas, com auxílio de agulha, para lâminas de microscopia com corante azul de metila em lactofenol, cobertas com lamínula, seladas com esmalte e observadas em microscópio ótico para identificação de fungos quanto ao gênero, pelas características microscópicas das colônias observadas (SAMSON et al., 1995).

A partir dos dados obtidos, foi calculado o número de microrganismos, os quais foram expressos em Log UFC g^{-1} .

3.2.5 Variáveis avaliadas

As variáveis avaliadas foram: temperatura ($^\circ\text{C}$) dos fenos, medida a laser (T_{LASER}) e temperatura ($^\circ\text{C}$) dos fenos, medida por termômetro espeto (T_{ESPETO}); logaritmo (base dez) da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) dos fungos dos gêneros *Cladosporium* (LOGCLAD), *Fusarium* (LOGFUS), *Penicillium* (LOGPEN), *Aspergillus* (LOGASP), *Rhizopus* (LOGRHIZ), de leveduras (LOGLEV) e do total de fungos (LOGTOT); e micotoxinas, aflatoxina (AFLA), zearalenona (ZEA) e deoxinivalenol (DON) em fenos de capim Tifton e Vaquero.

3.2.6 Procedimentos estatísticos

Para as temperaturas medidas a laser e por termômetro espeto (T_{LASER} e T_{ESPETO}), inicialmente foi procedido o teste de esfericidade (MAUCHLY, 1940) para verificar se uma população multivariada apresentava variâncias iguais e correlações nulas, ou seja, se a matriz de covariâncias dos erros, denotada por Σ , atendia à condição de HUYNH-FELDT (H-F), condição necessária e suficiente para que o teste F da análise de variância usual, no esquema em parcelas subdivididas no tempo, fosse válido (XAVIER, 2000). O teste de esfericidade para medidas repetidas foi executado utilizando-se a análise de variância multivariada do procedimento GLM do *Statistical Analysis System* (SAS, 2000), para cada temperatura avaliada.

Após essa etapa, foi realizada a análise de variância univariada (ANOVA) para medidas repetidas com o intuito de verificar os efeitos das fontes de variação que foram alocadas nas parcelas experimentais (capim, método de armazenamento e interação entre capim e método de armazenamento) sobre as temperaturas. Posteriormente, foi procedida a análise de variância multivariada (MANOVA) para avaliação dos efeitos das fontes de variação que foram alocadas nas subparcelas experimentais (tempo e interações entre tempo e capim, tempo e método de armazenamento, e interação tripla entre tempo e capim e método de armazenamento).

Para a T_{LASER} e T_{ESPETO} , o modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ijkl} = \mu + C_i + M_j + CM_{ij} + \varepsilon_{ijl} + t_k + Ct_{ik} + Mt_{jk} + CM_{tjk} + \varepsilon_{ijkl}$, em que: Y_{ijkl} = valor observado para a variável resposta no i -ésimo capim, para o j -ésimo método de armazenamento, no k -ésimo tempo e na l -ésima repetição; μ = efeito da média geral de todas as observações; C_i = efeito do i -ésimo capim, para $i = (1 \text{ e } 2)$; M_j = efeito do j -ésimo método, para $j = (1, 2 \text{ e } 3)$; CM_{ij} = efeito de interação entre capim e método; ε_{ijl} = erro aleatório da parcela devido à interação entre o i -ésimo capim, o j -ésimo método e a l -ésima repetição; t_k = efeito do k -ésimo tempo, para $j = (1, \dots, 14)$; Ct_{ik} = efeito de interação entre capim e tempo; Mt_{jk} = efeito de interação entre método e tempo; CM_{tjk} = efeito de interação entre capim, método e tempo e ε_{ijkl} = erro aleatório da subparcela referente ao i -ésimo capim, para o j -ésimo método, no k -ésimo tempo e na l -ésima repetição, supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.

Constatada a significância para a interação entre capim e método de armazenamento na ANOVA, as médias de capim, considerando cada classe de método, foram comparadas por

meio do teste F. As médias entre classes de método, dentro de cada classe de capim, foram comparadas por meio do teste de Student-Newman-Keuls.

O efeito de tempo, em cada combinação de classes de capim e método de armazenamento, foi avaliado por meio de gráficos em linhas, em que se pode avaliar o comportamento das temperaturas do feno no decorrer das semanas experimentais.

Foi estimado o grau de associação entre T_{LASER} e T_{ESPETO} com características ambientais (temperatura, umidade relativa, temperatura no ponto de orvalho, pressão atmosférica, todas com valores médios, máximos e mínimos, além de velocidade de vento, velocidade de rajada, radiação e precipitação), considerando cada combinação entre classes de capim e método de armazenamento, por meio da análise de correlação de *Pearson*.

Para as características relacionadas às contagens de UFC de fungos e de leveduras, com valores transformados para o logaritmo (base dez), a análise estatística foi realizada com base na teoria dos modelos lineares generalizados (MLG), em que os dados foram ajustados às distribuições normal, *poisson*, negativa binomial e gama.

A estimação dos parâmetros dos modelos foi realizada utilizando-se do método da máxima verossimilhança, por maximização da função de log-verossimilhança. As funções de ligação utilizadas foram: normal: $g(\mu) = \mu$, *poisson*: $g(\mu) = \ln(\mu)$, negativa binomial: $g(\mu) = \ln(\mu)$ e gama: $g(\mu) = 1/\mu$.

O ajuste da teoria dos MLG aos dados das características foi realizado por meio de análise de *deviance* (ANODE), a partir de ajuste de modelo maximal, representado por porção sistemática $\eta = g(\mu) = \mu + C_i + M_j + CM_{ij} + \varepsilon_{ijk}$, em que μ é o efeito da média geral, C_i é o efeito do i -ésimo capim ($i = 1$ e 2), M_j é o efeito do j -ésimo método de armazenamento ($j = 1, 2, 3, 4$ e 5), CM_{ij} é o efeito de interação entre o i -ésimo C e o j -ésimo M e ε_{ijk} é o erro aleatório associado à cada observação Y_{ijk} .

A qualidade de ajuste dos modelos aos dados observados, e consequente seleção do melhor modelo, se baseou no maior valor do logaritmo da função de máxima verossimilhança (SCAPIM et al., 2002) e na aplicação do teste da razão de verossimilhança (*likelihood ratio test*).

Para o modelo *poisson*, a comparação do valor da razão entre *deviance* residual e graus de liberdade residual com os percentis da distribuição $\chi^2_{n-p(\alpha)}$ (MCCULLAGH; NELDER, 1989) deve estar próximo de um. Assim, quando constatada a superdispersão, foi realizado o ajuste do parâmetro de dispersão, em que os erros padrões foram corrigidos utilizando um modelo *quasipoisson*, ou por meio de ajuste da distribuição binomial negativa,

para posterior comparação entre valores de logaritmo da função de máxima verossimilhança (*logLik*) ajustados por distribuições distintas.

Após definição da distribuição mais adequada, os efeitos de capim (C), método de armazenamento (M) e de interação entre C e M foram verificados por meio da análise do tipo III (SAS, 2000). Constatada a significância de um fator do modelo na análise do tipo III, os contrastes associados às diferenças entre médias de mínimos quadrados (*lsmeans*) referentes aos efeitos de C, M e C*M foram comparados por meio do teste da diferença de *lsmeans*, utilizando a estatística de qui-quadrado. Respeitados tais resultados, a apresentação das médias foi baseada nos valores observados.

O nível de 5% de significância foi adotado em todos os testes de hipóteses. As análises estatísticas foram efetuadas usando-se o *R Development Core Team* (2013) e o *Statistical Analysis System* (SAS, 2000).

3.3 Resultados e Discussão

Houve significância ($p < 0,05$) nos testes de esfericidade das matrizes Σ das temperaturas do feno medidas a laser e por meio de termômetro tipo espeto (Tabela 1). Esses resultados sugeriram o não atendimento da condição H-F e a utilização de procedimentos multivariados para teste dos efeitos intra-indivíduos incluídos na subparcela (tempo e interações tempo x capim, tempo x método e tempo x capim x método).

Tabela 1. Testes de esfericidade relacionados às matrizes de covariância (Σ) das temperaturas do feno medidas a laser e com auxílio de termômetro tipo espeto

Característica	GL	Critério de Mauchly	χ	p-value
T _{LASER}	90	0,0000604	198,89	<0,0001
T _{ESPETO}	90	0,0004775	156,57	<0,0001

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) de interação dupla entre capim e método sobre as temperaturas do feno medidas a laser (T_{LASER}) (Tabela 2). No entanto, para as temperaturas de feno medidas com auxílio de termômetro do tipo espeto (T_{ESPETO}), não foi constatada significância ($p > 0,05$) para a interação. Observou-se que a T_{LASER} de feno de capim Tifton (29,04°C) foi maior ($p < 0,05$) do que a T_{LASER} de capim Vaquero (27,44°C), quando os feno foram armazenados pelo método “dupla face”.

Tabela 2. Médias observadas e desvios-padrão (entre parênteses) de temperatura (°C) em fenos, medidas por laser e por espeto, de acordo com as combinações entre classes de capim e método de armazenamento

Capim	Método	T _{LASER}	T _{ESPETO}
Tifton	Galpão	28,41 ^{aA} (2,07)	28,34 ^{bA} (1,35)
	Lona transparente	28,03 ^{aA} (2,20)	28,21 ^{bA} (1,69)
	Dupla face	29,04 ^{aA} (3,30)	30,73 ^{aA} (2,84)
Vaquero	Galpão	28,57 ^{aA} (2,05)	28,21 ^{bA} (1,42)
	Lona transparente	27,81 ^{aA} (2,22)	28,07 ^{bA} (1,66)
	Dupla face	27,44 ^{aB} (3,11)	30,57 ^{aA} (2,94)
CV (%)		2,43	1,63

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna, para o efeito de método dado capim (M/C), e por letras maiúsculas diferentes na coluna, para o efeito de capim dado método (C/M), diferem entre si, pelos testes de Student-Newman-Keuls e F, respectivamente, em nível de 5% de probabilidade; CV: coeficiente de variação; n=70.

Não houve diferença ($p < 0,05$) entre médias de T_{LASER} de fenos armazenados pelos métodos galpão, lona transparente e dupla face, tanto para o Tifton quanto para o Vaquero. No entanto, a média de T_{ESPETO} de fenos armazenados com o método dupla face foi maior ($p < 0,05$) do que as médias de T_{ESPETO} de fenos armazenados sob galpão e lona transparente, tanto para o Tifton quanto para o Vaquero.

Este resultado pode ser decorrente dos fatores climáticos, uma vez que a exposição ao sol da lona dupla face pode ter proporcionado maior aquecimento no interior dos fardos no horário de mensuração da temperatura. Além disso, as medidas a laser foram realizadas na superfície dos fenos nos três métodos de armazenamento avaliados, o que pode ter colaborado para que não ocorressem diferenças significativas entre os métodos de armazenamento do feno.

Para os dados de temperatura de fenos de capim Tifton armazenados em galpão (n=70), as características ambientais que apresentaram maior intensidade de associação com a T_{LASER} foram a temperatura média ($r_{XY}=0,69$) e a umidade relativa média ($r_{XY}=-0,69$). Por sua vez, dentre todas as características ambientais, a temperatura média (t_{med}) apresentou a correlação mais intensa com a T_{ESPETO} ($r_{XY}=0,80$).

As características ambientais que apresentaram maior grau de associação com a T_{LASER} e T_{ESPETO} foram a temperatura mínima ($r_{XY}=0,72$) e temperatura média ($r_{XY}=0,83$), respectivamente, para fenos de capim Tifton armazenados com lona transparente, e a temperatura máxima ($r_{XY}=0,79$) e a temperatura mínima ($r_{XY}=0,70$), respectivamente, para fenos armazenados com dupla face.

Para fenos de capim Vaquero armazenados em galpão, lona transparente e dupla face, as características ambientais mais correlacionadas com a T_{LASER} foram a t_{med} ($r_{XY}=0,76$), t_{med} e

t_{\min} ($r_{XY}=0,66$), e t_{\max} ($r_{XY}=0,71$), respectivamente. As correlações mais altas com a T_{ESPETO} ocorreram com a t_{med} ($r_{XY}=0,79$), t_{med} ($r_{XY}=0,79$) e t_{med} ($r_{XY}=0,81$), respectivamente.

Hunoff (2015), quando avaliou o capim Vaquero, observou maiores temperaturas dos fardos nas condições de lona transparente (LT) e sem lona, com valores superiores a 45 °C em todo o período experimental. Neste estudo as temperaturas mais elevadas observadas foram 30,73 °C para T_{ESPETO} dos fenos de Tifton e 30,57 °C para Vaquero, ambos em sistema dupla face (Tabela 2).

Observou-se efeito significativo ($p<0,05$) de interação tripla sobre as temperaturas do feno medidas a laser (T_{LASER}) e com auxílio de termômetro do tipo espeto (T_{ESPETO}), constatadas pelo teste de Wilks' Lambda na MANOVA.

O comportamento da T_{LASER} de acordo com o decorrer do tempo de armazenamento dos fenos (dias) de capim Tifton (Figura 1) mostrou que até aos 70 dias de armazenamento, na maioria dos pontos, a temperatura do sistema dupla face ficou mais próxima da temperatura máxima do ambiente do que quando se utilizou lona transparente e armazenamento em galpão. A temperatura máxima foi a característica ambiental que apresentou o maior grau de associação com a T_{LASER} . A correlação entre T_{LASER} e temperatura máxima para fenos armazenados com dupla face foi de $r_{XY}=0,79$.

Entre os principais fatores ambientais que apresentam influência sobre a qualidade das forragens conservadas estão a intensidade da radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar e umidade do solo no enfardamento (DOMINGUES, 2009). As chuvas são as principais causadoras de perdas em quantidade e qualidade na produção de fenos (RANKIN; UNDERSANDER, 2004).

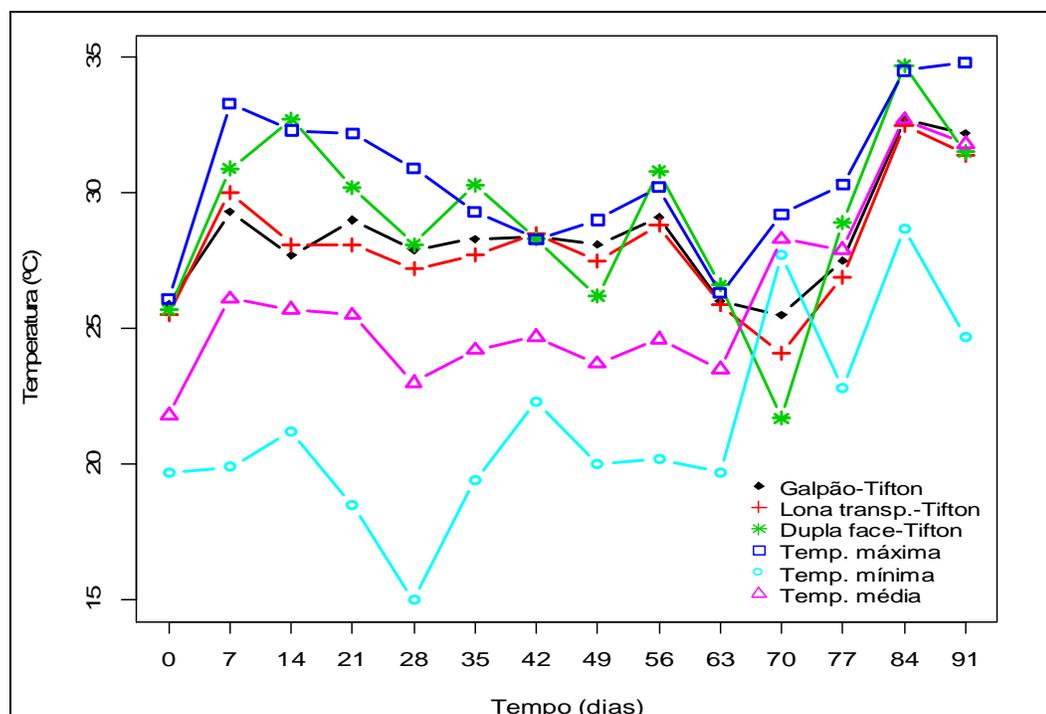


Figura 1. Comportamento das temperaturas médias a laser e ambientais (°C) no decorrer do tempo (dias), em fenos de capim Tifton armazenados sob diferentes métodos.

Ames (2012) monitorou as temperaturas de fardos de capim Tifton 85 + ervilhaca e do ambiente em galpão e observou elevação da temperatura até o 14º dia após o armazenamento, em função da elevada umidade da ervilha forrageira no momento do enfardamento.

Coblentz et al. (2000) armazenaram fardos de feno de gramíneas sob diferentes densidades e concentrações de umidade, observando que o nitrogênio em *Cynodon dactylon* é muito susceptível a reduções em sua disponibilidade biológica devido à elevação da temperatura durante o armazenamento, causada por atividade microbiológica. Esse dano aumentou à medida que se elevou a umidade ao enfardamento.

Verificou-se que o comportamento da T_{LASER} de acordo com o decorrer do tempo de armazenamento dos fenos (dias) de capim Vaquero (Figura 2) mostrou que durante todo o período de armazenamento as temperaturas ficaram entre a máxima e a média do ambiente, para os diferentes métodos de armazenamento.

A temperatura ambiental, expressa por valores médios, mínimos e máximos, foi a característica ambiental mais fortemente correlacionada com as temperaturas de fenos medidas por laser e por termômetro tipo espeto. Entretanto, a temperatura T_{LASER} encontrada no sistema dupla face não ultrapassa a média de 29,4 °C (Tabela 2) que são considerados

normais. Entre 49 a 60 °C inicia a fase de alerta, enquanto acima de 70 °C tem-se sério risco de combustão espontânea (MOSER, 1995, McBETH et al., 2001).

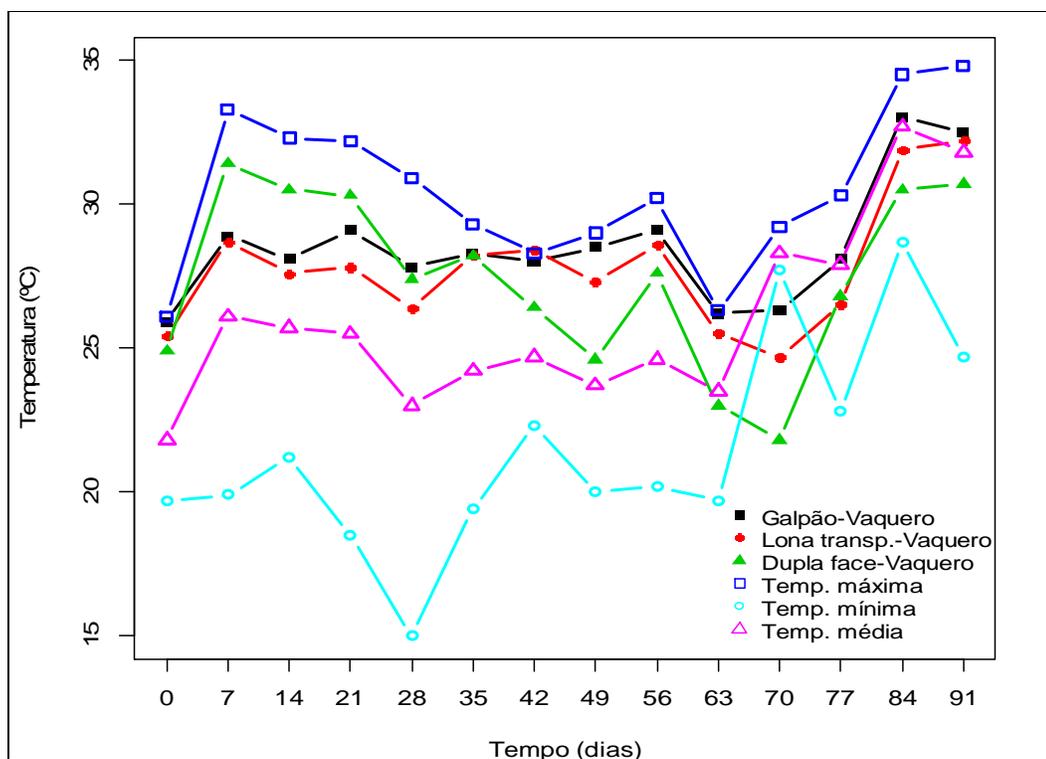


Figura 2. Comportamento das temperaturas médias a laser e ambientais (°C) no decorrer do tempo (dias), em fenos de capim vaquero armazenados sob diferentes métodos.

Comportamento semelhante foi observado com elevação da temperatura quando medidos T_{ESPETO} para o sistema dupla face Tifton e Vaquero após 70 dias de armazenamento (Figuras 3 e 4).

Observou-se que a temperatura do sistema de armazenamento dupla face do capim Tifton se manteve abaixo da temperatura ambiental máxima até os 35 dias de armazenamento (Figura 3). Entretanto, aos 70 dias houve uma queda acentuada da temperatura do fardo, mostrando valores próximos a 26 °C, com posterior aumento expressivo até o final do armazenamento (acima de 35 °C). Essa queda na temperatura pode ter ocorrido devido às condições climáticas do período que antecederam as coletas amostrais, sendo que ocorreram chuvas em todos os meses durante o período de armazenamento. Em outubro, o acumulado foi de 57 mm, novembro 163 mm, dezembro 117 mm e janeiro de 2015 o acumulado do mês foi de 168 mm. Fonte: (Estação Meteorológica da Fazenda Experimental da Unioeste). Estes dados corroboram o comportamento das médias observadas nas figuras (1, 2, 3,4).

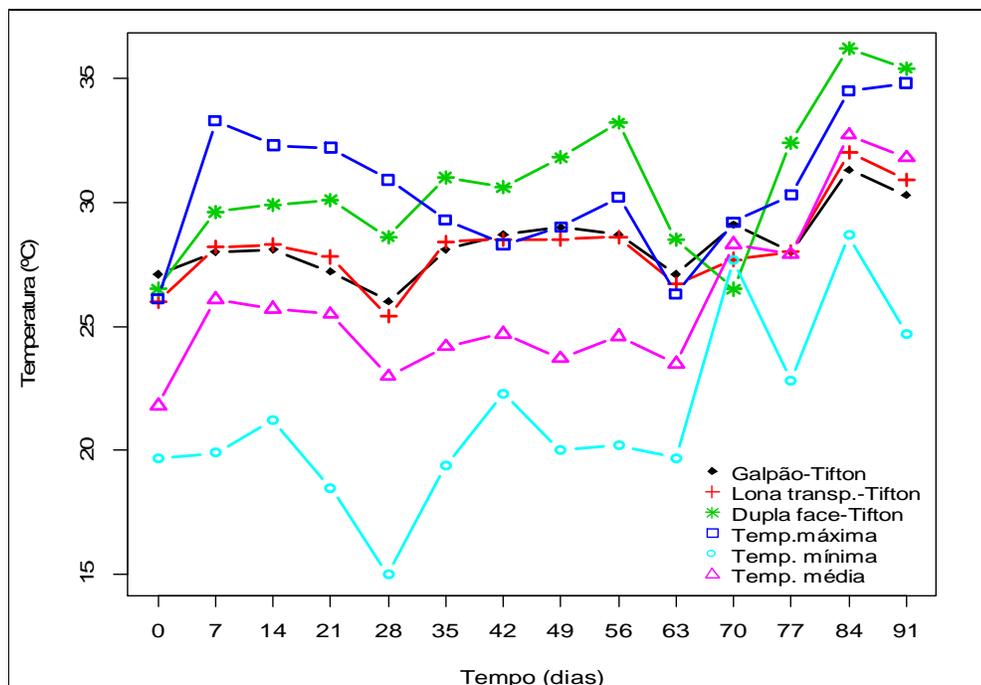


Figura 3. Comportamento das temperaturas médias medidas por termômetro espeto e ambientais (°C) no decorrer do tempo (dias), em fenos de capim tifton armazenados sob diferentes métodos.

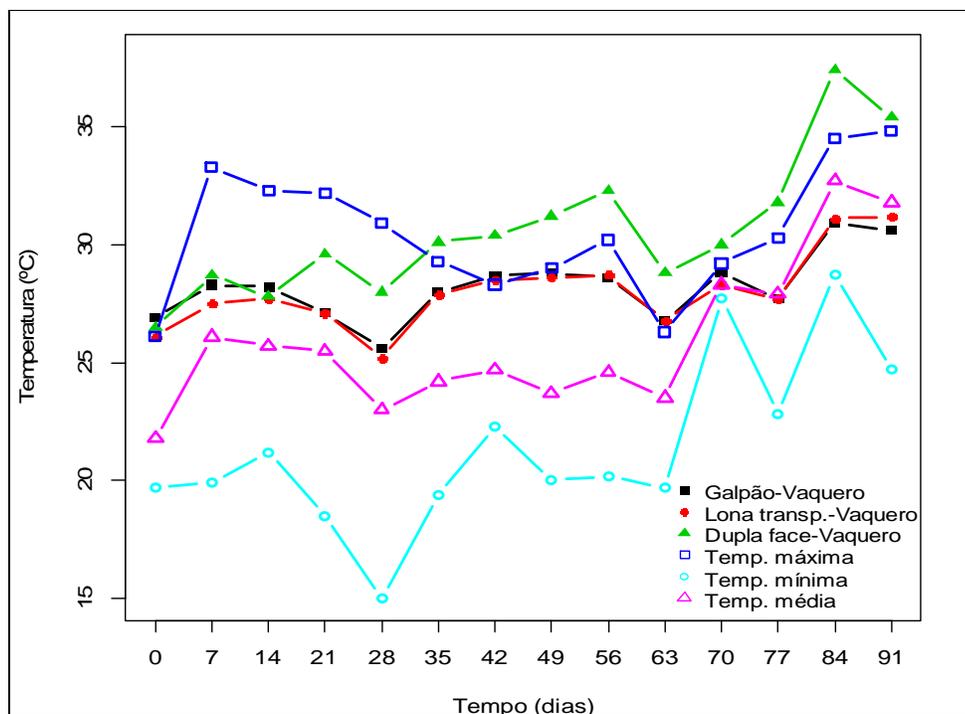


Figura 4. Comportamento das temperaturas médias medidas por termômetro espeto e ambientais (°C) no decorrer do tempo (dias), em fenos de capim vaquero armazenados sob diferentes métodos.

Condições de alta umidade e temperaturas acima de 55 °C são favoráveis à ocorrência de reações não-enzimáticas entre os carboidratos solúveis, resultando em compostos denominados produtos de reação de "Maillard", causando uma coloração marrom no feno, e perdas de até 70% do valor nutricional (VAN SOEST, 1994). Neste estudo, não foram observadas alterações na coloração dos fenos, porque mesmo que tenham ocorrido variações de temperatura essas amostras não ultrapassaram os 40 °C, portanto não foram influenciadas negativamente.

Os valores encontrados para o logaritmo da função de verossimilhança (*logLik*) foram de -16,49 (LOGCLAD), -43,67 (LOGFUS), 29,39 (LOGPEN), -60,38 (LOGASP), -28,45 (LOGRHIZ), -54,40 (LOGLEV), -20,87 (LOGTOT), -31,6 (AFLA), 14.357,1 (ZEA) e 65,6 (DON). As distribuições estatísticas que proporcionaram melhor ajuste foram: negativa binomial (LOGCLAD e ZEA), *poisson* (LOGPEN), normal (LOGFUS, LOGASP, LOGRHIZ E LOGLEV), gama para o LOGTOT, *poisson* com correção dos erros-padrão por um modelo *quasipoisson* (AFLA) e normal corrigida para os erros-padrão utilizando a estatística *Deviance* (DON).

Observou-se, na Tabela 3, efeito simples ($p < 0,05$) de tipos de capim sobre o LOGCLAD. Para as demais características, não foi constatada ($p > 0,05$) significância para o efeito de capim.

O valor médio de contagem (UFC g^{-1}) do logaritmo de *Cladosporium* do feno de capim Vaquero (1,29) foi maior ($p < 0,05$) do que o valor médio do LOGCLAD do feno de capim Tifton 85 (0,97) (Tabela 3). Esses resultados são coerentes com o fenômeno observado por Nascimento et al. (2000), os quais descrevem que o *Cladosporium* representa um gênero de fungos saprófitos, decompositores da matéria orgânica e podem desaparecer com o decorrer do armazenamento. Lacey (1975), trabalhando com gramíneas nativas, observou grande variedade de fungos inócuos e algumas espécies produtoras de toxinas. Verificou ainda que a secagem lenta permite a colonização dos saprófitos, com predominância normal de *Cladosporium*.

Gregory et al. (1963) verificaram que os saprófitos ocorrem em grande quantidade na forragem e que a diversidade de propágulos presentes sugere que diferentes tipos de microflora podem se desenvolver mais tardiamente, de acordo com as condições que prevalecerão nos fardos ou medas em qualquer período. A maior contagem (UFC g^{-1}) de *Cladosporium* no feno de capim Vaquero em relação ao feno de capim Tifton 85 do presente estudo pode ter decorrido de sua arquitetura foliar prostrada e mais densa, oferecendo condições adequadas para o fungo se desenvolver.

Tabela 3. Valores médios de logaritmo (base dez) da contagem individual (*Cladosporium sp.* - CLAD; *Fusarium sp.* - FUS; *Penicillium sp.* - PEN; *Aspergillus sp.* - ASP; *Rhizopus sp.* - RHIZ; leveduras - LEV) e total de fungos e leveduras (TOTAL) encontradas em fenos de capim Tifton 85 e Vaquero, independente de método ⁽¹⁾.

Capim	CLAD	FUS	PEN	ASP	RHIZ	LEV	TOTAL
-----log UFC g ⁻¹ -----							
Tifton 85	0,97 ^b	2,89 ^a	3,20 ^a	1,67 ^a	0,05 ^a	1,26 ^a	4,21 ^a
Vaquero	1,29 ^a	2,52 ^a	2,83 ^a	1,68 ^a	0,32 ^a	0,78 ^a	4,44 ^a
CV(%)	133,6	59,4	74,6	100,6	317,5	150,3	29,0

⁽¹⁾Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste de qui-quadrado, em nível de 5% de probabilidade; n=20; $p \geq \chi^2_{(TOTAL)} = 0,0582$.

Para as variáveis LOGASP e LOGLEV houve diferença significativa ($p < 0,05$) somente para os métodos de armazenamento, independentemente do capim (Tabela 4). Em relação ao LOGASP, houve uma maior contagem de *Aspergillus* (UFC g⁻¹) na matéria orgânica coletada ($p < 0,05$), quando comparado aos demais tratamentos, provavelmente por haver uma condição mais favorável ao fungo, como um elevado teor de umidade, visto que seu crescimento ocorre em teores de umidade superiores a 15% (DOMINGUES, 2006).

Tabela 4. Valores médios de logaritmo (base dez) da contagem individual (*Cladosporium sp.* - CLAD; *Fusarium sp.* - FUS; *Penicillium sp.* - PEN; *Aspergillus sp.* - ASP; *Rhizopus sp.* - RHIZ; leveduras - LEV) e total de fungos e leveduras (TOTAL) de acordo com o método de armazenamento, independente do capim ⁽¹⁾.

Método	CLAD	FUS	PEN	ASP	RHIZ	LEV	TOTAL
-----log UFC g ⁻¹ -----							
MO	2,59 ^a	4,36 ^a	2,81 ^{bc}	3,86 ^a	0 ^a	0 ^b	2,61 ^d
ENF	1,56 ^{ab}	3,57 ^{ab}	3,00 ^b	1,91 ^b	0,50 ^a	3,15 ^a	4,14 ^b
G	0,51 ^b	2,22 ^c	2,07 ^{bc}	1,42 ^b	0,44 ^a	0,87 ^b	3,30 ^c
LT	0,61 ^b	2,93 ^{bc}	1,07 ^c	1,20 ^{bc}	0 ^a	0,50 ^b	3,15 ^c
DF	0,38 ^c	0,41 ^d	6,13 ^a	0 ^c	0 ^a	0,59 ^b	6,15 ^a
CV(%)	133,6	59,4	74,6	100,6	317,5	150,3	29,0

⁽¹⁾ MO: matéria orgânica; ENF: enfardamento; G: galpão; LT: lona transparente; DF: dupla face; Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste de qui-quadrado, em nível de 5% de probabilidade; n=8; $p \geq \chi^2_{(MO \times ENF) \text{ LOGFUS}} = 0,0548$; $p \geq \chi^2_{(LT \times DF) \text{ LOGASP}} = 0,0530$; $p \geq \chi^2_{(ENF \times MO; ENF \times LT; ENF \times DF) \text{ LOGRHIZ}} = 0,0733$.

Para o LOGLEV, no método de enfardamento foi encontrada uma maior quantidade de leveduras em relação aos demais tratamentos, diferindo significativamente destes (Tabela 4). Com relação à temperatura considerada ideal para a multiplicação das leveduras, a faixa entre 25 e 30°C favorece o seu desenvolvimento e valores de temperatura acima destes podem gerar enfraquecimento da levedura, criar boas condições para o aparecimento de outros microrganismos e ocasionar maiores perdas de álcool por evaporação, já temperaturas inferiores a 25°C diminuem a atividade da levedura (CARDOSO, 2006). As leveduras

também se multiplicam melhor quando estão em anaerobiose, porém os tipos fermentativos desenvolvem-se também em aerobiose (FRANCO; LANDGRAF, 2003).

Neste estudo, após o corte, as forragens permaneceram no campo por um período de 12 horas para que ocorresse sua desidratação com o intuito de que ela atingisse teores de matéria seca acima de 800 g kg^{-1} , ideais para o enfardamento. As condições climáticas do experimento foram favoráveis à desidratação, com temperatura média de $31,7^\circ\text{C}$. Conforme citado anteriormente, temperaturas entre 25 e 30°C podem ter propiciado o desenvolvimento de leveduras.

De modo geral, foram encontrados em maiores contagens de *Fusarium sp.* (UFC g^{-1}) na matéria orgânica e no enfardamento dos capins (Tabela 4). O fungo *Fusarium sp.* é basicamente encontrado em condições de campo, conforme exposto por Hlodversson e Kaspersson (1986), explicando sua maior ocorrência nestes materiais observados.

Para a variável LOGRHIZ, nenhum dos fatores se mostrou significativo ($p>0,05$), indicando que independentemente do método de armazenamento utilizado, a quantidade de *Rhizopus* encontrada não diferencia (Tabela 4).

Quando analisada a interação entre os fatores, estes se mostraram significativos ($p<0,05$) para as variáveis LOGFUS, LOGPEN e LOGTOT (Tabela 5). Para o LOGFUS, as análises da matéria orgânica e enfardamento do capim Tifton 85 proporcionaram um elevado ($p<0,05$) crescimento de *Fusarium*, em comparação aos demais tratamentos. Para o capim Vaquero, na matéria orgânica este fungo apresentou um maior desenvolvimento, diferindo estatisticamente dos demais.

O gênero *Fusarium* tem predominância de crescimento, sendo que suas exigências são a alta umidade (maior que 70%), oxigênio e temperaturas flutuantes (dias quentes e noites frias) e a eliminação de seus esporos é impraticável (AMARAL; NUSSIO, 2011). A secagem lenta do feno durante o enfardamento e após 90 dias nos sistemas de armazenamento permite a colonização de fungos saprofíticos como *Fusarium* (NASCIMENTO et al., 2000).

Segundo Zanine et al. (2010), o gênero *Fusarium* é normalmente encontrado em áreas de produção de feno, entretanto uma desidratação bem feita pode reduzir a sua população reduzindo perdas posteriores no feno armazenado. Portanto, uma desidratação bem realizada da forragem para o enfardamento pode ter proporcionado menor contagem UFC g^{-1} do gênero *Fusarium* nas diferentes formas de armazenamento dos fardos deste estudo.

Tabela 5. Valores médios de logaritmo (base dez) da contagem individual (*Cladosporium sp.* - CLAD; *Fusarium sp.* - FUS; *Penicillium sp.* - PEN; *Aspergillus sp.* - ASP; *Rhizopus sp.* - RHIZ; leveduras - LEV) e total de fungos e leveduras (TOTAL), de acordo com as combinações entre classes de capim e método de armazenamento ⁽¹⁾.

Capim	Método	CLAD	FUS	PEN	ASP	RIZ	LEV	TOTAL
		-----log UFC g ⁻¹ -----						
Tifton	MO	1,99 ^{aA}	4,06 ^{aA}	4,53 ^{aA}	3,54 ^{aA}	0 ^{aA}	0 ^{cA}	4,80 ^{bA}
	ENF	0,87 ^{aA}	4,31 ^{aA}	3,60 ^{abA}	2,21 ^{abA}	0 ^{aB}	2,90 ^{aA}	4,67 ^{bA}
	G	0,65 ^{aA}	2,58 ^{bA}	1,43 ^{bcA}	1,50 ^{bcA}	0,25 ^{aA}	1,75 ^{abA}	2,87 ^{cB}
	LT	0,58 ^{aA}	2,65 ^{bA}	0,71 ^{cA}	1,11 ^{bcA}	0 ^{aA}	0,50 ^{bcA}	2,95 ^{cA}
	DF	0,75 ^{aA}	0,83 ^{cA}	5,73 ^{aA}	0 ^{cA}	0 ^{aA}	1,18 ^{bcA}	5,77 ^{aA}
Vaquero	MO	3,20 ^{aA}	4,66 ^{aA}	1,10 ^{bB}	4,17 ^{aA}	0 ^{bA}	0 ^{bA}	4,94 ^{bA}
	ENF	2,25 ^{aA}	2,84 ^{bcB}	2,39 ^{bA}	1,60 ^{bA}	1,00 ^{aA}	3,39 ^{aA}	3,61 ^{cB}
	G	0,37 ^{aA}	1,86 ^{cA}	2,71 ^{bA}	1,35 ^{bA}	0,62 ^{abA}	0 ^{bB}	3,74 ^{cA}
	LT	0,65 ^{aA}	3,22 ^{bA}	1,43 ^{bA}	1,29 ^{bA}	0 ^{bA}	0,50 ^{bA}	3,36 ^{cA}
	DF	0 ^{bB}	0 ^{dA}	6,54 ^{aA}	0 ^{bA}	0 ^{bA}	0 ^{bA}	6,54 ^{aA}

⁽¹⁾ MO: matéria orgânica; ENF: enfardamento; G: galpão; LT: lona transparente; DF: dupla face; Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna, para o efeito de método dado capim (M/C), e por letras maiúsculas diferentes na coluna, para o efeito de capim dado método (C/M), diferem entre si, pelo teste de qui-quadrado, em nível de 5% de probabilidade; $p \geq \chi^2_{(MO \times LT)}(\text{LOGCLAD-MÉTODOS/VAQUERO})=0,0778$; $p \geq \chi^2_{(MO \times G)}(\text{LOGCLAD-MÉTODOS/VAQUERO})=0,0520$; $p \geq \chi^2_{(ENF \times DF)}(\text{LOGASP-MÉTODOS/VAQUERO})=0,0675$.

Avaliando o LOGTOT (Tabela 5) é possível observar maior ($p < 0,05$) quantidade de fungos e leveduras nas amostras dos fenos do capim Tifton 85 submetidas à lona dupla face em relação àqueles armazenados na matéria orgânica e no enfardamento, seguidos da contagem de UFC g⁻¹ do feno no galpão e em lona transparente. Nas amostras dos fenos do capim Vaquero, observa-se que o LOGTOT do tratamento dupla face foi superior ($p < 0,05$) ao encontrado nas amostras de matéria orgânica, seguido das amostras de fardos armazenados no galpão, em lona transparente e ainda durante o enfardamento.

A maior contagem total de fungos e leveduras no tratamento dupla face, seguido da matéria orgânica para ambos os capins deste estudo, pode ser decorrente do teor de umidade. O calor do sol somado com a transpiração foliar no tratamento dupla face pode ter proporcionado acúmulo de gotas de água na lona, conforme a Figura 4.

Turner et al. (2002) observaram que sob condições de alta umidade, além da elevação da temperatura e queda na disponibilidade de proteína, ocorreu o aparecimento de fungos nesses fenos, comprovando que todos os esforços devem tentar viabilizar uma desidratação correta do material antes do enfardamento. Além disso, os resultados obtidos neste estudo são coerentes com outros trabalhos, pois segundo Hlodversson e Kaspersson (1986), ocorre acentuada alteração na população de fungos com o processo de fenação, havendo diminuição daqueles gêneros típicos de campo como *Fusarium* e *Cladosporium*.

A contagem do gênero *Penicillium* no capim Tifton 85 proporcionou uma LOGPEN com maiores médias ($p < 0,05$) nos fardo de feno armazenado em dupla face, na matéria orgânica e no enfardamento, enquanto que as amostras mantidas no galpão e em lona transparente apresentaram uma menor quantidade deste fungo. No capim Vaquero, somente no método de dupla face o fungo apresentou crescimento significativo em relação aos demais (Tabela 5).

Mufatto et al. (2016) também concluíram que o gênero *Penicillium* teve a maior incidência em área de crescimento de plantas de capim Tifton 85 destinadas à produção de feno e adubadas com biofertilizante suíno com maior número de população no material vegetal morto e no solo.

O gênero *Penicillium*, juntamente com o gênero *Aspergillus*, são capazes de crescer em diversos tipos de *habitats*. São espécies que apresentam seu desenvolvimento ótimo em condições de temperatura elevada (24 a 35°C) e umidade superior a 70% (MACHADO, 2006). A alta população do gênero *Penicillium* pode levar a uma maior produção de micotoxinas, dependendo das condições ambientais e da espécie presente, sendo que essas micotoxinas afetam tanto a saúde animal quanto a humana. Esses resultados corroboram os obtidos por Lacey (1975), que observou uma grande variedade de fungos no material morto ou senescente, derivados do solo e do ar, crescendo especificamente em gramíneas nativas na forma saprófita.

Os gêneros de fungos prevaletentes na presente pesquisa foram o *Penicillium* e o *Fusarium*, seguido por *Aspergillus* e *Cladosporium*. Esta diversificada população de fungos está relacionada com o processo de secagem a campo, pois segundo Gregory et al. (1963), durante a secagem a campo há a ocorrência de uma população bem diversificada de microrganismos, alguns vivendo no ar, na planta e no solo, e essa diversidade de propágulos presentes sugere que diferentes tipos de microflora podem se desenvolver mais tarde, de acordo com as condições que prevalecerão nos fardos em qualquer período.

Não foi observado efeito significativo ($p > 0,05$) das espécies forrageiras sobre a AFLA (Tabela 6). Skládanka et al. (2011) também não encontraram efeito significativo ($p < 0,05$) da espécie de forrageira sobre o teor de micotoxinas, mesmo observando que o capim *Festulolium pabulare* apresentava valores mais baixos de ZEA, em comparação com outras espécies.

Tabela 6. Médias observadas e desvios-padrão (entre parênteses) de aflatoxina (AFLA), zearalenona (ZEA) e deoxinivalenol (DON) de acordo com as classes de capim, independente de método de armazenamento ⁽¹⁾.

Capim	AFLA ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	ZEA ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	DON ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Tifton	1,84 ^a (1,61)	41,3 ^b (27,4)	0,12 ^a (0,13)
Vaquero	1,24 ^a (1,11)	187,4 ^a (221,4)	0,07 ^b (0,09)

⁽¹⁾Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste da diferença de *lsmeans*, em nível de 5% de probabilidade; n=20.

Observou-se aumento ($p < 0,05$) das concentrações de ZEA no capim vaqueiro e DON no capim Tifton 85. Já AFLA não diferiu entre espécies ($P > 0,05$). Na comparação dos capins avaliados, a DON estava presente em maior quantidade no Capim Tifton 85 em relação ao Vaquero (Tabela 6). Este resultado se deve à grande quantidade do fungo *Fusarium* presente na matéria orgânica (MO) coletada no campo (Tabelas 4 e 5), pois é possível que tenha ocorrido contaminação durante viragem da forrageira, que é efetuada com ancinhos para acelerar a desidratação do material.

Para os métodos utilizados, foi observada a maior concentração de DON em fenos armazenados em galpão. Os valores médios encontrados foram de 0,24 $\mu\text{g/kg}$ (G), 0,18 $\mu\text{g/kg}$ (LT), não sendo encontrada esta toxina no enfardamento (Tabela 7). Porém neste estudo os valores médios encontrados da micotoxina Deoxinivalenol (DON) foram inferiores ao observado em outros trabalhos. Para Skládanka et al. (2011), o teor de DON variou de 35,07 a 52,78 ppb nas gramíneas das espécies *Lolium perenne*, *Festulolium pabulare*, *Festulolium braunii*, *Festuca rubra* e *Poa pratensis* avaliadas no verão.

A DON é provavelmente a micotoxina mais extensamente distribuída nos alimentos e rações (MILLER, 1995). Segundo Araújo e Takishita (2007), o consumo de 500 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ou mais de DON pode resultar em queda na produção de leite.

Tabela 7. Médias observadas e desvios-padrão (entre parênteses) de aflatoxina (AFLA), zearalenona (ZEA) e deoxinivalenol (DON) de acordo com as classes de método de armazenamento, independente de tipo de capim ⁽¹⁾.

Método	AFLA ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	ZEA ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	DON ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
MO	0,10 ^c (0,15)	311,4 ^a (319,2)	0,013 ^c (0,04)
ENF	0,25 ^c (0,32)	15,4 ^c (8,84)	0 ^c (0)
G	2,83 ^a (0,77)	74,8 ^b (42,2)	0,24 ^a (0,07)
LT	2,68 ^{ab} (1,43)	85,9 ^b (28,9)	0,18 ^b (0,07)
DF	1,85 ^b (0,61)	84,2 ^b (41,1)	0,05 ^c (0,08)

⁽¹⁾ MO: matéria orgânica; ENF: enfardamento; G: galpão; LT: lona transparente; DF: dupla face; Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste da diferença de *lsmeans*, em nível de 5% de probabilidade; n=8; $p \geq \chi^2_{(ENF \times DF)}(DON) = 0,0603$.

Houve maior concentração ($p < 0,05$) de ZEA na matéria orgânica ($311,4 \mu\text{g kg}^{-1}$) em comparação com as demais classes de métodos de armazenamento adotados (Tabela 7). Skládanka et al. (2011) observaram que até mesmo durante a estação de crescimento as gramíneas forrageiras podem ficar contaminadas com micotoxinas, principalmente por desoxinivalenol (DON) e zearalenona (ZEA), o que significa um alto risco de entrada de micotoxinas para a cadeia alimentar.

Não houve efeito ($p > 0,05$) de interação entre capim e método sobre a AFLA e a DON. Contudo, houve interação entre os fatores ($p < 0,05$) sobre a ZEA (Tabela 8). Os valores médios de ZEA nos fenos de capim Tifton 85 armazenados com os métodos de lona transparente e lona dupla face foram os mais elevados. Segundo Malmann e Dilkin (2007), as fusariotoxinas são produzidas, na sua maioria, sob temperaturas entre 25 e 35°C, ideais para o crescimento fúngico, e umidade superior a 14%.

O resultado encontrado no presente trabalho indicou que a utilização do método de armazenamento de dupla face proporcionou condição mais favorável para o crescimento de fungos do gênero *Fusarium*, com maior aquecimento da temperatura média interna de fenos de capim Tifton armazenados com dupla face (30,73 °C) foi mais elevada ($p < 0,05$) do que as médias obtidas utilizando lona transparente (28,21 °C) e galpão (28,34°C) (Tabela 2).

Tabela 8. Médias observadas e desvios-padrão (entre parênteses) de aflatoxina (AFLA), zearalenona (ZEA) e deoxinivalenol (DON) de acordo com as combinações entre classes de capim e método de armazenamento⁽¹⁾.

Capim	Método	AFLA ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	ZEA ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	DON ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Tifton	MO	0,10 ^{cA} (0,20)	28,6 ^{cB} (8,40)	0,025 ^{bcA} (0,05)
	ENF	0,25 ^{cA} (0,30)	10,8 ^{dB} (2,81)	0 ^{cA} (0)
	G	3,40 ^{aA} (0,65)	39,2 ^{bcB} (14,4)	0,28 ^{aA} (0,10)
	LT	3,65 ^{aA} (0,47)	63,0 ^{abB} (9,48)	0,23 ^{aA} (0,05)
	DF	1,80 ^{bA} (0,78)	64,7 ^{aB} (39,7)	0,08 ^{bA} (0,10)
Vaquero	MO	0,10 ^{bA} (0,12)	594,2 ^{aA} (156,5)	0 ^{cA} (0)
	ENF	0,25 ^{bA} (0,38)	20,1 ^{cA} (10,8)	0 ^{cA} (0)
	G	2,25 ^{aA} (0,30)	110,5 ^{bA} (23,6)	0,20 ^{ab} (0)
	LT	1,70 ^{ab} (1,43)	108,8 ^{bA} (21,5)	0,13 ^{bb} (0,05)
	DF	1,90 ^{aA} (0,50)	103,7 ^{bA} (36,8)	0,025 ^{cA} (0,05)

⁽¹⁾ MO: matéria orgânica; ENF: enfardamento; G: galpão; LT: lona transparente; DF: dupla face; Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna, para o efeito de método dado capim (M/C), e por letras maiúsculas diferentes na coluna, para o efeito de capim dado método (C/M), diferem entre si, pelo teste de qui-quadrado, em nível de 5% de probabilidade; $p \geq \chi^2_{(G \times LT)(ZEA-MÉTODO/TIFTON)} = 0,0542$.

Além da temperatura, a umidade dos fardos revestidos sob lona dupla face pode ter proporcionado a multiplicação de fungos pois, de acordo com Cândido et al. (2013), com o uso de plástico dupla face ocorre a condensação da umidade sob a lona. As altas temperaturas

observadas próximas aos 90 dias de armazenamento, quando ocorreu a coleta dos dados, colaboraram para o crescimento dos microrganismos mesófilos encontrados no sistema.

O resultado da matéria orgânica apresentou maiores quantidades de *Fusarium* em comparação aos demais (Tabela 8), o que corrobora a presença de grande quantidade deste fungo nos sistemas de armazenamento.

Vale destacar ainda que não houve crescimento de *Fusarium* nas amostras de feno de capim Vaquero que permaneceram armazenadas em lonas dupla face (Tabelas 5), porém houve grande incidência de zearalenona no mesmo sistema (Tabelas 7 e 8). A presença de fungos no alimento não implica que toxinas foram produzidas, por outro lado, a ausência de sinais visíveis de emboloramento não significa que o alimento está livre de toxinas, uma vez que as mesmas podem persistir após os fungos terem desaparecido (IAMANAKA et al. 2010).

3.3.1 Considerações finais

Conforme os resultados encontrados nesta pesquisa, as gramíneas forrageiras Tifton 85 e Vaquero apresentaram contaminação por fungos e micotoxinas nos diferentes sistemas de armazenamento dos fardos de feno.

Os efeitos da atividade de água e da temperatura sobre o comportamento dos fungos e a produção de micotoxinas ainda necessita de mais estudos.

Novas pesquisas devem ser realizadas a fim de fornecer dados mais conclusivos, evitando a contaminação de animais e dos demais elos da cadeia alimentar.

3.4 Conclusões

A temperatura de fardos de fenos de capim Tifton 85 e Vaquero sofre influência da temperatura ambiental.

Houve ocorrência de fungos e micotoxinas em todos os sistemas de armazenamento adotados, inclusive no tratamento adicional, matéria orgânica e no enfardamento das forragens.

Houve maior ocorrência do fungo do gênero *Penicilium* no feno de capim Vaquero armazenado no sistema dupla face.

Os sistemas galpão e lona transparente apresentam maior ocorrência de aflatoxina e deoxinivalenol.

A matéria orgânica do capim Vaquero coletada no campo apresenta maior ocorrência do fungo *Fusarium* e da micotoxina zearalenona.

3.5 Referências

- AMARAL, R.C.; NUSSIO, L.G. Fungos e micotoxinas. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4., 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2011. p. 221-250.
- AMES, J.P. **Sistemas de produção de feno de capim tifton 85 no inverno**. 2012. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2012.
- ARAÚJO, W.A.G.; TAKISHITA, S.S. Micotoxinas presentes nas dietas de animais monogástricos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 4, n. 2, p. 405-435, mar./abr. 2007.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Agros Comunicação, 2002, 430p.
- CÂNDIDO, M.J.D.; ANDRADE, I.R.A.; CHAVES, D.R. Desafios relacionados ao ajuste na taxa de lotação no manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 9., 2013, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013. 34 p.
- CARDOSO, M.G. **Produção de aguardente de cana**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 445p.
- COBLENTZ, W.K.; TURNER, J.E.; SCARBROUGH, D.A.; LESMEISTER, K.E.; JOHNSON, Z.B.; KELLOGG, D.W.; COFFEY, K.P.; MCBETH, L.J.; WEYERS, J.S. Storage characteristics and nutritive value changes in bermudagrass hay as affected by moisture content and density of rectangular bales. **Crop Science**, v. 40, p. 1375-1383, 2000.
- DOMINGUES, J.L. Uso de volumosos conservados na alimentação de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, supl., p.259-269, 2009.
- DOMINGUES, P. F. **Higiene dos alimentos**. Botucatu: UNESP; FMVZ; Departamento de Higiene Veterinária e Saúde Pública, 2006. Disponível em: <http://www.fmvz.unesp.br/Eventos/Especializacao/disciplinas/Aula6_Alimentos.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

- FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2003. 182 p.
- GREGORY, P.H.; LACEY, M.E.; FESTENSTEIN, G.N; SKINNER, F. A. Microbial and biochemical changes during the moulding of hay. **J. Gen. Microbial.**, v.33, n.1, p.147-174, 1963.
- HLODVERSSON, R.; KASPERSSON, A. Nutrient losses during deterioration of hay in relation to changes in biochemical composition and microbial growth. **Animal Feed Science and Technology**, v.15, p.149-165, 1986.
- HUNOFF, C.A. **Composição bromatológica e ocorrência de fungos no armazenamento de feno de capim vaquero**. 2015. 71f Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.
- IAMANAKA, B.T.; OLIVEIRA, I.S.; TANIWAKI, M.H. Micotoxinas em Alimentos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v.7, p.138-161, 2010.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas Climáticas do Paraná**. 2006. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 30 out. 2015.
- LACEY, J. Potencial hazards to animal and man from microorganisms in fodders and grain. **Transactions of the British Mycological Society Journal**, v.65, n.2, p.171-184, 1975.
- MACHADO, A.P.S. **Uso de técnicas de detecção rápidas de fungos filamentosos na água**. 2006. 50f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente) - Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2006.
- MALLMANN, C.A.; DILKIN, P. **Micotoxinas e micotoxicoses em suínos**. Santa Maria: Ed. Do Autor, 2007.
- MAUCHLY, J.W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **Annals of Mathematical Statistics**, v.11, p.204-209, 1940.
- McBETH, L.J.; COFFEY, K.P.; COMBLENTZ, W.K.; TURNER, J.E.; SCARBROUGH, D.A.; BAILEY, C.R.; STIVARIUS, M.R. Impact of heating-degree accumulation during bermudagrass hay storage on nutrient utilization by lambs. **Journal of Animal Science**, v.79, n.10, p.2698-2703, 2001.
- McCULLAGH, P.; NELDER, J.A. **Generalized linear models**. 2 ed. Flórida, EUA: Chapman & Hall, 1989.
- MILLER, J.D. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research. **Journal of Stored Products Research**, v.31, n.1, p.1-16, 1995.
- MOSER, L.E. Post-harvest physiological changes in forage plants, Chapter 1. In: MOORE, K.J.; KRAL, D.M.; VINEY, M.K. (eds) **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Madison, WI: American Society of Agronomy Inc., 1995. p.1-19. (CSSA, Special Publication N.22).

- MUFATTO, L.M.; NERES, M.A.; NATH, C.D.; STANGARLIN, J.R.; SCHEIDT, K.C., CASAROTTO, L.; SARTO, J.R.W.; SUNAHARA, S.M.M. Caracterização e quantificação da população de fungos em área de produção de feno de capim Tifton 85, adubado com biofertilizante suíno. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.486-491, 2016.
- NASCIMENTO, J.M.; COSTA, C.; SILVEIRA, A.C.; ARRIGONI, M.D.B. Influência do método de fenação e tempo de armazenamento sobre a composição bromatológica e ocorrência de fungos no feno de alfafa (*Medicago sativa*, L. cv. Flórida 77). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3. p.669-677, 2000.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 21 nov. 2015.
- RANKIN, M.; UNDERSANDER, D. **Rain damage to forage during hay and silage making**. 2004. Disponível em: <<http://www.cce.cornell.edu/scnyag/dairy/newsletter>>. Acesso em: 21 nov. 2015.
- SAMSON, R.A.; HOEKSTRA, E.S.; OORSCHOT, C.A.N. von. **Introduction to food-borne fungi**. Baarn: CBS, 1995. 322p.
- SCAPIM, C.A.; GUEDES, T.A.; CARNEIRO, J.W.P.; BRACCINI, A.L.; AMARAL, D. Análise exploratória de conjuntos de dados obtidos durante a maturação de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 103-110, 2002.
- SHARMA, R.P. Immunotoxicity of mycotoxins. **Journal of Dairy Science.**, v.76, p.892-897, 1993.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007.
- SKLÁDANKA, J.; NEDĚLNÍK, J.; ADAM, V.; DOLEŽAL, P.; MORAVCOVÁ, H.; DOHNAL, V. Forage as a Primary Source of Mycotoxins in Animal Diets. **International Journal Environment Research Public Health**, v.8, n.1, p.37-50, 2011.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM (SAS). **SAS/STAT User's guide**. Version 8.2. 4th ed. Cary, 2000. v.2.
- SWEENEY, M.J.; DOBSON, A.D.W. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. **International Journal of Food Microbiology**, v.43, p.141-158, 1998.
- TURNER, J.E.; COBLENTZ, W.K.; SCARBROUGH, D.A. et al. Changes in nutritive value of bermudagrass hay during storage. **Agronomy Journal**, v.94, p.109-117, 2002.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca, NY: Cornell Univ. Press, 1994.

XAVIER, L.H. **Modelos univariado e multivariado para análise de medidas repetidas e verificação da acurácia do modelo univariado por meio de simulação**. 2000. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E. M.; SANTANA, D.P.A.; SILVA, T.C., REBOUÇAS DÓREA, J. R.; FERREIRA, D.J.; OLIVEIRA, J. S. Populações de fungos, leveduras e composição bromatológica do feno de capim Tanzânia tratado com cal (CaO). **Livestock Research for Rural Development**, v. 22, 2010.

4 VALOR NUTRICIONAL DE FENO DE CAPIM TIFTON 85 E VAQUERO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES E PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO

Resumo: Objetivou-se avaliar o valor nutricional do feno de capim Tifton 85 e Vaquero sob diferentes condições de armazenamento. Para o delineamento experimental e tratamentos, um total de 30 fardos de feno foi utilizado em delineamento experimental inteiramente casualizado e esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 18 tratamentos, cinco repetições e um fardo por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de dois tipos de capins (Vaquero e Tifton 85) com três tipos de sistema de armazenamento (galpão fechado ventilado, galpão aberto com lona transparente e ambiente aberto coberto com lona dupla face alocados nas parcelas, e três tempos de armazenamento (30, 60 e 90 dias), que constituíram as subparcelas. Outros dois tratamentos adicionais foram incorporados à análise, sendo expressos pelo enfardamento de ambos os capins (tempo zero), que também apresentaram cinco repetições, totalizando 20 tratamentos e 100 unidades experimentais. As variáveis avaliadas, expressas em % na matéria seca, foram: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), proteína bruta (PB) lignina, celulose, hemicelulose, e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS). Constata-se que a produção de MS foi maior (87,6%) aos 90 dias de armazenamento em sistema lona transparente. Para MM, observa-se maior média (9,46%) aos 90 dias em sistema dupla face. A PB do capim Vaquero foi maior (14,3%) quando comparada ao Tifton 85 (11,8%). A DIVMS obteve média (71,6%) aos 30 dias de armazenamento para o sistema dupla face. Verifica-se menores valores de PIDN para ambos os capins em sistema dupla face aos 60 dias de armazenamento. O menor valor de PIDA observado foi para o capim Vaquero em sistema galpão aos 90 dias. Para celulose, as maiores médias observadas estão em sistemas dupla face aos 90 dias para o capim Tifton 85 e Vaquero. O menor teor de FDA foi observado em sistema lona transparente para o capim Vaquero aos 60 dias. Com relação aos teores de lignina, a menor média verificada (2,81%) foi em sistema de lona transparente aos 90 dias. Os teores mais elevados de FDN foram observados em sistema dupla face com 90 dias de armazenamento (71,4%). Para hemicelulose, o maior teor verificado foi com o tempo de 90 dias em sistema galpão. Os capins Tifton 85 e Vaqueiro não tiveram alteração dos teores de MS por um período de 90 dias de armazenamento nos sistemas estudados. Os capins Vaquero e Tifton 85 possuem valor nutricional semelhante durante o armazenamento. O sistema de armazenamento com lona dupla face promove queda do valor

nutricional das forrageiras estudadas entre 60 e 90 dias de armazenamento. Tanto o capim tifton 85 quanto o capim Vaquero podem ser armazenados por um período de 90 dias em galpão coberto e em galpão aberto com lona transparente sem comprometimento do valor nutricional

Palavras-chave: capim, composição bromatológica, lona dupla face, galpão, lona transparente.

Nutritional value of Tifton 85 grass hay and Vaquero under different conditions and storage periods

Abstract: With the aim of evaluating the nutritional value of Tifton 85 grass hay and Vaquero under different storage conditions a total of 30 bales of hay were used in a completely randomized design and split plot scheme in time with 18 treatments, five replicates and a burden each. Treatments were a combination of two types of grass (Vaquero and Tifton 85) with three types of storage system (shed, transparent canvas and double-sided), allocated in installments, and three storage times (30, 60 and 90 days), which constituted the sub parcels. Additional treatments were incorporated into the analysis, being represented by baling both grasses (time zero), which also had five replicates, totaling 20 treatments and 100 experimental units. The variables expressed as % of dry matter were: dry matter (DM), mineral matter (MM), neutral detergent fiber (NDF), insoluble protein in neutral detergent (PIDN), acid detergent fiber (ADF) insoluble protein in acid detergent (PIDA), lignin (LIG), cellulose (CEL), hemicellulose (hemic), crude protein (CP) and *in vitro* digestibility of dry matter (DM). The production of DM was greater (87.6%) at 90 days storage system in transparent bag. For MM, there was a higher average (9.46%) at 90 days double-sided system. The Vaquero grass PB was higher (14.3%) when compared to the Tifton 85 (11.8%). IVDMD has obtained average (71.6%) at 30 days of storage for the double-sided system. Smaller PID values were found for both grasses double system compared with 60 days of storage. Vaquero grass in the shed system had the lowest value of PIDA at 90 days of storage. For pulp the biggest averages observed were double-sided systems at 90 days for Tifton 85 grass and Vaquero. The lowest ADF content was found in system transparent for the grass bag Vaquero 60 days. The lowest average observed for the lignin levels was 2.81% in transparent canvas system at 90 days. The highest levels were observed in FDN double-sided system at 90 days of storage (71.4%). Hemicellulose to the highest content was found with a time of 90 days in

the shed system. Grasses Tifton 85 and Vaquero had no change of DM contents for a period of 90 days of storage in the studied systems. Vaquero and Tifton 85 grasses have similar nutritional value during storage. The storage system with double face canvas promotes decrease of nutritional value of forage studied between 60 and 90 days of storage. Both the Tifton 85 grass and the Vaquero can be stored for a period of 90 days in a covered shed and open shed with canvas transporete without compromising the nutritional value.

Keywords: bromatological composition, grass, shed, transparent canvas and double-sided canvas.

4.1 Introdução

A qualidade dos alimentos é de fundamental importância em qualquer sistema de produção animal. Consequentemente, o emprego de tecnologia adequada na produção de alimentos é de suma importância, especialmente as forragens conservadas como feno ou silagem, que podem ter seu valor alimentício bastante alterado em razão dos procedimentos adotados para a sua produção e conservação, e dos fenômenos bioquímicos e microbiológicos que ocorrem no processo.

Os principais fatores que influenciam e condicionam o desenvolvimento vegetativo e a maturação das forrageiras está relacionada à luz, temperatura e umidade, sendo importante conhecer as respostas morfofisiológicas do manejo (MARANHÃO et al., 2010).

Na avaliação da composição bromatológica e do valor nutritivo das plantas forrageiras, o estudo dos teores de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) assumem destaque na análise qualitativa das plantas, pois estes parâmetros podem influenciar, direta ou indiretamente, o consumo de matéria seca do animal (VAN SOEST, 1994).

O desenvolvimento de técnicas para avaliar a qualidade de forragens conservadas evoluiu em conjunto com vários processos como o desenvolvimento de equipamentos de colheita e processamento e de métodos e estruturas de armazenamento. (JOBIM et al., 2007)

No Brasil, são raros os trabalhos que consideram avaliações relativas às alterações que ocorrem durante o processo de fenação, principalmente para as novas cultivares, como o Vaquero. A maior parte dos estudos com feno está relacionada a avaliações do valor nutricional, sem maiores preocupações com as perdas na qualidade da forragem durante a confecção e armazenamento. Neste contexto o objetivo desta pesquisa foi avaliar o valor

nutricional de feno de capim Tifton 85 e Vaquero sob diferentes tempos e condições de armazenamento.

4.2 Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural destinada à produção de forragem conservada, com área total de produção de feno de 20 hectares, localizada no município de Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, sob as coordenadas geográficas de latitude 24°32'49,7"S, longitude 54°01'46,4" O e altitude de 392 m, no período de outubro de 2014 a janeiro de 2015.

De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, o clima da região caracteriza-se como Cfa, Clima subtropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, contudo, sem estação seca definida. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais que variam entre 400 a 500 mm. (IAPAR, 2006)

De acordo com a Embrapa (2013), o solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférrico de textura muito argilosa e possui como características químicas pH em água = 5,5; P (Mehlich) = 24,45 mg dm⁻³; K (Mehlich) = 0,91 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) = 6,29 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) = 2,1 cmolc dm⁻³; Al³⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) = 0,0 cmolc dm⁻³; H+Al (Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹) = 3,59 cmolc dm⁻³; SB = 9,3 cmolc dm⁻³; CTC = 12,89 cmolc dm⁻³; V = 72,15%; Matéria Orgânica (Método Boyocus) = 23,24 g dm⁻³; Cu = 20,05 mg dm⁻³; Zn = 9,4 mg dm⁻³; Mn = 158,0 mg dm⁻³ e Fe = 30,7 mg dm⁻³.

As áreas de capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.) e capim Vaquero (*Cynodon dactylon*) foram implantadas há aproximadamente dez e cinco anos, respectivamente, com destinação exclusiva à produção de forragem conservada, na forma de feno e pré-secado, tendo como única fonte de adubação o uso de biofertilizante, oriundo da criação de suínos, o qual é tratado em um biodigestor modelo canadense. A adubação do campo de feno ocorreu 30 dias antes do corte para fenação com 70m³ ha⁻¹ de biofertilizante.

Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos na Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Marechal Candido Rondon, com

valores médios mensais referentes à precipitação e temperatura (mínima, média e máxima) durante o armazenamento do capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.) e capim Vaquero (*Cynodon dactylon*). O corte foi realizado com auxílio de uma segadora condicionadora com batedores de dedos livres, com altura de corte de 5 cm do solo, quando os capins Vaquero e tifton 85 encontravam-se com idade de rebrota de 49 e 50 dias, respectivamente. Após o corte, a forrageira permaneceu no campo por um período de 24 horas para que ocorresse sua desidratação com o intuito de que ela atingisse teores de matéria seca ideais para o enfardamento (acima de 800 g kg⁻¹), sendo as condições climáticas favoráveis à desidratação com temperatura máxima de 36,5°C.

Os fardos, com peso médio de 6 kg, foram armazenados em três ambientes, sendo galpão fechado ventilado, galpão aberto com lona transparente e ambiente aberto coberto com lona dupla face. Nos primeiros trinta dias, as temperaturas foram aferidas diariamente às 13 horas (horário de verão), sendo avaliado em profundidade (10 cm) dos fardos com auxílio de um termômetro espeto. Para avaliação da temperatura sobre lona e sobre os fardos, utilizou-se um termômetro de infravermelho com mira a laser. Após este período, a temperatura passou a ser avaliada semanalmente no mesmo horário e da mesma forma que fora citado acima.

Para a determinação da composição bromatológica, foram coletadas aproximadamente 300 g de amostra em 3 diferentes períodos (30, 60 e 90 dias), sendo acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa com ventilação forçada de ar sob temperatura de 55°C por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm de crivo, para a determinação dos teores de matéria seca (MS), realizada conforme Silva e Queiroz (2006), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) de acordo com a AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) conforme Van Soest (1994). As amostras provenientes das análises de FDN e FDA permitiram demais análises a partir de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel e detergente ácido (NIDA), expressos em proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), e proteína insolúvel e detergente ácido (PIDA), respectivamente.

Para a determinação da lignina, foi realizada com o uso de ácido sulfúrico a 72%, conforme a metodologia proposta por Van Soest (1994). Os valores de celulose e hemicelulose seguiram as recomendações de Silva e Queiroz (2006), a partir da diferença entre valores de FDN, FDA e lignina.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi obtida pela técnica descrita por Tilley e Terry (1963) adaptada ao rúmen artificial, conforme Holden (1999). As amostras foram

acondiçionadas em saquinhos confeccionados de TNT (tecido não tecido), que posteriormente foram alocadas em jarros com líquido ruminal (obtido via cânula ruminal) e solução tampão. Para a coleta do líquido ruminal foi utilizado bovino da raça Jersey, castrado, com peso médio de 450 kg e munido de cânula ruminal.

As amostras permaneceram incubadas por um período de 48 horas, e após este intervalo foi acrescentada ao fermentador artificial a solução de HCl-Pepsina (1:10.000) na proporção de 6,68 mL/amostra, sendo novamente incubadas por mais 24 horas. Após o término deste período, os saquinhos foram retirados dos jarros contendo o líquido fermentador ruminal, lavados com água destilada até a retirada total de materiais aderentes e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada a 105°C por 24 horas, com posterior pesagem para a determinação do teor da matéria seca.

A digestibilidade *in vitro* foi calculada pela diferença entre a quantidade incubada e o resíduo que restou após o processo de incubação apresentado a seguir.

$$\%DIVMS = 100 - \{[g \text{ MS do alimento residual} - (\text{peso do saquinho} \times \text{branco})] \times 100/g \text{ amostra}\}$$

4.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

Um total de 30 fardos de feno foi utilizado em delineamento experimental inteiramente casualizado e esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 18 tratamentos, cinco repetições e um fardo por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de dois tipos de capim (Vaquero e Tifton) com três tipos de sistema de armazenamento, sendo galpão fechado ventilado, galpão aberto com lona transparente e ambiente aberto coberto com lona dupla face, alocados nas parcelas, e três tempos de armazenamento (30, 60 e 90 dias), que constituíram as subparcelas. Outros dois tratamentos adicionais foram incorporados à análise, sendo representados pelo estágio anterior ao armazenamento, expressos pelo enfardamento de ambos os capins (tempo zero), que também apresentaram cinco repetições, totalizando 20 tratamentos e 100 unidades experimentais.

4.2.2 Variáveis avaliadas

As variáveis avaliadas foram: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEMIC), proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS).

4.2.3 Procedimentos estatísticos

Após a coleta e tabulação dos dados, foram estimadas estatísticas descritivas, por classe de capim, sistema, tempo e suas combinações.

Para as variáveis bromatológicas, inicialmente foi procedido o teste de esfericidade (MAUCHLY, 1940) para verificar se uma população multivariada apresenta variâncias iguais e correlações nulas, ou seja, se a matriz de covariâncias dos erros, denotada por Σ , atende à condição de HUYNH-FELDT (H-F), condição necessária e suficiente para que o teste F da análise de variância usual, no esquema em parcelas subdivididas no tempo, seja válido (XAVIER, 2000). O teste de esfericidade para medidas repetidas foi executado utilizando-se a análise de variância multivariada do procedimento GLM do *Statistical Analysis System* (SAS, 2000), para cada variável avaliada.

Após essa etapa, para as variáveis cujo teste de esfericidade da matriz Σ apresentou significância ($p \leq 0,05$), foi procedida a análise de variância multivariada (MANOVA) para avaliação dos efeitos das fontes de variação intra-indivíduos, as quais foram alocadas nas subparcelas experimentais (tempo e interações entre tempo e capim, tempo e sistema de armazenamento, e interação tripla entre tempo e capim e sistema de armazenamento), por meio do teste de Lambda de Wilks. Os efeitos das fontes de variação entre indivíduos, as quais foram alocadas nas parcelas experimentais (capim, sistema de armazenamento e interação entre capim e sistema de armazenamento) sobre as variáveis foram avaliados na análise de variância univariada (ANOVA).

No entanto, para as variáveis bromatológicas cujo teste de esfericidade da matriz Σ não apresentou significância ($p > 0,05$), foi realizada a ANOVA para medidas repetidas (90

observações), com o intuito de verificar os efeitos de capim, sistema de armazenamento, tempo e interações sobre as variáveis dependentes, por meio do teste F.

O modelo estatístico utilizado na ANOVA foi $Y_{ijkl} = m + C_i + S_j + CS_{ij} + \varepsilon_{ijl} + T_k + TC_{ki} + TS_{kj} + TCS_{kij} + \varepsilon_{ijkl}$, em que, Y_{ijkl} = Observação individual no nível i de capim, j de sistema, no tempo k e na repetição l ; m = efeito da média geral; C_i = efeito de capim, para $i = (1 \text{ e } 2)$; S_j = efeito de sistema de armazenamento, para $j = (1, 2 \text{ e } 3)$; CS_{ij} = efeito de interação entre capim e sistema; ε_{ijl} = erro aleatório da parcela associado à cada observação ijl ; T_k = Efeito de tempo, para $k = (1, 2 \text{ e } 3)$; CT_{ik} = Efeito de interação entre capim e tempo; ST_{jk} = Efeito de interação entre sistema e tempo; CST_{ijk} = Efeito de interação tripla entre capim x sistema x tempo e ε_{ijkl} = erro aleatório da subparcela associado à cada observação $ijkl$, em que ambos os erros são supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.

Constatada a significância para as interações entre capim e sistema, capim e tempo, sistema de armazenamento e tempo, e capim x sistema x tempo na ANOVA ou na MANOVA, as médias das classes de capim e de sistema de armazenamento sobre as diversas variáveis foram comparados por meio do teste F na ANOVA e do teste t, respectivamente.

Os efeitos dos níveis de tempo sobre as diversas variáveis foram estimados por meio de modelos de regressão linear, respeitando-se as interações significativas entre tempo e os demais fatores incluídos no modelo estatístico.

Cinco modelos de regressão linear foram ajustados aos dados das variáveis dependentes, a partir de valores de tempo (0, 30, 60 e 90 dias), de acordo com a significância da fonte de variação na ANOVA, para seleção de modelo preditivo que melhor se ajusta aos valores médios das características. Os modelos de regressão linear ajustados foram representados por:

- Modelo linear de 1º grau: $y_i = b_0 + b_1x_i + \varepsilon_i$
- Modelo hiperbólico: $y_i = b_0 + b_1/x_i + \varepsilon_i$
- Modelo logarítmico: $y_i = b_0 + b_1 \log_{10}(x_i) + \varepsilon_i$
- Modelo linear de 2º grau: $y_i = b_0 + b_1x_i + b_2x_i^2 + \varepsilon_i$
- Modelo raiz quadrada: $y_i = b_0 + b_1x_i + b_2x_i^{0,5} + \varepsilon_i$

O método dos mínimos quadrados ordinários foi utilizado para estimação dos parâmetros dos modelos de regressão. A verificação da significância de cada parâmetro foi avaliada por meio do teste t parcial, em que a hipótese de nulidade testada foi $H_0: \beta_i = 0$. A

aderência dos modelos às médias observadas das características foi avaliada observando-se o valor de coeficiente de determinação (R^2).

O contraste entre médias das características por tipo de enfardamento ($C_1 = mt_1 - mt_2$), ou seja, enfardamento de capim vaquero x enfardamento de capim tifton, foi avaliado por meio do teste F, na ANOVA realizada com 100 observações.

O nível de significância (α) de 0,05 foi adotado em todos os testes de hipóteses. As análises foram efetuadas utilizando-se o *R Development Core Team* (2013).

4.3 Resultados e Discussão

Houve significância ($p < 0,05$) nos testes de esfericidade da matriz Σ para as variáveis PIDN, FDA, PIDA e celulose. Para as demais características bromatológicas, não houve significância ($p > 0,05$) para a esfericidade da matriz Σ , verificado pelo valor de probabilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Testes de esfericidade relacionados às matrizes de covariância (Σ) das características bromatológicas

Característica	GL	Critério de Mauchly	χ^2	p-value
Matéria seca	2	0,9086	2,21	0,3319
Matéria mineral	2	0,9659	0,80	0,6710
FDN	2	0,9878	0,28	0,8689
PIDN	2	0,6503	9,90	0,0071
FDA	2	0,4528	18,2	0,0001
PIDA	2	0,6998	8,21	0,0165
Lignina	2	0,8007	5,11	0,0776
Celulose	2	0,6135	11,2	0,0036
Hemicelulose	2	0,7942	5,30	0,0707
Proteína bruta	2	0,7849	5,57	0,0617
DIVMS	2	0,9743	0,60	0,7409

Para PIDN, FDA, PIDA e celulose, esses resultados sugeriram o não atendimento da condição H-F e a utilização de procedimentos multivariados (MANOVA) para teste dos efeitos intra-indivíduos incluídos na subparcela (tempo e interações tempo x capim, tempo x sistema e tempo x capim x sistema). Para as demais características, foram utilizados procedimentos univariados (ANOVA) para testes intra e entre indivíduos.

Para os efeitos dos fatores alocados nas subparcelas, houve efeito significativo ($p < 0,05$) de interação tripla sobre a PIDN, FDA, PIDA e CEL, de interação dupla entre tempo e sistema sobre a MS, MM, FDN, LIG, HEMIC, DIVMS, PIDN, FDA, PIDA e CEL, de

interação dupla entre tempo e capim sobre a LIG, DIVMS, FDA ($p=0,0518$) e CEL, e do efeito simples de tempo sobre a MS, PB, PIDN, PIDA e CEL.

Para os efeitos dos fatores alocados nas parcelas, observou-se efeito significativo ($p<0,05$) de interação dupla entre capim e sistema sobre a MS, PIDN, FDA e CEL. O efeito simples de capim foi significativo ($p<0,05$) sobre a MS, PB, MM, FDN, PIDN, FDA, PIDA, LIG, CEL, HEMIC, PB e DIVMS. O efeito simples de sistema foi significativo ($p<0,05$) sobre a MS, MM, FDN, PIDN, FDA, PIDA, CEL e HEMIC.

No desdobramento da interação tripla (Tabela 2), pode-se constatar que os capins Vaquero e Tifton não apresentaram diferenças significativas ($p> 0,05$) para a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) aos 30 dias de armazenamento para o sistema galpão. Porém, para o sistema de lona transparente, foi observado efeito significativo ($p<0,05$) para Tifton 85, que apresentou menores médias. O mesmo ocorreu para o sistema dupla face nos teores de PIDN aos 30 dias para Tifton 85.

Quando observados os sistemas, o galpão obteve menores médias aos 30 dias. Aos 60 dias de armazenamento, as menores medias observadas para os teores de PIDN foram em sistema dupla face para os dois capins (Vaquero e Tifton 85), apontando uma queda expressiva. Ao avaliarem feno de Tifton 85 no momento do corte, enfardamento e após 30 dias de armazenamento em galpão fechado, Castagnara et al. (2011) constataram diferenças para PIDN entre o momento de corte e os demais tempos.

Os teores de PIDN aos 60 dias de armazenamento foram menores, quando comparados a etapa de enfardamento e aos 90 dias de armazenamento para o capim Vaquero e Tifton 85. Estes resultados contradizem as afirmações de Wunsch et al. (2007), que verificaram aumentos da PIDN a cada mês, durante 4 meses, após a produção do feno.

Observa-se que os teores de FDA aos 30 dias no sistema galpão obtiveram a menor média para o capim Vaquero. Quando observados aos 60 dias, ambos os capins tiveram os menores valores, sendo 27,4% para Vaquero em lona transparente e 30,6% para Tifton 85 sob sistema dupla face.

Para o tempo 90 dias de armazenamento, as médias de FDA do capim Vaquero em sistema lona transparente diferiram do sistema galpão e dupla face. Ao serem avaliados os sistemas, o galpão diferiu ($p<0,05$) dos demais, com teores de FDA menores para os dois capins, sendo Tifton 85 com 28% e Vaquero com 29,2%.

Estes valores são inferiores aos encontrados por Scheffer-Basso et al. (2008), que obtiveram em Tifton 85 valores de FDA variando de 43,5 a 41,5% para avaliações realizadas

em janeiro e fevereiro e Reis et al. (2003), que obtiveram 41,8% de FDA para capim Coast-cross no início do florescimento.

O teor de fibra é utilizado como índice negativo da qualidade da dieta, pois esse representa a fração menos digestível dos alimentos, contudo a fibra é requerida para o funcionamento e o metabolismo normal do rúmen. As variações nos valores do FDA entre os períodos de armazenamento podem estar associadas às alterações dos componentes fibrosos e se devem às perdas de matéria seca, que naturalmente e ocorrem com o armazenamento de feno (BUCKMASTER et al., 1989). Portanto, as médias observadas para os teores de FDA nos capins Tifton 85 e Vaquero do presente estudo sugerem bom valor nutricional para as dietas dos animais.

Para proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), houve efeito significativo ($p < 0,05$) para Tifton 85 nos três sistemas aos 30 dias de armazenamento, galpão, lona transparente e dupla face e 60 dias com os menores teores.

Aos 60 dias, o Tifton 85 do mesmo modo obteve o menor valor, sendo 2,56% em sistema galpão. Aos 90 dias, os teores de PIDA em sistema lona transparente e dupla face diferiram ($p < 0,05$) do sistema galpão, com menores médias encontradas novamente para o Tifton 85, sendo 4,08% e 4,49 % respectivamente. Quando avaliado o sistema, o menor valor de PIDA encontrado foi 4,25% para o capim Vaquero galpão.

A proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) está indisponível para o animal, sendo portanto indesejável que seus valores se elevem durante o armazenamento. Neres et al. (2011) ao avaliarem o capim Tifton 85 observaram que no momento do corte os teores de PIDA foram maiores do que no momento do enfardamento e após 30 dias de armazenamento em galpão fechado.

Neste estudo, as médias para PIDA tiveram variação entre tempos e sistemas, porém foram semelhantes aos observados por Ribeiro e Pereira (2010) que encontraram para o capim tifton 85 valores de PIDA variando de 5,75 a 6,44% aos 28 e 56 dias, na devida ordem.

Observa-se que a média de celulose do feno de capim Vaquero em galpão foi de 23,84%, e para o sistema lona transparente foi de 23,31%, sendo que as menores médias foram obtidas no tempo 30 e 60 dias. Quando avaliado entre sistemas, aos 90 dias, o galpão mostrou teores menores, sendo 23,44% para Vaquero e 26,50 % para Tifton 85.

Neres et al. (2012) encontraram para o tifton 85 em 3 tempos de corte teores de celulose entre 30,81 e 40,92%, porém estes se mantiveram dentro da faixa descrita por Van Soest (1994), que descreve que os teores de celulose variam de 20 a 40%. Desta forma, as médias obtidas neste trabalho estão dentro dos valores descritos pelo autor acima citado.

Tabela 2. Valores Médios de composição bromatológica (%) de capim Vaquero e Tifton 85, referente a cada combinação entre sistema vs tempo de armazenamento⁽¹⁾

Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN)				
Capim	Tempo (dias)	Sistema		
		Galpão	Lona transparente	Dupla face
Vaquero	30	7,16 ^{aB}	8,82 ^{aA}	9,54 ^{aA}
Tifton		7,33 ^{aA}	7,59 ^{bA}	7,87 ^{bA}
Vaquero	60	7,73 ^{aB}	10,33 ^{aA}	5,00 ^{aC}
Tifton		7,79 ^{aA}	7,01 ^{bAB}	6,00 ^{aB}
Vaquero	90	7,65 ^{aC}	9,18 ^{bB}	10,94 ^{aA}
Tifton		8,71 ^{aA}	7,80 ^{bA}	8,87 ^{bA}
Fibra em detergente ácido (FDA)				
Capim	Tempo (dias)	Sistema		
		Galpão	Lona transparente	Dupla face
Vaquero	30	29,2 ^{bB}	30,5 ^{aAB}	32,0 ^{aA}
Tifton		32,1 ^{aA}	32,2 ^{aA}	33,5 ^{aA}
Vaquero	60	32,0 ^{aA}	27,4 ^{bB}	30,6 ^{bA}
Tifton		30,3 ^{aB}	34,7 ^{aA}	34,4 ^{aA}
Vaquero	90	28,0 ^{aC}	30,7 ^{bB}	36,3 ^{aA}
Tifton		29,2 ^{aC}	33,0 ^{aB}	36,4 ^{aA}
Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA)				
Capim	Tempo (dias)	Sistema		
		Galpão	Lona transparente	Dupla face
Vaquero	30	4,50 ^{aA}	5,64 ^{aA}	5,59 ^{aA}
Tifton		3,23 ^{bA}	3,77 ^{bA}	4,03 ^{bA}
Vaquero	60	5,60 ^{aA}	3,57 ^{aB}	4,60 ^{aAB}
Tifton		2,56 ^{bB}	4,20 ^{aA}	4,56 ^{aA}
Vaquero	90	4,25 ^{aC}	6,08 ^{aB}	7,73 ^{aA}
Tifton		3,57 ^{aA}	4,08 ^{bA}	4,49 ^{bA}
Celulose (CEL)				
Capim	Tempo (dias)	Sistema		
		Galpão	Lona transparente	Dupla face
Vaquero	30	23,84 ^{bB}	25,55 ^{bB}	27,76 ^{bA}
Tifton		29,42 ^{aA}	29,56 ^{aA}	30,83 ^{aA}
Vaquero	60	27,52 ^{aA}	23,31 ^{bB}	25,93 ^{bA}
Tifton		27,28 ^{aB}	31,39 ^{aA}	30,71 ^{aA}
Vaquero	90	23,44 ^{bC}	28,55 ^{bB}	32,95 ^{aA}
Tifton		26,50 ^{aC}	30,80 ^{aB}	33,03 ^{aA}

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na coluna, e por letras maiúsculas diferentes, na linha, diferem entre si, pelos testes F e t, respectivamente, ao nível de 5 % de probabilidade; CV_{PIDN}: 11,7%; CV_{FDA}: 5,51%; CV_{PIDA}: 18,3% ; CV_{CEL}:5,52%.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) de interação tripla sobre a PIDN (Figura 1), em função do tempo de armazenamento e sistemas para os fenos de capim Vaquero e Tifton 85 avaliados. Para o capim Vaquero no sistema galpão, o que melhor se ajustou foi modelo logarítmico, sendo que a partir do enfardamento até 30 dias de armazenamento houve um aumento de 1,94% nos teores de PIDN. Após este período houve acréscimo discreto (0,041% ao dia) até os 90 dias.

Verificou-se comportamento quadrático para os teores de PIDN no sistema lona transparente para o capim Vaquero, estimando-se ponto de máxima de 10,13% aos 60,35 dias de armazenamento. Para o sistema dupla face do capim Vaquero, houve uma melhor qualidade de ajuste a função logarítmica, ocorrendo acréscimo estimado nos teores de PIDN de (5,72 %) a partir do enfardamento até 90 dias armazenamento Este valor corresponde ao aumento de 0,06% ao dia nos teores de PIDN.

Para o capim Tifton 85, somente o sistema galpão obteve comportamento linear crescente nos teores de PIDN de 1,67% a partir do enfardamento até o final do período experimental. Para os valores de PIDN nos sistemas lona transparente e dupla face, ambos para o capim Tifton 85, a equação não foi significativa.

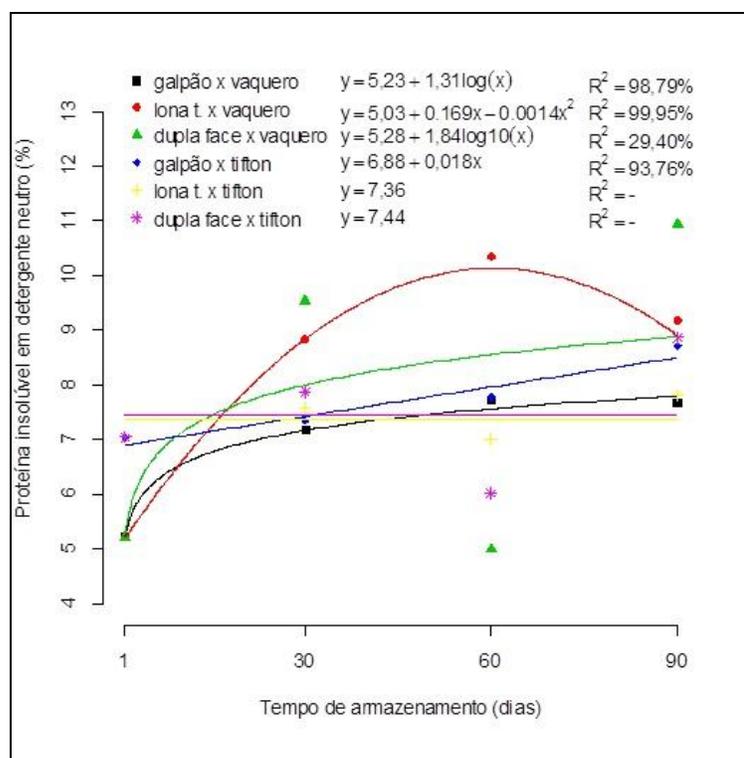


Figura 1. Equações de regressão de valores médios de proteína insolúvel em detergente neutro em função de tempo de armazenamento, de acordo com as combinações entre classes de capim e de sistema. . CV_{PIDN} : 11,7%.

Em relação aos teores de FDA (Figura 2), para o capim Vaquero o sistema galpão apresentou efeito quadrático ($p < 0,05$) nos tempos de armazenamento com pontos de máxima de 31,05% aos 50,52 dias.

Para o sistema lona transparente, a função linear hiperbólica foi a que mostrou o melhor ajuste, sendo verificado que houve discreto aumento no período inicial de armazenamento e manteve-se estável no decorrer do período até 90 dias.

O teor de FDA para o sistema dupla face apresentou resposta linear positiva ($P < 0,05$) em função do tempo de armazenamento. O inverso ocorreu com o capim tifton 85 armazenado em galpão apresentando comportamento linear decrescente, de 3,00% nos teores de FDA no decorrer do período armazenamento. Para o sistema lona transparente, não houve interação ($P < 0,05$) para o Tifton 85. Porém, para o sistema dupla face ocorreu efeito linear crescente a partir do enfardamento até o final do período de armazenamento de 1,2% para os teores de FDA.

Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) aumentam com a maturidade da planta, provavelmente, devido ao aumento da lignificação e à queda na relação lâmina/colmo, além do aumento na proporção de constituintes da parede celular (VAN SOEST, 1994). Este comportamento foi observado por Mufatto (2013), que no momento do enfardamento encontrou 41,61% e 39,93 % após 30 dias de armazenamento.

Portanto, a idade em que as forrageiras foram cortadas para o enfardamento pode explicar as variações dos teores de FDA do presente estudo, sendo que o Vaquero e o capim Tifton 85 foram enfardados com 49 e 50 dias, respectivamente.

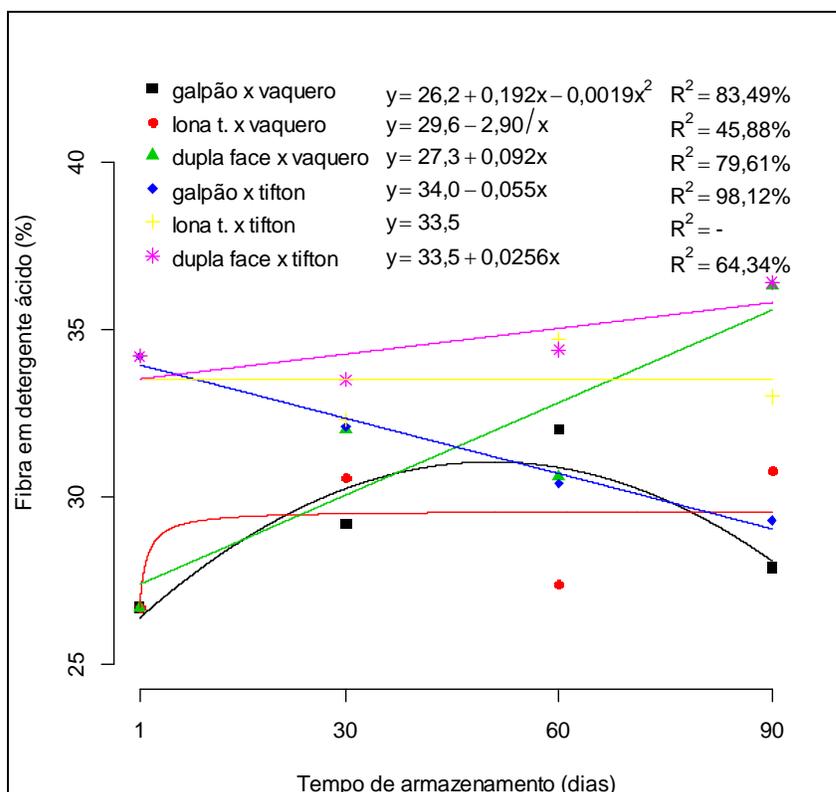


Figura 2. Equações de regressão de valores médios de fibra em detergente ácido (FDA) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as combinações entre classes de capim e de sistema. CV_{FDA} : 5,51%.

Para os teores de PIDA (figura 3) no sistema galpão observou-se efeito quadrático com pontos de máxima ($P < 0,05$) de 5,17% aos 53 dias de armazenamento, porém o inverso ocorreu com o capim Tifton 85 no mesmo sistema sendo observado efeito quadrático ($P < 0,05$) com pontos de mínima de 2,78% aos 51 dias após o armazenamento.

Em relação ao capim Vaquero, houve efeito linear crescente para ambos os sistemas, sendo lona transparente e dupla face, contudo o sistema dupla face teve aumento mais expressivo a partir do armazenamento até os 90 dias. Não houve interação ($P < 0,05$) para o capim Tifton 85 em sistema lona transparente e dupla face.

A proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) é pouco degradada dependendo de suas ligações com a lignina, o que faz com que a proteína seja indisponível para o animal (FREITAS, 2011). Portanto, quanto maior a porcentagem de PIDA em um alimento, menor ou mais lenta é a degradação da proteína. Assim sendo, o elevado teor de PIDA não é desejável, pois o nitrogênio retido na fibra em detergente ácido não é aproveitado pelos microrganismos ruminais (VAN SOEST, 1991). A fração proteica não degradável no rúmen

não é corretamente predita a partir da PIDA e por isso sugerem que não seja adotada como um estimador da fração proteica não degradável (CLIPES et al., 2010).

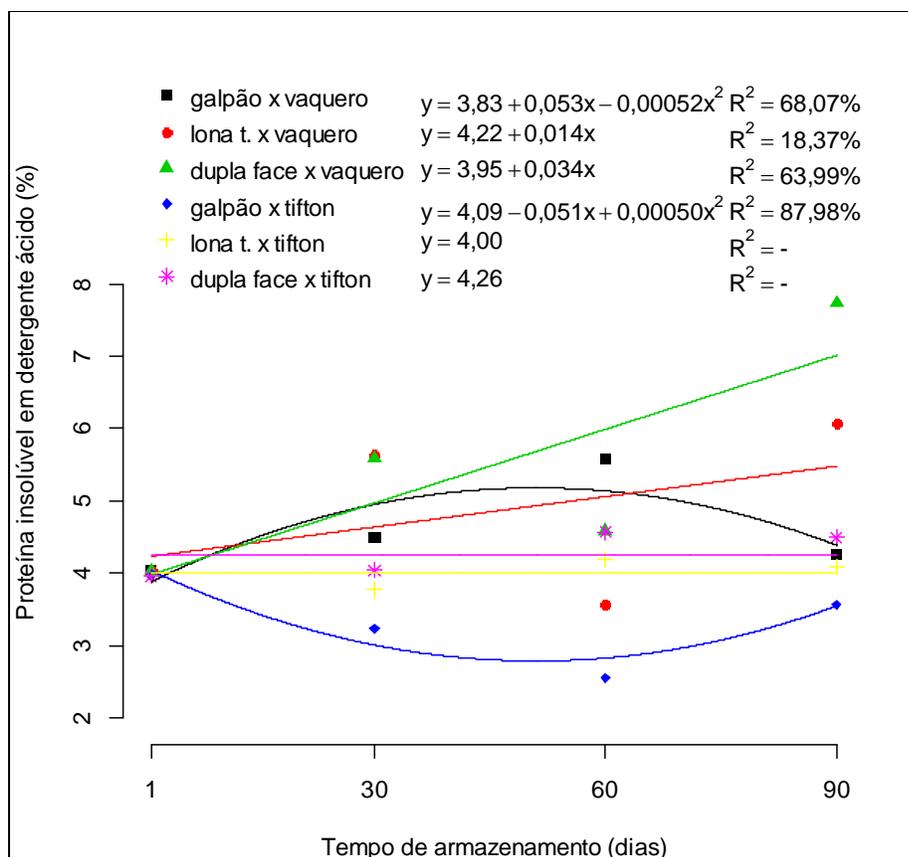


Figura 3. Equações de regressão de valores médios de nitrogênio insolúvel em detergente ácido em função de tempo de armazenamento, de acordo com as combinações entre classes de capim e de sistema. CV_{PIDA} : 18,3%

Observou-se efeito quadrático para os teores de celulose (Figura 4) em sistema galpão para o capim Vaquero, sendo que o ponto de máxima foi de 26,41% aos 55 dias após o armazenamento. Verificou-se efeito linear crescente para galpão e dupla face Vaquero; o mesmo ocorreu com dupla face Tifton 85.

Porém, para os teores de celulose do Tifton 85 armazenado em galpão, ocorreu o inverso, apresentando efeito linear decrescente que corresponde a 4,0% para os teores de celulose partindo do enfardamento até o final do tempo de armazenamento de 90 dias.

O capim Vaquero apresentou médias nos teores de celulose um pouco mais expressivos para os três sistemas em função do tempo quando comparado ao capim Tifton 85 a partir do enfardamento até o final do período de armazenamento (figura 4). Entretanto,

como o capim Vaquero foi recentemente introduzido no Brasil, mais estudos são necessários para a comprovação dos resultados obtidos neste estudo.

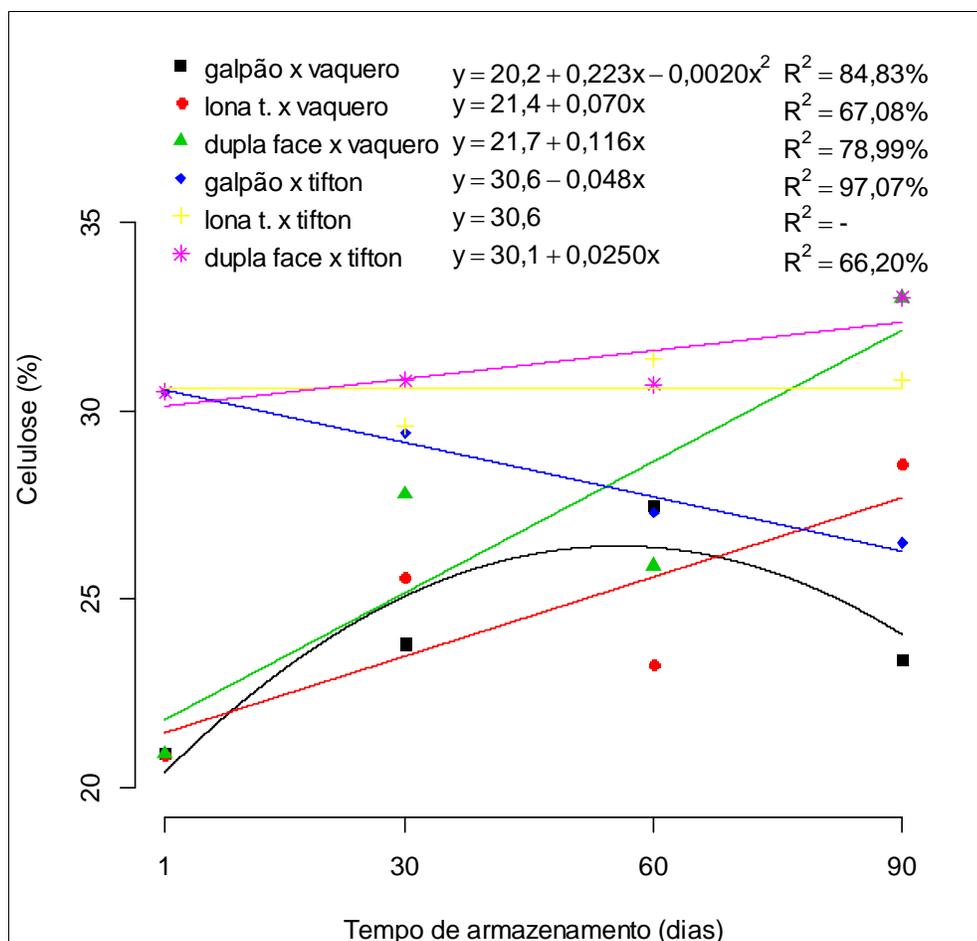


Figura 4. Equações de regressão de valores médios de celulose em função de tempo de armazenamento, de acordo com as combinações entre classes de capim e de sistema. ; CV_{CEL}: 5,52.

No desdobramento da interação dupla entre sistema x tempo (Tabela 3), observou-se que os valores de matéria seca apresentaram significância ($p < 0,05$), destacando-se o sistema dupla face que obteve os menores valores para os três períodos avaliados, sendo que o sistema lona transparente obteve os menores teores aos 60 dias de armazenamento.

Os menores teores de matéria seca observados nesta pesquisa no sistema dupla face podem ter ocorrido devido a alterações nas condições climáticas durante o período de armazenamento devido à exposição dos fardos no tempo sob lona. De acordo com Cândido et al. (2013), a maior parte da perda de matéria seca ocorre na camada externa dos fardos, 10-20 cm, onde o feno é exposto aos efeitos do meio ambiente, ou seja, chuvas, sereno e umidade do

solo. Com o uso de plástico ocorre a condensação da umidade na superfície da lona, reduzindo-se também as perdas de matéria seca.

Os teores de MM diferiram ($P>0,05$) aos 90 dias de armazenamento, sendo observada maior média para o sistema dupla face.

Os valores observados para matéria mineral estão próximos aos relatados na literatura por Mendes Neto (2007), que encontrou valores entre 6,92 a 8,56% para matéria mineral e com os valores observados por Taffarel et al. (2011), que relataram valores de 6,78 a 8,08% de matéria mineral para capim Tifton 85, desde o corte até 30 dias de armazenamento do feno.

Com relação aos valores de fibra em detergente neutro (FDN), aos 30 dias de armazenamento não houve efeito ($P>0,05$) para os três sistemas avaliados. Aos 60 e 90 dias de armazenamento, o sistema dupla face ($P<0,05$) obteve teores mais elevados de fibra em detergente neutro (FDN) 69,8% e 71,4%, respectivamente. Os teores de FDN observados neste trabalho correspondem à classificação B conforme tabela da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Ao avaliar o capim Tifton 85 com idade de rebrota de 28 dias, Taffarel et al. (2014) obtiveram teores mais elevados de FDN (76,57%), sendo que Schefer-Basso et al. (2008) obtiveram 73,6% de FDN para capim Tifton 85 no verão.

O elevado conteúdo de parede celular das gramíneas tropicais está associado a aspectos de natureza anatômica das espécies em razão da alta proporção de tecido vascular característicos das plantas C4 (VAN SOEST, 1994). Comprovando a pesquisa de Reis et al. (2003), que observou que as espécies do gênero *Cynodon* apresentam alta concentração de FDN, mesmo quando colhidas no estágio vegetativo.

Com relação aos teores de lignina, houve efeito significativo ($P>0,05$) aos 30 dias para sistema dupla face, no entanto a menor média observada foi em sistema de lona transparente aos 90 dias.

Neste estudo, os teores de lignina apresentaram os menores resultados 2,81% obtidos em sistema lona transparente e maiores para e dupla face 4,22%, diferindo dos valores constatado por Oliveira et al. (2014), que encontraram teores médios para a lignina de 7,5% para o Tifton 8,5%, 8,3% em Jiggs e 8,9% referente ao capim Vaquero.

Entretanto, o teor de lignina parece estar relacionado com o estágio de maturidade da planta e não com os efeitos do tempo de armazenamento. O capim Tifton 85 e Vaquero ao serem cortados para fenação estavam com aproximadamente 50 dias de rebrota, porém os teores de lignina observados são inferiores aos relatados na literatura, o que evidencia que

apesar do capim estar envelhecido, apresenta características nutricionais adequadas para obtenção de fenos de qualidade.

Ao avaliar os teores de hemicelulose, verificou-se significância ($P < 0,05$), sendo que aos 30 dias de armazenamento o sistema galpão diferiu de lona transparente e dupla face. Aos 60 dias, o mesmo sistema também mostrou diferença, porém com menores teores para hemicelulose. Para 90 dias de armazenamento, houve diferença ($P > 0,05$) para lona transparente, com a menor média do período experimental 33,9%.

As médias verificadas neste estudo são superiores quando comparadas aos valores encontrados por Paciullo et al. (2001), que observaram 31,8% para hemicelulose referente ao colmo de Tifton 85 aos 20 dias de rebrota.

Com o desenvolvimento da planta, a celulose e a hemicelulose da parede celular se associam à lignina, fazendo com que as enzimas digestivas percam a capacidade de digerir as fibras (NORTON, 1982).

No que se refere aos teores de DIVMS, estes foram significativos ($P < 0,05$) para 30 dias de armazenamento, sendo que o sistema galpão diferiu do sistema dupla face. Aos 60 dias, os maiores valores foram para o sistema galpão e lona transparente. Aos 90 dias, a DIVMS apresentou superioridade em sistema dupla face, sendo de 71,6%.

Os resultados de DIVMS observados neste estudo são inferiores aos encontrados por Ströher (2015) em pesquisa realizada com capim Tifton 85 e Vaquero em áreas de produção de feno, sendo que a autora verificou teores de DIVMS de 82,89% para o capim Tifton 85, e 75,65 % para o capim Vaquero.

Porém, do ponto de vista de nutrição animal, Cedeño et al. (2003) citam que valores acima de 65% para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca são indicativos de um bom valor nutritivo, o que permite adequado consumo de energia digestível, pois à medida que a idade fisiológica da planta avança, as porcentagens de celulose, hemicelulose e lignina tendem a aumentar e reduzir a digestibilidade.

Deste modo, o resultado no presente trabalho mostra valores que são indicativos de ótimo valor nutricional, sendo que para os períodos e sistemas observados as médias foram superiores às sugeridas pelo autor acima citado.

Tabela 3. Médias de composição bromatológica (%) referente ao efeito de sistema em cada tempo de armazenamento, independente de capim ⁽¹⁾

Matéria seca			
Tempo (dias)	Sistema		
	Galpão	Lona transparente	Dupla face
30	86,2 ^A	86,4 ^A	82,0 ^B
60	86,4 ^A	85,2 ^B	78,8 ^C
90	87,3 ^A	87,6 ^A	81,6 ^B
Matéria mineral			
Tempo (dias)	Sistema		
	Galpão	Lona transparente	Dupla face
30	8,68 ^A	8,77 ^A	8,48 ^A
60	8,87 ^A	9,10 ^A	8,96 ^A
90	8,62 ^B	8,84 ^B	9,46 ^A
Fibra em detergente neutro			
Tempo (dias)	Sistema		
	Galpão	Lona transparente	Dupla face
30	67,3 ^A	66,8 ^A	67,3 ^A
60	65,9 ^B	67,8 ^{AB}	69,8 ^A
90	67,2 ^B	65,8 ^B	71,4 ^A
Lignina			
Tempo (dias)	Sistema		
	Galpão	Lona transparente	Dupla face
30	4,01 ^A	4,14 ^A	3,47 ^B
60	3,79 ^A	3,70 ^A	4,22 ^A
90	3,65 ^A	2,81 ^B	3,35 ^A
Hemicelulose			
Tempo (dias)	Sistema		
	Galpão	Lona transparente	Dupla face
30	37,2 ^A	34,8 ^B	34,5 ^B
60	34,7 ^B	36,8 ^A	37,7 ^A
90	38,6 ^A	33,9 ^B	36,8 ^A
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca			
Tempo (dias)	Sistema		
	Galpão	Lona transparente	Dupla face
30	69,5 ^B	70,5 ^{AB}	71,6 ^A
60	70,0 ^A	70,3 ^A	67,2 ^B
90	70,0 ^A	69,2 ^{AB}	68,3 ^B

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na linha, diferem entre si, pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade. CV_{MS} 1,54%; CV_{MM} 3,91%; CV_{FDN} 3,41%; CV_{PIDN} 11,7%; CV_{Hemic} 6,16% CV_{DIVMS} 2,01%.

Para as equações de regressão de valores médios da matéria seca (MS) em função de tempo de armazenamento e sistemas, independentemente do capim (Figura 5), houve efeito quadrático ($P < 0,05$) para o sistema de armazenamento dupla face, estimando-se o ponto de mínima de 79,72% nos teores de MS aos 58,21 dias de armazenamento.

O feno pode absorver e perder água para o ambiente, sendo então seus teores de MS influenciados pelas condições de umidade relativa do ar (RAYMOND et al., 1978). Este fato pode explicar o declínio nos teores de MS no sistema dupla face, sendo que durante o período de armazenamento e próximos ao dia de coleta ocorreram precipitações pluviométricas.

Pereira et al. (2007) observaram reduções no teores de MS ao longo do período de fermentação de silagem de capim elefante. Para o sistema lona transparente e galpão, houve efeito linear crescente ($P < 0,05$) nos teores de matéria seca (MS) para ambos os sistemas.

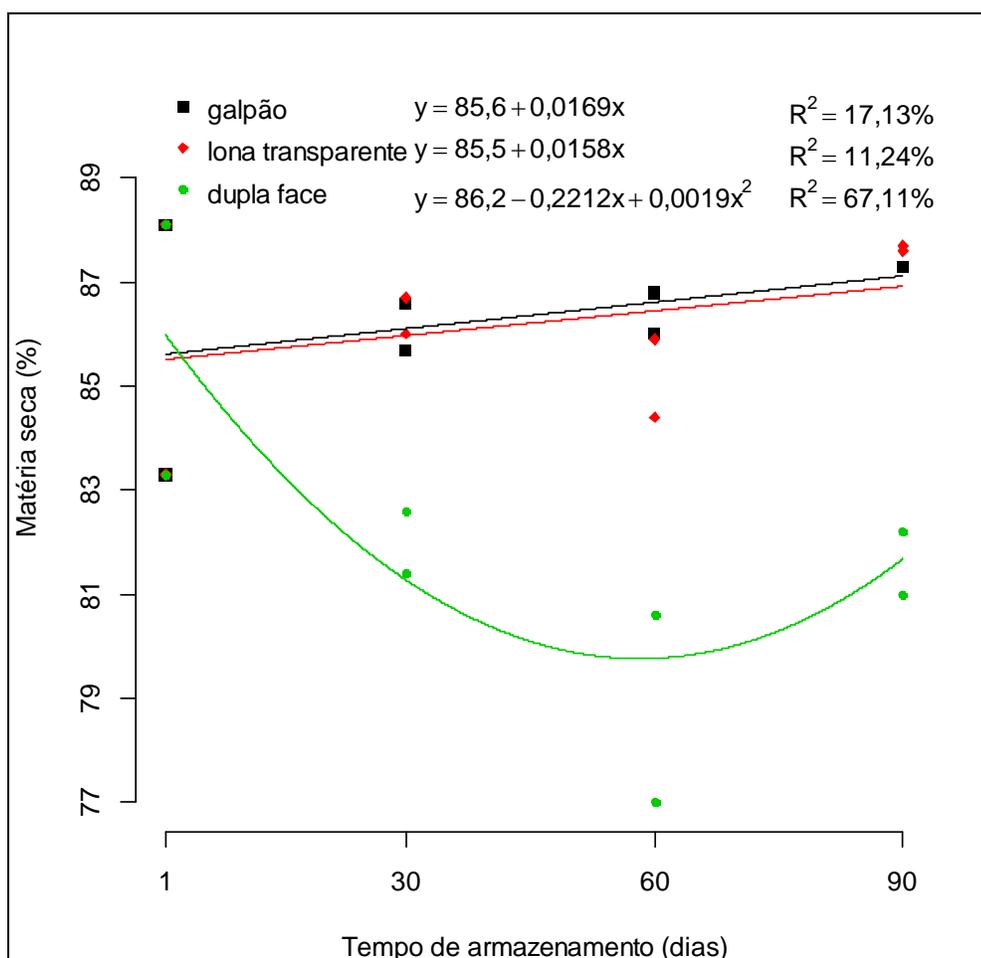


Figura 5. Equações de regressão de valores médios da matéria seca em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim. $CV_{MS} 1,54$

Para os teores de matéria mineral (figura 6) em sistema galpão, a equação não foi significativa ($P>0,05$). Quando avaliado o sistema lona transparente, a função logarítmica obteve melhor qualidade no ajuste, com discreta elevação a partir do enfardamento (hora 0) até os 90 dias de armazenamento. Em sistema de lona transparente, observou-se efeito linear crescente ($P<0,05$).

Embora os elementos minerais não forneçam energia para os animais, desequilíbrio nas forrageiras em qualquer elemento considerado essencial para os animais pode limitar a digestão, absorção e utilização dos componentes da dieta, bem como sob algumas circunstâncias poderá provocar toxidez para os animais (NORTON, 2006).

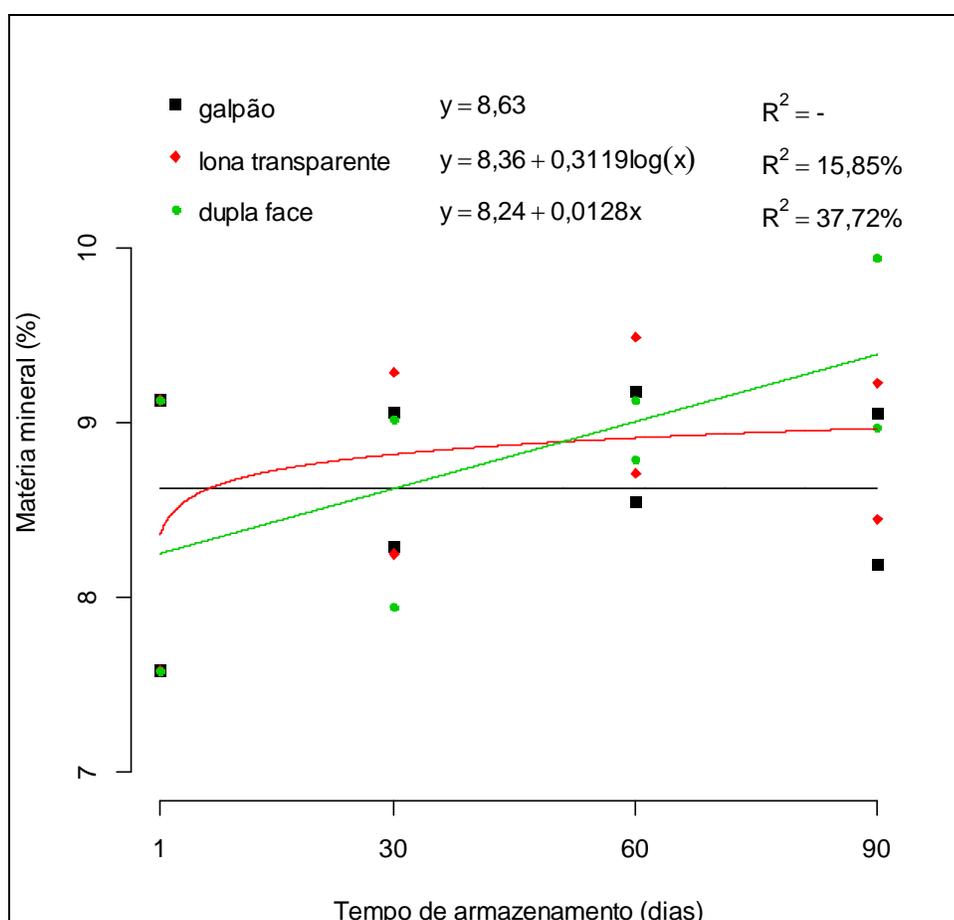


Figura 6. Equações de regressão de valores médios de matéria mineral (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim; CV_{MM} : 3,91%.

Efeito quadrático ($P<0,05$) foi verificado nos teores de FDN, (Figura 7), estimando-se o ponto de ponto de mínima com médias de 65,65% aos 61,31 dias de armazenamento.

A função linear hiperbólica descreve um rápido declínio nos teores de FDN no sistema dupla face até próximo dos 30 dias armazenamento após este período seguiu uma curvatura menos acentuada até o final do período avaliado. Poucos relatos são encontrados na literatura científica com ajuste hiperbólico na predição do FDN. Para o sistema dupla face, houve melhor aderência do modelo raiz quadrada, que teve seu ponto de mínima aos 29,49 dias de armazenamento nos teores de FDN.

A quantificação desse componente nutricional da forragem é de fundamental importância, pois altos valores de FDN estão associados ao baixo consumo do volumoso, podendo afetar o consumo e a digestibilidade pelos animais.

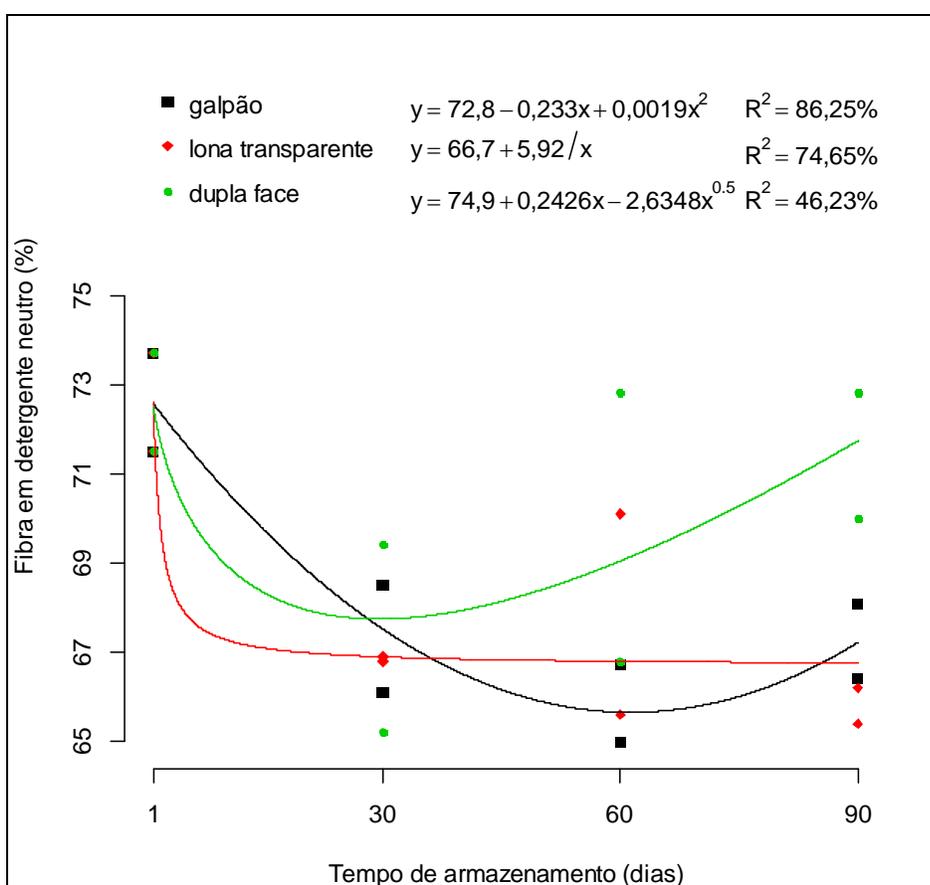


Figura 7. Equações de regressão de valores médios de fibra em detergente neutro (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim. CV_{FDN} : 3,41%.

Com relação aos teores de lignina (Figura 8), para o sistema galpão a função logarítmica teve bom ajustamento das equações aos dados experimentais, apresentando declínio mais expressivo até próximo aos 30 dias; após este período manteve constante até 90 dias de armazenamento. Para o sistema lona transparente, foi observado efeito linear

decrecente, a partir do armazenamento (Tempo 0) e manteve-se em declínio ao longo do período de armazenamento.

No entanto, para o sistema dupla face teve melhor aderência a função hiperbólica com curvatura decrescente mais acentuada no período de enfardamento (tempo 0), sendo que no decorrer do período manteve-se constante.

Os decréscimos nos teores de lignina neste estudo permitem considerar que os sistemas e os períodos de armazenamento dos fenos são ótimas estratégicas de reservas de forragens para os períodos de escassez. Estudos adicionais são necessários para avaliar mais criteriosamente as perdas durante os processos de fenação e armazenamento, e o desempenho deste em ruminantes.

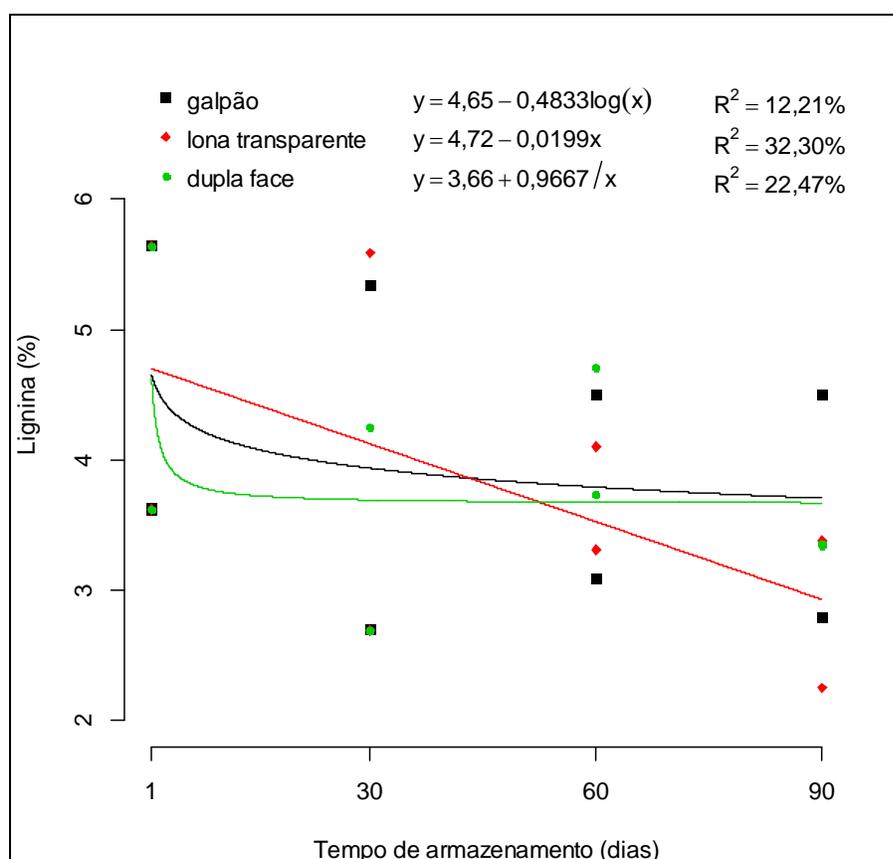


Figura 8. Equações de regressão de valores médios de lignina (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim. CV_{LIG} : 14,9%.

Com relação à hemicelulose (Figura 9), houve efeito quadrático ($P < 0,05$) nas condições de galpão, estimando-se o ponto de mínima com médias de 34,96% após 55,23 dias de armazenamento.

Para os sistemas lona transparente e dupla face, as funções que mais se ajustaram para estimar as médias de hemicelulose nos diferentes sistemas foram hiperbólica e raiz quadrada respectivamente, obtendo decréscimo expressivo até aproximadamente 30 dias. Porém o sistema dupla face apresentou discreto acréscimo após este período até 90 dias de armazenamento.

Ao avaliar uso de condicionadores em fenos de capim Tifton 85, Castagnara (2011) também encontrou tendências de diminuição nos teores de hemicelulose após períodos de armazenamento.

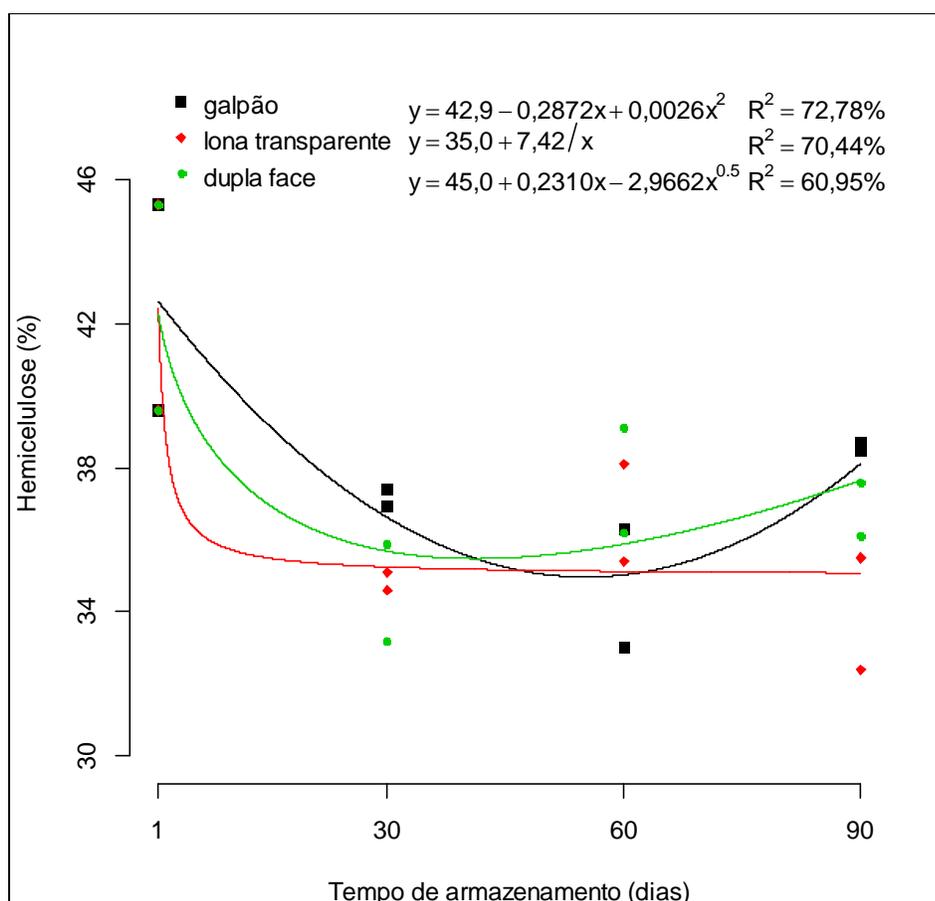


Figura 9. Equações de regressão de valores médios de hemicelulose (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim; CV_{Hemc} : 6,16%.

Os teores de DIVMS (Figura10) variaram entre o enfardamento e 90 dias de armazenamento, sendo que para o sistema galpão houve ajuste para a função logarítmica com discretos acréscimos ($P < 0,05$) no período avaliado.

A função linear raiz quadrada para os sistemas lona transparente e dupla face estimaram aumento da variável DIVMS até aproximadamente 30 dias, ocorrendo decréscimo após este período, sendo mais expressivo para o sistema dupla face.

Com base nas avaliações para DIVMS, observaram-se pequenas variações entre período e os sistemas avaliados.

Taffarel et al. (2014), ao avaliarem (DIVMS) do feno de Tifton 85, observaram variação de digestibilidade *in vitro* na matéria seca (DIVMS) entre etapas de fenação na primeira colheita e secagem na sombra no período de 6 dias, em que ocorreu uma redução de 32,72% entre a etapa de corte ao armazenamento. Na 2ª colheita, na secagem ao sol durante 2 dias, não houve significância à variação da DIVMS entre as etapas de corte, enfardamento e armazenamento.

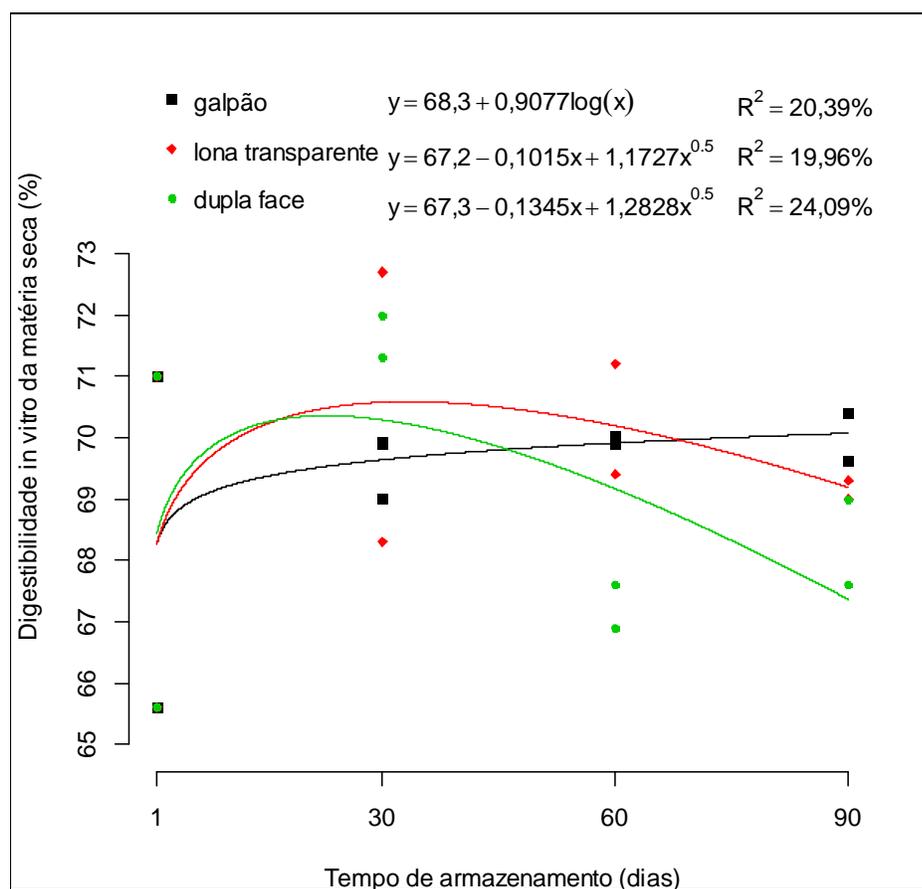


Figura 10. Equações de regressão de valores médios de digestibilidade *in vitro* da matéria seca em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de sistema, independente de capim. CV_{DIVMS} 2,01%.

No desdobramento da interação dupla entre capim e tempo (Tabela 4), observou-se significância ($P < 0,05$) para os três períodos avaliados, sendo que o capim Vaquero apresentou teores de lignina mais elevados em comparação ao Tifton85.

Os resultados encontrados por Oliveira et al. (2014) corroboram o presente estudo, onde foram observados teores médios de lignina para o capim Vaquero superiores quando comparados ao Tifton 85 e Jiggs.

Entretanto, resultados opostos foram encontrados por Stroher (2015) ao avaliar o capim Tifton 85 e Vaquero em diferentes idades de corte, sendo que o capim Tifton 85 apresentou maiores teores de lignina em relação ao capim Vaquero, porém ambas as forragens apresentaram um aumento no teor de lignina a partir dos 15 dias de rebrota.

Avaliando o comportamento da DIVMS dos capins Tifton 85 e Vaquero, observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre os genótipos, sendo que o capim Vaquero obteve a menor média aos 30 dias de armazenamento. Aos 60 e 90 dias não houve significância, o mesmo ocorrendo com o capim Tifton 85 que em todos os períodos avaliados não diferiu ($P > 0,05$).

A idade fisiológica em que as plantas são colhidas e as condições de ambiente às quais estão submetidas podem influenciar seu valor nutricional. À medida que a idade fisiológica da planta avança, aumentam as porcentagens de celulose, hemicelulose e lignina, reduzindo a proporção dos nutrientes potencialmente digestíveis (carboidratos solúveis, proteínas, minerais e vitaminas), que representam uma queda acentuada na digestibilidade (VALENTE et al., 2011).

Tabela 4. Médias de composição bromatológica (%) referente ao efeito de capim em cada tempo de armazenamento, independente de sistema⁽¹⁾

Lignina		
Tempo (dias)	Capim	
	Vaquero	Tifton
30	5,06 ^A	2,69 ^B
60	4,44 ^A	3,37 ^B
90	3,74 ^A	2,80 ^B
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca		
Tempo (dias)	Capim	
	Vaquero	Tifton
30	69,5 ^B	71,6 ^A
60	68,8 ^A	69,6 ^A
90	69,3 ^A	69,0 ^A

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na linha, diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade. CV_{lig}:14,9%; CV_{DIVMS} 2,01%.

Para as equações de regressão de valores médios de lignina (Figura 11), a função linear hiperbólica negativa foi a que apresentou a melhor adequação para o capim Vaquero, seguindo uma curvatura acentuada antes dos 30 dias de armazenamento, mantendo-se constante até o final do experimento.

Em relação ao capim Tifton 85, ocorreu uma redução de forma linear seguindo com decréscimo até 90 dias de armazenamento.

A estrutura da lignina ainda não é completamente conhecida, mas sua presença é fundamental para a rigidez das células e tecidos e na resistência a estresses bióticos e abióticos (TAIZ & ZEIGER, 2009). No entanto, a proporção deste biopolímero faz parte da fração indigestível das plantas utilizadas para alimentação animal (MINSON, 1990), portanto as reduções nos teores de lignina das plantas representam um ganho na qualidade das forrageiras.

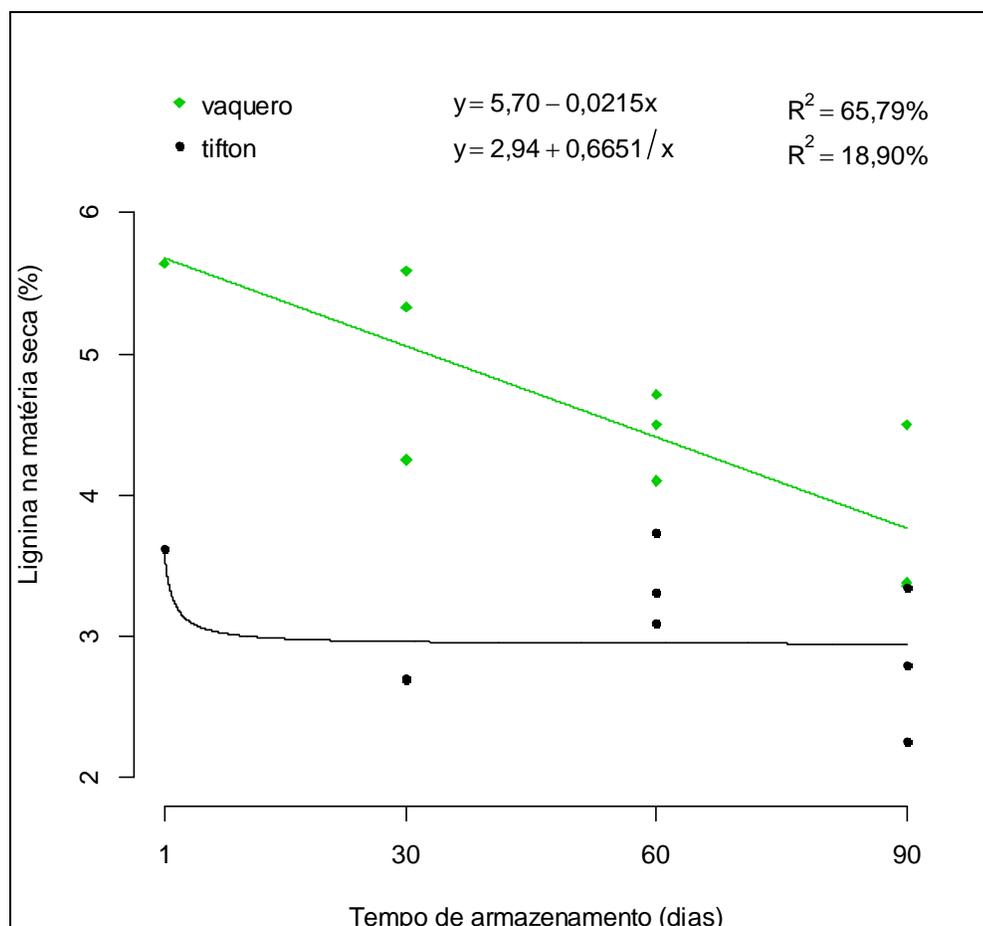


Figura 11. Equações de regressão de valores médios de lignina (base da matéria seca) em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de capim, independente de sistema. CV_{LIG} : 14,9%.

Os valores estimados dos parâmetros de DIVMS são apresentados na (Figura 12). Observou-se que a função linear hiperbólica foi o que melhor se ajustou aos dados.

O modelo hiperbólico já foi testado por Ospina e Prates (2000) em experimento com observações individuais na digestibilidade da matéria orgânica em ovinos com algumas forragens no Rio Grande do sul.

Os teores de DIVMS do capim Vaquero tiveram uma elevação mais acentuada até 30 dias de armazenamento. Após este período, pode ser observada uma elevação pouco mais discreta até o final do experimento.

Verificou-se que para os teores de DIVMS dos fenos de Tifton 85, houve variação entre o enfardamento e 90 dias de armazenamento, apresentando decréscimos ($P < 0,05$) lineares no período avaliado. Do ponto de vista de nutrição animal, valores acima de 65% para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca são indicativos de um bom valor nutritivo, conforme Cedeño et al. (2003), corroborando os resultados obtidos nesta pesquisa.

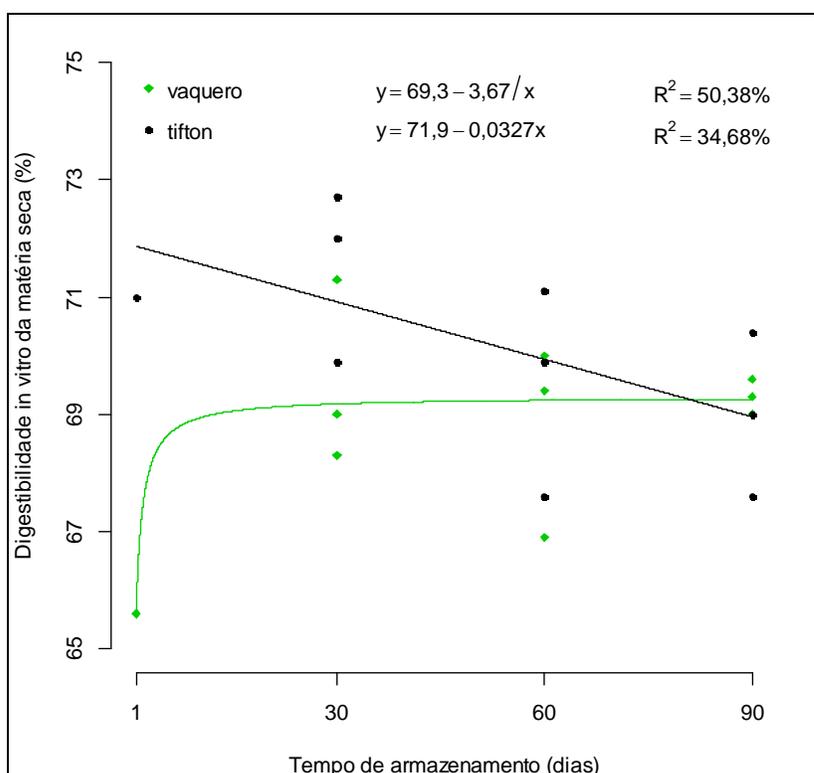


Figura 12. Equações de regressão de valores médios de digestibilidade *in vitro* da matéria seca em função de tempo de armazenamento, de acordo com as classes de capim, independente de sistema. $CV_{DIVMS} 2,01\%$.

No desdobramento da interação dupla entre capim e sistema (Tabela 5), observou-se significância ($P < 0,05$) somente para o sistema dupla face para ambos os capins Tifton 85 e

Vaquero, com os menores teores. Nos demais sistemas, os teores de MS não foram influenciados.

Tabela 5. Médias de matéria seca (%) referente ao efeito de capim em cada sistema, independente de tempo de armazenamento ⁽¹⁾

Sistema	Matéria seca	
	Capim	
	Vaquero	Tifton
Galpão	86,3 ^{aA}	86,9 ^{aA}
Lona transparente	86,8 ^{aA}	86,0 ^{aA}
Dupla face	79,8 ^{bB}	81,8 ^{bA}

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na coluna, e por letras maiúsculas diferentes, na linha, diferem entre si, pelos testes t e F, respectivamente, ao nível de 5 % de probabilidade. CV_{MS} 2,01%.

O efeito simples de capim sobre a matéria seca e da proteína bruta encontram-se apresentados na (Tabela 6). O capim Tifton 85 e o capim Vaquero apresentaram teores de matéria seca (MS) semelhante numericamente, no entanto, estatisticamente verificou-se que o Tifton 85 apresentou significância ($P < 0,05$) 84,9% em comparação ao Vaquero 84,3%.

Observou-se que o teor de PB do Vaquero foi maior que o Tifton 85. Porém, ambos apresentaram teores de PB acima dos preconizados por Moore et al. (1991) para a manutenção dos animais, sendo de 7% de proteína bruta como o percentual mínimo para suprir as necessidades das bactérias ruminais. Cavalcante et al. (2005) recomendam dietas com 10,5% de proteína bruta para a terminação de bovinos com 400 kg.

Estes percentuais foram superiores neste trabalho sendo 14,3% para o Vaquero e 11,8 para o Tifton 85 indicando que ambos os capins são indicados para suprir as exigências nutricionais na dieta dos animais. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (Embrapa) sugere classificação A para teores de PB acima de 13%, neste contexto o vaquero teve o melhor resultado.

Tabela 6. Médias (%) para matéria seca e proteína bruta de capins, independente de sistema e de tempo ⁽¹⁾.

Capim	Matéria seca (MS)	Proteína bruta (PB)
Vaquero	84,3 ^b	14,3 ^a
Tifton	84,9 ^a	11,8 ^b
C.V.(%)	1,54	5,51

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade.

Observou-se que houve efeito ($P < 0,05$) para a variável MS no tratamento adicional enfardamento (Tabela 6), sendo que o capim Vaquero apresentou maior teor quando

comparado ao capim Tifton 85. Para a variável MM a maior média observada foi para o capim Tifton 85. Não houve efeito ($P>0,05$) para FDN.

Com relação aos teores de PIDN, o capim Vaquero apresentou significância com menor média, entretanto, para a variável PIDA não houve efeito ($P>0,05$) entre os capins. Para lignina e celulose houve significância ($P<0,05$) sendo que o Vaquero apresentou maiores teores de lignina e menores para celulose.

Constatou-se significância no teor de hemicelulose para capim Vaquero. Quando comparado ao capim Tifton 85, o capim Vaquero obteve a maior média para os teores de PB. No contraste de médias para a DIVMS, o capim Tifton 85 foi superior.

As variações na composição química entre as espécies são resultado da diversidade genética das plantas, pois espécies forrageiras diferentes crescendo sob mesmas condições ambientais demonstram características nutritivas diferentes (VAN SOEST, 1994).

Tabela 7. Médias de composição bromatológica (%) de capins antes do armazenamento ⁽¹⁾

ENF	MS	MM	FDN	PIDN	FDA	PIDA	LIG	CEL	HEMIC	PB	DIVMS
Vaq	88,1 ^a	7,58 ^b	71,5 ^a	5,22 ^b	26,7 ^b	4,04 ^a	5,64 ^a	20,9 ^b	45,3 ^a	13,9 ^a	65,6 ^b
Tif	83,3 ^b	9,13 ^a	73,7 ^a	7,04 ^a	34,2 ^a	3,96 ^a	3,62 ^b	30,5 ^a	39,6 ^b	12,5 ^b	71,0 ^a

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade; ENF: enfardamento; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; FDN: fibra em detergente neutro; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido; LIG: lignina; CEL: celulose; HEMIC: hemicelulose; PB: proteína bruta; DIVM: digestibilidade *in vitro* da matéria seca;

4.3.1 Considerações finais

O feno de boa qualidade é aquele que proporciona respostas satisfatórias no desempenho animal, apresentando consumo adequado pelos animais e conseqüentemente uma alta digestibilidade.

A qualidade nutricional dos fenos observada nesta pesquisa permite considerá-los ótimas alternativas de reservas de forragens para os períodos de escassez, no entanto estudos adicionais são necessários para avaliar as perdas durante os processos de fenação, armazenamento e principalmente o efeito da idade de corte dos genótipos sobre o valor nutritivo das forragens.

De modo geral, mesmo ocorrendo variações na composição bromatológica dos fenos de capim Tifton 85 e Vaquero, os mesmos apresentam características nutricionais favoráveis após o período de armazenamento nos sistemas avaliados.

4.4 Conclusões

Os capins Tifton 85 e Vaqueiro não tiveram alteração dos teores de MS por um período de 90 dias de armazenamento nos sistemas estudados.

Os capins Vaquero e Tifton 85 possuem valor nutricional semelhante durante o armazenamento.

O sistema de armazenamento com lona dupla face promove queda do valor nutricional das forrageiras estudadas, entre 60 e 90 dias de armazenamento.

Tanto o capim tifton 85 quanto o capim Vaquero podem ser armazenados por um período de 90 dias em galpão coberto e em galpão aberto com lona transparente, sem comprometimento do valor nutricional.

4.5 Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, Virginia, 1990. 1117p.
- BUCKMASTER, R.; ROTZ, C.A.; MERTENS, D.R. A model of alfalfa hay storage. **Trans. of the ASAE**, v. 32, n. 1, p. 30-36, 1989.
- CÂNDIDO, M. J. D.; ANDRADE, I. R. A.; CHAVES, D. R.; Desafios relacionados ao ajuste na taxa de lotação no manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 9., Lavras, 2013. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013. 34p.
- CASTAGNARA, D.D.; AMES, J.P.; NERES, M.A. et al. Use of conditioners in the production of Tifton 85 gass hay. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 10, p. 2083-2090, 2011.
- CAVALCANTE, M.A.B.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.de C. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: consumo, digestibilidade total e desempenho produtivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.711-719, 2005.

- CEDEÑO, J.A.G.; PORTO ROCHA, G.; PINTO, J.C.; MUNIZ, J.A.; GOMIDE, E.M. Efeito da idade de corte na performance de três forrageiras do gênero *Cynodon*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.2, p.462-470, 2003.
- CLIPES, R.C.; SILVA, J.F.C.da, DETMANN, E.; VÁSQUEZ, H.M.; HENRIQUES, L.T.; DONATELE, D.M.; HADDADE, I.R. Proteínainsolúvel em detergente ácido comoestimador da fração protéica não degradável no rúmen de forragens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n. 2, p. 463-473, 2010.
- DOMINGUES, J.L. Uso de volumosos conservados na alimentação de eqüinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, supl., p. 259-269, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.
- FREITAS, S.G. **Caracterização nutricional da silagem de coprodutos da extração do palmito de pupunha**. 2011. 35f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- HADDAD, C.M.; DOMINGUES, J.L. **O que avaliar para comprar feno de qualidade?** [2005]. Disponível em: <<http://www.endurancebrasil.com.br/port/tecnicas/feno.php>>. Acesso em: 05/05/2016.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds. **J. Dairy Sci.**, v. 2, n. 8, p. 1791-1794, 1999.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas Climáticas do Paraná**. 2006. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 30 out. 2015.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, supl. esp., p.101-119, 2007.
- MARANHÃO, C.M.A.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V.; COSTA, A.C.P.R.; MARTINS, G.C.F.; CARDOSO, E.O. Características produtivas do capim-braquiária submetido a intervalos de cortes e adubação nitrogenada durante três estações. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 375-384, 2010.
- MAUCHLY, J.W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **Annals of Mathematical Statistics**, v.11, p.204-209, 1940.
- MENDES NETO, J.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, A.C.; EUCLYDES, R.F. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com polpa cítrica em substituição ao feno de capim-tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 618-625, 2007.
- MINSON, D.J. **Forrage in ruminat nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483 p.

- MOORE, J.E.; KUNKLE, W.; BROWN, W.F. Forage quality and the need for protein and energysupplements. In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE, 1991. Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1991.
- MUFATTO, L.M. **Composição bromatológica e comunidade fúngica em capim Tifton 85 adubado com biofertilizante suíno.** 2013. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- NERES, M.A.; CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; JOBIM, C.C.; TRÊS, T.T.; OLIVEIRA, P.S.R.; OLIVEIRA, A.A.M. Production of tifton 85 hay overseeded with White oats or ryegrass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 8, p.1638-1644, 2011.
- NERES, M.A.; CASTAGNARA, D.D.; SILVA, F.B.; OLIVEIRA, P.S.R.de; MESQUITA, E.E.; BERNARDI, T.C.; GUARIANTI, A.J.; VOGT, A.S.L. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 862-869, maio 2012.
- OLIVEIRA, E.R.; MONÇÃO, F.P.; GOÉS, R.H.T.B.; Gabriel, A.M.A.; Lempp, B.; Morais, M.G.; Freitas, L.L.; Pedroso, F.W. Digestibilidade in vitro de gramíneas *Cynodon* spp avaliadas em quatro idades de rebrota. **Revista Agrarian**, Dourados, v.7, n.23, p.147-156, 2014.
- OSPINA, H.P.; PRATES, E.R. Estimación da digestibilidade de forragens através do nitrogênio fecal. In: REUNION DA ASSOCIACION LATINOAMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 16., 2000, Montevideo. **Anais...** Montevideo, Uruguai: ALPA Editions, 2000. CD ROM
- PACIULLO, D.S.C; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, D.S.; SILVA, E.A.M. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade in vitro da matéria seca de gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 955-963. Sup. 1, 2001.
- PEREIRA, E.S.; MIZUBUTI, I.Y.; PINHEIRO, S.M.; VILLARROEL, A.B.S.; CLEMENTINO, R.H. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays*, L). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n.3, p.8-12, 2007.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 26/03/2016.
- RAYMOND, F.; SHEPPERSON, G.; WALTHAM, R. **Forage conservation and feeding.** 3 ed. Sulffolk: Farming Press. 1978. 208p.
- REIS, R.A.; et al. Valor nutritivo do feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon* L. Pers) submetido à amonização. **Ars Veterinária**, v.19, n.2, p.143-149, 2003.
- REIS, R.A.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; MOREIRA, A.L.; SILVA, E.A. Valor nutritivo do feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon* L. Pers) submetido à amonização. **Ars Veterinária**, v. 19, n. 2, p. 143-149, 2003.

- RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G. Valor nutritivo do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Veterinária e Zootecnia**, v. 17, n. 4, p. 560-567, 2010.
- SCHEFFER-BASSO, S.M.; SCHERER, C.V.; ELLWANGER, M.F. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2008.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2006. 235p.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM (SAS). **SAS/STAT User's guide**. Version 8.2. 4th ed. Cary, 2000. v.2.
- STRÖHER, S.M. **Características fisiológicas e nutricionais do capim Tifton 85 (Cynodon spp.) e Capim vaquero (Cynodon dactylon) em função da idade de rebrota**. 2015. 107f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- TAFFAREL, L.E.; CATAGNARA, D.D.; MESQUITA E.E.; OLIVEIRA P.S.R.; NERES M.A.; RADIS, A.C.; SANTOS, P.V. Composição bromatológica do feno de Tifton 85 submetido a doses de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21, 2011, Maceió. **Anais...: Inovações Tecnológicas e Mercado Consumidor**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2011.
- TAFFAREL, L.E.; MESQUITA, E.E.; CASTAGNARA, D.D.; OLIVEIRA, P.S.R.de; OLIVEIRA, N.T.E.de; GALBEIRO, S.; COSTA, P.B. Produção de matéria seca e valor nutritivo do feno do tifton 85 adubado com nitrogênio e colhido com 35 dias. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v. 15, n. 3, p. 544-560 jul./set., 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stages technique for the "in vitro" digestion of forages crops. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 1, p. 104-111, 1963.
- VALENTE, T.N.P.; LIMA, E.S.; HENRIQUES, L.T.; MACHADO NETO, O.R.; GOMES, D.I.; SAMPAIO, C.B.; COSTA, V.A.C. Anatomia de plantas forrageiras e a disponibilidade de nutrientes para ruminantes: revisão. **Veterinária e Zootecnia**, v.18, n.3, p.347-358, 2011.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca, NY: Cornell Univ. Press, 1994.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber neutral detergent and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- WUNSCH, C.; BARCELLOS, J.O.J.; PRATES, E.R.; COSTA, E.C.; MONTANHOLI, Y.R. Avaliação das alterações bromatológicas do feno de campo nativo durante o armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 13, n. 1-2, p. 131-135, 2007.

XAVIER, L.H. **Modelos univariado e multivariado para análise de medidas repetidas e verificação da acurácia do modelo univariado por meio de simulação.** 2000. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

APÊNDICE A - Termômetro mira laser, Termômetro espeto, utilizados para monitorar as temperaturas dos fardos de feno



Termômetro mira laser



Termômetro espeto



Fardo de feno

APÊNDICE B - Armazenamento dos fenos em cada sistema, Galpão fechado arejado, galpão coberto sem paredes laterais cobertos com lona transparente e no tempo coberto com lona dupla face.



Galpão fechado



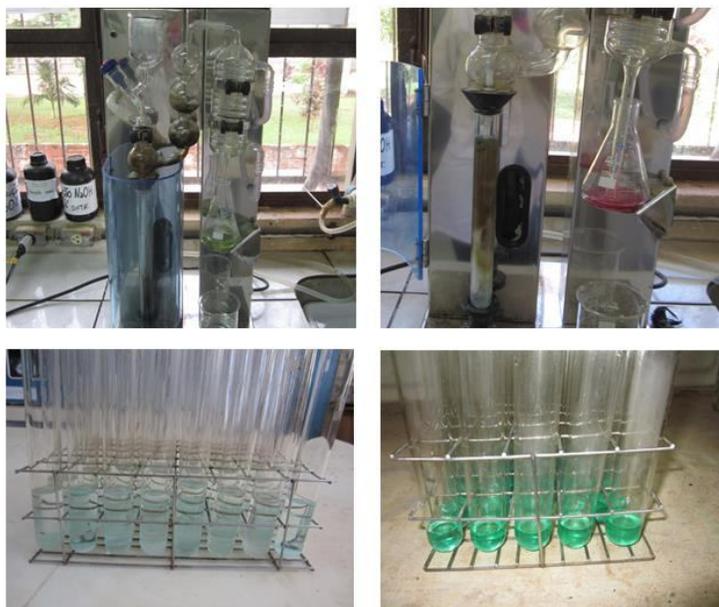
Lona Transparente



Lona dupla face

APÊNDICE C - Acúmulo de gotículas de água na sob a lona dupla face disposta sobre a superfície dos fardos de feno do capim Tifton 85 e Vaquero



APÊNDICE D - Análise microbiológica, quantificação de fungos e leveduras**APÊNDICE E** - Análise de proteína bruta do feno de capim Tifton 85 e capim Vaquero.

APÊNDICE F - Análise de Lignina, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína em detergente neutro (PIDN) e proteína em detergente ácido (PIDA) do feno de capim Tifton 85 e capim Vaquero



APÊNDICE G - Análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca do feno de capim Tifton 85 e capim Vaquero

