

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**QUALIDADE NUTRITIVA DE SILAGENS DE MILHO (*Zea mays L.*)  
“SAFRINHA” DE PLANTA INTEIRA DE DIFERENTES MATURIDADES  
SUBMETIDAS A DISTINTOS PROCEDIMENTOS DE ENSILAGEM E  
“DESENSILAGEM”**

JOÃO PEDRO VELHO  
Zootecnista – UFSM

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de  
Mestre em Zootecnia  
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Junho de 2005

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, AGRADEÇO À DEUS pelo dom da VIDA!

Aos meus familiares que sempre me incentivaram na vida acadêmica, em especial a minha esposa por entender a minha ausência nas horas dedicadas aos trabalhos e estudos.

À Cris pela amizade, incentivo, permanente disponibilidade, conselhos, conhecimentos transmitidos e contribuição imensurável para minha formação profissional.

Ao Prof. Paulo R. F. Mühlbach pela excelente orientação, incentivo e conhecimentos transmitidos, principalmente sobre silagem de milho.

Ao grande amigo Prof. Bonne pelos ensinamentos.

A família do amigo Clóvis Diesel pelo agradável convívio.

Aos professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-graduação em Zootecnia – UFRGS pela oportunidade de crescimento pessoal, profissional e intelectual durante estes anos de convivência.

Aos pesquisadores, funcionários e estagiários da EMBRAPA Pecuária Sul pela pronta acolhida e agradável convívio.

As equipes de pesquisa do Prof. Laerte e Prof. Bonne pelos auxílios laboratoriais de grande valia para a realização deste trabalho.

A todo povo BRASILEIRO que sustenta as universidades públicas, pela oportunidade de cursar o mestrado numa universidade pública, gratuita e de qualidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos, concedida.

**QUALIDADE NUTRITIVA DE SILAGENS DE MILHO (*Zea mays*, L.)  
“SAFRINHA” DE PLANTA INTEIRA DE DIFERENTES MATURIDADES  
SUBMETIDAS A DISTINTOS PROCEDIMENTOS DE ENSILAGEM E  
“DESENSILAGEM”<sup>1</sup>**

Autor: João Pedro Velho

Orientador: Paulo Roberto Frenzel Mühlbach

**RESUMO**

Foram realizados dois experimentos para avaliar os efeitos de procedimentos inadequados de ensilagem e “desensilagem” na qualidade nutritiva de silagens de milho de cultivo de “safrinha”. O 1º experimento de ENSILAGEM foi conduzido em delineamento completamente casualizado com arranjo fatorial 2 x 4 objetivando avaliar o efeito dos estádios de maturidade ao corte, com o grão completamente leitoso (GL), ou com grão ½ leitoso e ½ farináceo (GF) e da exposição dos materiais picados de ambos os cortes ao ar, sem compactação, por zero, 12, 24 ou 36 horas antes de sua ensilagem em mini-silos. Os cortes das plantas de milho ocorreram nos dias 26/04 e 18/05/2004. Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) em relação aos estádios de maturidade (M) e tempos de exposição ao ar (TE), além de interação entre os efeitos, para a maioria das variáveis estudadas. O teor de matéria seca (MS) diferiu ( $P < 0,05$ ) quanto a M e TE e o pH apresentou interação entre os efeitos. As silagens GL e GF, respectivamente, diferiram ( $P < 0,05$ ) quanto aos açúcares solúveis, de 1,51 a 1,31% da MS e os teores de amido de 4,23 a 13,21% da MS. Em relação aos TE, os açúcares solúveis diminuíram entre os tempos zero (1,64% da MS) e 36 horas (1,05% da MS). O maior impacto dos TE se verificou nos teores de fibra em detergente neutro corrigidos para cinzas e proteína (FDNcp) e produção cumulativa de gases *in vitro*. O 2º Experimento de “DESENSILAGEM” foi conduzido em delineamento completamente casualizado com o objetivo de avaliar o efeito da exposição de uma silagem ao ar por zero, 12, 24 e 36 horas após a “desensilagem”. A ensilagem foi realizada no dia 18/05/2004 em mini-silos com capacidade de 30 litros, com grão de milho no estádio ½ leitoso ½ farináceo. Os diferentes tempos de exposição ao ar após a “desensilagem” afetaram significativamente ( $P < 0,05$ ) os teores de FDNcp e de lignina em detergente ácido. Não houve efeito sobre os carboidratos não estruturais e frações nitrogenadas. Conclui-se que o tempo de exposição ao ar do material verde picado de apenas 12 horas antes da ensilagem ou um período de aerobiose de 36 horas após a “desensilagem” afetam de modo muito negativo o valor nutritivo de silagens de milho.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, (136p.). Junho de 2005

# NUTRITIVE VALUE OF SILAGES FROM A MAIZE CROP PLANTED LATE IN SEASON AND HARVESTED AT DIFFERENT STAGES OF MATURITY AND AFFECTED BY INADEQUATE ENSILING AND “FEED-OUT” PROCEDURES<sup>1</sup>

Author: João Pedro Velho

Adviser: Paulo Roberto Frenzel Mühlbach

## ABSTRACT

Two experiments aimed to test the effects of inadequate ensiling and silage “feed-out” procedures of silages from a maize crop planted and harvested late in season. Experiment 1 was a completely randomized ensiling trial with a 2 x 4 factorial arrangement testing stages of maturity GL (milky kernel) and GF (½ milky ½ dough kernel) of maize crops and effects of air exposure of both chopped materials during zero, 12, 24 and 36 hours previously to packing in mini-silos. Harvests occurred in 2004 on April 26<sup>th</sup> and May 18<sup>th</sup>. Stage of maturity (M) and periods of air exposure (TE) showed significant effects (P<.05) as well as interactions in most of tested variables. Dry matter content (DM) was different according to M and TE and pH values showed interaction between factors. GL and GF silages showed different (P<.05) residual sugar and starch contents, respectively, 1.51 and 1.31 % and 4.23 and 13.21 % of DM. As far as the TE factor content of soluble sugars decreased from 1.64 % of DM with zero h air exposure to 1.05 % after 36 hours exposure. Greatest impact of TE was on FDNcp values (neutral detergent fiber corrected for ashes and protein) and *in vitro* gas production. Experiment 2 was a completely randomized “feed-out” trial to study the effects of air exposure on silages for zero, 12, 24 and 36 hours after removal from mini-silos. Maize was harvested on May 18<sup>th</sup> 2004 at the ½ milky ½ dough kernel stage, chopped and ensiled in 30 liter mini-silos. Silage air exposure affected (P<.05) both FDNcp and acid detergent lignin contents, with no effects on non-structural carbohydrates and nitrogen fractions of silages. It is concluded that even a short 12 hour period of air exposure before ensiling as well as a 36 hour period of silage air exposure at “feed-out” can affect quite negatively the nutritional value of maize silages.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, (136p.). June, 2005.

## SUMÁRIO

	Página
Capítulo I	
1. Introdução (Geral) e Revisão Bibliográfica	01
1.1 A silagem de milho no sistema forrageiro para ruminantes	04
1.2 O teor de FDN no milho como característica de forrageira de qualidade	06
1.2.1 Aspectos do cultivo e da escolha de híbrido de milho para a produção de silagem com menores teores de FDN	07
1.2.2 Procedimentos de colheita das plantas de milho para silagem e teor de FDN	16
1.2.3 Procedimentos de ensilagem e “desensilagem” visando manter os carboidratos solúveis e/ou diminuir os teores de FDN em silagem de milho	19
1.3. Análises laboratoriais para definir a qualidade nutricional de plantas e de silagem de milho	23
1.3.1 Teor de matéria seca em silagem de milho	26
1.3.2 Avaliação de silagem de milho através da taxa e magnitude de degradação	27
Capítulo II	
Alterações bromatológicas em silagens de milho “safrinha”, sob diferentes tempos de exposição ao ar antes da ensilagem	31
Introdução	31
Material e métodos	32
Resultados e discussão	42
Conclusões	77
Capítulo III	
Alterações bromatológicas em silagens de milho “safrinha”, submetidas a crescentes tempos de exposição ao ar a “desensilagem”	78
Introdução	78
Material e métodos	81
Resultados e discussão	86
Conclusões	97
Capítulo IV	
1. Considerações gerais	98
2. Referências bibliográficas	100



## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
Capítulo I	
1. Desempenho relativo de híbridos de milho pré-selecionados por baixa e alta concentração de FDN em 61 experimentos conduzidos entre 1995 e 2000 em seis locais em Wisconsin.	15
2. Comparações de qualidade bromatológica de silagens de milho.	16
Capítulo II	
1. Tratamentos conforme estágio ao corte e tempo de exposição ao ar antes da ensilagem.	33
2. Data e temperatura média do dia da confecção da ensilagem e temperatura média da massa a ensilar no momento do enchimento dos mini-silos.	43
3. Teores médios de matéria seca e matéria orgânica das amostras de material original.	45
4. Teores médios de matéria seca e matéria orgânica das silagens.	46
5. Valores médios do pH das amostras de material original.	46
6. Valores médios do pH das silagens.	47
7. Teores médios do extrato etéreo dos materiais originais.	47
8. Teores médios do extrato etéreo das silagens.	48
9. Teores médios de fibra em detergente neutro e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, fibra em detergente ácido, lignina em detergente ácido, hemicelulose e celulose das amostras de material original.	51
10. Teores médios de fibra em detergente neutro e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, fibra em detergente ácido, lignina em detergente ácido, hemicelulose e celulose das silagens.	52
11. Teores médios de açúcares solúveis, amido, e matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% dos materiais originais.	57
12. Teores médios de açúcares solúveis, amido, e matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% das silagens.	58
13. Teores médios de carboidratos totais, carboidratos não estruturais, frações A, B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> e C de material original.	60
14. Teores médios de carboidratos totais, carboidratos não estruturais, frações A, B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> e C das silagens.	61
15. Teores médios de proteína bruta, nitrogênio amoniacal, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e ácido dos materiais originais.	63
16. Teores médios de proteína bruta, nitrogênio amoniacal, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e ácido das silagens.	64
17. Teores médios de nutrientes digestíveis totais, calculados pelas fórmulas de Weiss et al. (1992) e NRC (2001) das amostras de materiais originais, para o nível de manutenção.	66
18. Teores médios de nutrientes digestíveis totais, calculados pelas fórmulas de Weiss et al. (1992) e NRC (2001) das silagens, para o nível de manutenção.	67
19. Variáveis obtidas pela técnica in vitro semi-automática de produção	68



de gases para as amostras dos materiais originais.	
20 Variáveis obtidas pela técnica in vitro semi-automática de produção de gases para as silagens.	69
21 Parâmetros ajustados pelo modelo de France et al. (1993) dos materiais originais.	71
22. Parâmetros ajustados pelo modelo de France et al. (1993) das silagens. 83	72

### Capítulo III

1. Teores médios de matéria seca (MS) e matéria orgânica, do material original e da silagem após a “desensilagem”.	87
2. Teores médios de pH e extrato etéreo (EE), do material original e da silagem após a “desensilagem”.	88
3. Teores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido, hemicelulose (Hem.) e celulose (Cel.), do material original e da silagem após a “desensilagem”.	88
4. Teores médios de açúcares solúveis (Aç. Sol.), amido e matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80%, do material original e da silagem após a “desensilagem”.	92
5. Teores médios de carboidratos totais (CHOT), carboidratos não estruturais (CNE) e fracionamento dos carboidratos segundo Sniffen et al. (1992), do material original e da silagem após a “desensilagem”.	94
6. Teores médios dos constituintes nitrogenados do material original e da silagem após a “desensilagem”.	94
7. Teores dos nutrientes digestíveis totais calculados para 1x o consumo de manutenção segundo Weiss et al. (1992) e NRC (2001) do material original e da silagem após a “desensilagem”.	95

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
Capítulo II	
1. Vista dos mini-silos dentro dos baldes plásticos.	34
2. Vista dos mini-silos após a retirada dos baldes plásticos.	35
3. Produção cumulativa de gases para os materiais originais do grão completamente leitoso.	74
4. Produção cumulativa de gases para os materiais originais do grão $\frac{1}{2}$ leitoso $\frac{1}{2}$ farináceo.	74
5. Produção cumulativa de gases média para os estádios de grão completamente leitoso e $\frac{1}{2}$ leitoso $\frac{1}{2}$ farináceo, das silagens.	75
6. Produção cumulativa de gases média para os tempos de exposição ao ar antes da ensilagem, das silagens.	75
Capítulo III	
1. Caracterização dos mini-silos.	83

## RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<b><math>\mu</math></b>	Taxa de degradação
<b>A</b>	Potencial máximo de produção de gases
<b>Aç. Sol.</b>	Açúcares solúveis
<b>AFRC</b>	Agricultural and Food Research Council
<b>AM</b>	Amido
<b>CE</b>	Carboidratos estruturais
<b>CF</b>	Carboidratos fibrosos
<b>CG</b>	Cromatografia gasosa
<b>CHOT</b>	Carboidratos totais
<b>cm</b>	Centímetro
<b>CNCPS</b>	<i>The Cornell Net Carbohydrate and Protein System Model</i>
<b>CNCPSv5.0</b>	<i>The Cornell Net Carbohydrate and Protein System Model</i> versão 5.0
<b>CNE</b>	Carboidratos não estruturais
<b>CNF</b>	Carboidratos não fibrosos
<b>CNFvd</b>	Carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis
<b>DIVMO</b>	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica com 24 horas de incubação
<b>DIVMS</b>	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca com 24 horas de incubação
<b>EE</b>	Extrato etéreo
<b>ET</b>	Extração por tolueno
<b>FAP</b>	Fator de ajuste para processamento
<b>FDA</b>	Fibra em detergente ácido
<b>FDN</b>	Fibra em detergente neutro
<b>FDNcp</b>	Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína
<b>FDNvd</b>	Fibra em detergente neutro verdadeiramente digestível
<b>FP</b>	Fator de partição
<b>Fração A</b>	Fração A do fracionamento dos carboidratos pelo método CNCPS
<b>Fração B<sub>1</sub></b>	Fração B <sub>1</sub> do fracionamento dos carboidratos pelo método CNCPS
<b>Fração B<sub>2</sub></b>	Fração B <sub>2</sub> do fracionamento dos carboidratos pelo método CNCPS

<b>Fração C</b>	Fração C do fracionamento dos carboidratos pelo método CNCPS
<b>GF</b>	Grão ½ leitoso ½ farináceo
<b>GL</b>	Grão completamente leitoso
<b>KF</b>	<i>Karl Fischer titration</i>
<b>Lignina</b>	Lignina em detergente ácido determinada com ácido sulfúrico
<b>mg</b>	Miligrama
<b>mL</b>	Mililitro
<b>MM</b>	Matéria mineral
<b>MO</b>	Matéria orgânica
<b>MS</b>	Matéria seca
<b>NDT<sub>1x</sub></b>	Nutrientes digestíveis totais para consumo ao nível de manutenção
<b>NIDA</b>	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
<b>NIDN</b>	Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
<b>N-NH<sub>3</sub></b>	Nitrogênio amoniacal
<b>NRC</b>	National Research Council
<b>PB</b>	Proteína bruta
<b>PBvd</b>	Proteína bruta verdadeiramente digestível
<b>PSI</b>	Pressão por polegada quadrada
<b>TIVSPG</b>	Técnica <i>in vitro</i> semi-automática de produção de gases

## **CAPÍTULO I**

### **1. Introdução (Geral) e Revisão Bibliográfica**

Em geral, os resultados obtidos em qualquer sistema de produção acompanham o nível tecnológico implementado, o qual é decidido, via de regra, pelos pontos de estrangulamento de cada sistema. Entretanto, cada segmento produtivo tem suas particularidades.

Na produção agrícola o nível tecnológico a ser utilizado, além de ser decorrente da disponibilidade financeira de cada empresário, é primeiramente determinado pelo histórico climático da região (de preferência dos últimos 30 anos), visto que luminosidade, pluviosidade e temperaturas diárias médias interferem, preponderantemente, na produção e produtividade. A aptidão agrícola de cada região (tipo de solo, relevo, altitude) também é fator determinante na escolha do padrão tecnológico.

Devido a estas características existe uma variação natural de ano para ano e de lugar para lugar nas safras agropecuárias. Assim, nos últimos cinco anos, o setor agropecuário do estado do Rio Grande do Sul passou por amplas flutuações mercadológicas de nível mundial e, também, por condições climáticas adversas, ocasionando variações expressivas de preços dos produtos agropecuários e das terras. Em decorrência, o empresário rural tem buscado safras alternativas, visando maiores rentabilidades.

No Rio Grande do Sul, habitualmente, realiza-se somente uma safra de milho por ano. Todavia, com a valorização do grão de soja nos anos agrícolas 2002/03 e 2003/04, alguns empresários rurais das regiões Planalto Médio e Missões, que normalmente utilizam milho na rotação de culturas com

soja, além da safra “normal” de milho também apostaram no milho “safrinha” semeado em fins de dezembro ou início de janeiro, o qual, em alguns casos, foi obtido com êxito e em outros, devido às condições climáticas adversas (temperaturas baixas devido à época de plantio tardia e ciclo do híbrido), o ciclo de desenvolvimento normal não se completou, resultando seu uso na forma de silagem de planta inteira.

Mundialmente, dentre as forrageiras utilizadas em sistemas de confinamento total ou parcial, a silagem de milho tem sido um dos volumosos mais empregados devido ao seu alto conteúdo de energia por quilograma de matéria seca e alta produtividade de energia digestível por hectare. Nos países do Hemisfério Norte, tanto na América como na Europa, onde o inverno é rigoroso com a presença de neve durante boa parte do ano, a silagem de milho de planta inteira continua sendo alvo de estudos almejando avaliar e melhorar continuamente sua qualidade nutricional, buscando-se o entendimento da interação entre dieta (taxa e magnitude de digestão) e animal (estado fisiológico, taxa de passagem) nos diferentes sistemas de produção de bovinos (extensivo, semi-intensivo e intensivo).

Apesar desta preocupação mundial com o detalhamento do valor nutricional da silagem de milho, o Brasil ainda não possui uma caracterização das silagens de milho aqui produzidas. Recentemente, no ano de 2002, houve um grande avanço na área de nutrição de ruminantes com a publicação de dois trabalhos: 1) “Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para Bovinos CQBAL 2.0” de Valadares Filho et al., (2002) que compilaram composições bromatológicas de alimentos avaliados em trabalhos de mestrado e doutorado

desenvolvidos nas universidades e nos centros de pesquisa nacionais, todavia com dados incompletos; 2) Tedeschi et al. (2002) que desenvolveram a Biblioteca de Alimentos Tropicais para a versão 5.0 do CNCPS (*The Cornell Net Carbohydrate and Protein System Model*), a partir de dados publicados na literatura brasileira e estrangeira (México, Honduras, Colômbia e Flórida (EUA)).

Existem outros trabalhos nacionais que reportam minuciosamente a composição das silagens de milho, mas, mesmo assim, a quantidade e a qualidade de informações para a caracterização da silagem de milho produzida no Brasil ainda é deficiente. Por outro lado, para a formulação de dietas é imprescindível a avaliação laboratorial de cada silagem, visando precisão e exatidão para atender as exigências nutricionais dos animais.

Dentre as frações que geralmente não são mensuradas, encontra-se o amido, o qual contribui diretamente e significativamente nos produtos finais da fermentação ruminal, além de afetar o aporte de proteína metabolizável para o ruminante, contribuindo para o desempenho animal. A variação do teor de amido é reflexo da quantidade de grãos e estágio do grão no momento da ensilagem, gerando variações na qualidade da silagem, na qualidade da dieta e nas proporções de volumoso e concentrado, por conseguinte resultando em diferentes rentabilidades dos sistemas produtivos. A quantidade de trabalhos que avaliam a fração amido nas silagens de milho deve-se indubitavelmente à falta de uma técnica precisa, exata, com alta repetibilidade e de fácil realização.

O valor nutricional de silagens de milho além de depender da qualidade das plantas depende também dos processos de ensilagem e de

“desensilagem”. Quanto mais rápido for o processo completo (do corte a vedação) menos açúcares solúveis serão oxidados através da respiração celular. Na “desensilagem” uma espessura de corte adequada (pelo menos 15 cm) evita o aquecimento da silagem, e assim sendo tais tipos de perda não contribuem para o aumento percentual da parede celular que pode refletir-se na diminuição do consumo de alimentos volumosos pelos animais.

Assim, o presente trabalho objetivou determinar o valor nutricional de silagens de milho de planta inteira submetidas a diferentes procedimentos de ensilagem e “desensilagem”, oriundas de milho “safrinha” produzido no Rio Grande do Sul.

### **1.1 A silagem de milho no sistema forrageiro para ruminantes**

A base forrageira dos sistemas de produção de ruminantes no Brasil é constituída principalmente por pastagens tropicais, as quais permitem bons índices zootécnicos durante as estações quentes. Porém, no inverno ou período da seca ocorre déficit forrageiro tanto em quantidade, como em qualidade, reduzindo significativamente a produção e produtividade dos sistemas pecuários.

Desta forma, para que os sistemas de produção tornem-se rentáveis financeiramente no decorrer dos doze meses do ano e desempenhem a sua função social de produzir alimentos destinados à população humana com eficiência, faz-se necessário o emprego estratégico de alternativas mais intensivas que permitam fluxo contínuo na produção. Entre as alternativas para auxiliar na viabilização dos sistemas mais intensivos como abate de novilhos



jovens (entre 12 e 18 meses de idade) e alta produção de leite por vaca (> 25 kg de leite por dia) encontra-se o uso de forragens conservadas (silagem, feno), que permitem maior estabilidade de produção e diminuem os riscos de não haver volumoso de qualidade e quantidade suficiente nas estações desfavoráveis de crescimento das pastagens. Segundo Van Soest (1994) o processo de ensilagem não melhora a qualidade do alimento, busca, entretanto, manter a qualidade do material ensilado. Portanto, a escolha da espécie forrageira a ensilar deve satisfazer às premissas básicas para produção de silagens de qualidade, quais sejam: presença mínima de 10 a 15% de carboidratos solúveis na matéria seca quando o teor desta estiver entre 28 e 35% e produzir grande quantidade por hectare. Dentre as muitas espécies forrageiras, a planta de milho é uma das que atende de melhor forma os requisitos básicos.

A planta de milho possui surpreendente adaptação sendo a principal colheita em climas temperados e subtropicais. A silagem de milho é capaz de fornecer de 50 a 100% a mais de energia digestível por hectare do que qualquer outra forrageira, é um excelente alimento para vacas em lactação, sem dúvida, é superior às gramíneas de estação quente para vacas lactantes. Entretanto, o valor nutritivo da silagem de milho pode variar extremamente, dependendo do híbrido, da densidade de cultivo, das circunstâncias de crescimento, da maturidade e do índice de umidade na colheita, comprimento de corte e condições da ensilagem (Satter & Reis, 1997) e também das condições de “desensilagem”.

## **1.2 O teor de FDN no milho como característica de forrageira de qualidade**

A regulação física do consumo de matéria seca ocorre quando a ingestão de alimentos é limitada pelo tempo requerido para ruminação ou pela distensão do trato gastrointestinal causada pela lenta fermentação e passagem da digesta (Allen, 2000). Em revisão sobre regulação do consumo de forragem, Mertens (1994) afirma que a distensão do retículo-rúmen tem sido aceita como o fator que mais limita o consumo de dietas ricas em fibra, sendo que quanto maior a proporção de fibra nos alimentos volumosos, maior a limitação do consumo. Segundo Mertens (2002), a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) é nutricionalmente importante porque ela representa a porção orgânica dos alimentos que é, ou indigestível, ou de lenta digestão, ocupando espaço no trato gastrointestinal dos animais, mas que, por outro lado, estimula a ruminação. Conforme Oba & Allen (2000) a digestibilidade da FDN influencia o desempenho animal independentemente da concentração dietética de FDN.

Desta forma, busca-se forrageiras que possuam baixos teores de FDN com taxa de digestão mais elevadas, condizentes com o desempenho de animais de alta produção. Segundo Mühlbach (2003) a alfafa seria a forrageira por excelência na dieta de vacas de alta produção de leite, no entanto, este mesmo autor afirma que nos sistemas de produção intensivos nos Estados Unidos da América, Europa e Brasil a silagem de milho é a forrageira predominante, combinada a menores proporções de alfafa, azevém e outras leguminosas.

Segundo Satter & Reis (1997) a silagem de milho é capaz de fornecer de 50 a 100% a mais de energia digestível por hectare do que qualquer outra forrageira. Vários trabalhos como, por exemplo, os de Oba & Allen (2000), Andrae et al. (2001), Qiu et al. (2003), Fernandez et al. (2004) tem avaliado o efeito de silagens de milho com teores de FDN entre 37 e 45 % na MS em dietas de vacas de leite e de novilhos de corte e que propiciaram maior ingestão de alimento e, conseqüentemente, melhores desempenhos.

Portanto, o milho como planta forrageira permite alcançar maior desempenho no ruminante, pelo fato do teor de FDN possível de ser obtido, de, no máximo, até 50% na MS, favorecer o maior consumo de MS pelo animal. O grande problema do ruminante de alta produtividade é aumentar sua ingestão de alimento, para vir ao encontro das suas necessidades nutricionais, sem prejuízo aos processos fisiológicos no rúmen, ou seja, mantendo a atividade de ruminação, com um consumo adequado do alimento volumoso. A planta inteira de milho, verde ou na forma de silagem, permite maior consumo face ao teor relativamente baixo de FDN que apresenta, pois menor teor de FDN significa FDN de maior taxa de fermentação, ou seja, um esvaziamento mais rápido do rúmen.

### **1.2.1 Aspectos do cultivo e da escolha de híbrido de milho para a produção de silagem com menores teores de FDN**

O cultivo de milho para silagem no Brasil é extremamente dependente de tecnologias desenvolvidas para produção de grão. Contudo, nem sempre as novas vantagens incorporadas no cultivo do milho para a

produção de grão são benéficas ou desejáveis para a produção de silagem. Segundo Pereira Filho & Cruz (2001) o manejo cultural do milho é uma das áreas mais importantes no processo produtivo da cultura o que envolve os vários aspectos como: época de semeadura, espaçamento, densidade, profundidade de semeadura, associados às variáveis adubação, irrigação, controle de plantas indesejáveis, pragas e doenças, mais as condições climáticas, e que respondem por mais de 50% do potencial produtivo de uma lavoura de milho.

Devido ao impacto dos tratamentos culturais no rendimento econômico da produção de milho, o cultivo do mesmo para produção de grãos, ao nível de propriedade rural, atualmente está sofrendo consistentes alterações no manejo agrícola, como: menor espaçamento entre linhas (de 0,90 m para 0,75 a 0,60 m chegando até 0,45 m) conjugado a variações na densidade de plantas por hectare, visto que aumenta a produtividade de grãos por área, sem alterar os custos. Desta forma, a tendência é que as indústrias de máquinas agrícolas concentrem-se na produção de implementos mais adequados às novas exigências de produção de grãos (0,45m entre linhas). Por conseguinte, como a produção de silagem de milho comparada à produção de grãos de milho no Brasil ainda é insignificante, os produtores que utilizam silagem em seus sistemas pecuários no decorrer dos anos terão que se adaptar aos novos procedimentos.

Argenta et al. (2001a), em revisão sobre o arranjo de plantas no cultivo de milho, abordam os processos tecnológicos utilizados em décadas passadas e os atualmente empregados. Conforme Mundstock (1977), citado

por esses autores, o espaçamento tradicional de um metro entre linhas é originário do uso de animais nas lavouras para realização de tratos culturais. Com o advento da mecanização agrícola e uso de herbicidas o espaçamento entre linhas pode ser diminuído, aumentando a eficiência de utilização da terra. Segundo Flénet et al. (1996) os menores espaçamentos entre linhas permitem melhor distribuição espacial das plantas, aumentando a sua eficiência na interceptação de luz.

Argenta et al. (2001a) relacionam vários autores (Karlen e Camp, 1985; Parvez et al. 1989; Murphy et al. 1996; Argenta et al. 2000) afirmando que o espaçamento entre linhas pode se refletir em incrementos na produção de grãos. Conforme Johnson et al. (1998) o incremento do rendimento de grãos com redução do espaçamento entre linhas é atribuído à maior eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição entre plantas na linha por luz, água e nutrientes, devido à distribuição mais eqüidistante entre as plantas. Porém, Almeida & Sangoi (1996) afirmam que a densidade de plantas é o fator que mais afeta o rendimento de grãos de milho, sendo a espécie mais sensível entre as Poaceas para densidade de plantas. Conforme Pereira Filho & Cruz (2001) híbridos precoces exigem maior densidade de plantio em relação aos híbridos tardios para expressarem seu rendimento máximo. A razão dessa diferença é que híbridos mais precoces geralmente possuem plantas de menor porte e menos massa vegetativa, cujas características morfológicas determinam um menor sombreamento dentro da cultura, possibilitando, com isto, um menor espaçamento entre plantas, para melhor aproveitamento fotossintético.

Na seleção de híbridos de milho para silagem a produção de grãos é um item importante, porém não deve ser o único parâmetro de seleção. Na situação do Rio Grande do Sul ainda é necessário intensificar-se a produção de grãos em híbridos de milho para silagem, a fim de reduzir a quantidade de concentrado adicionada na dieta final e otimizar o processo fermentativo no silo. No trabalho realizado por Argenta et al. (2001b) verifica-se que a altura de inserção da espiga foi influenciada pela densidade de cultivo. Sendo assim, modificações no espaçamento entre linhas e densidade de cultivo podem alterar a composição bromatológica das plantas de milho.

A maioria dos híbridos modernos correntemente cultivados no Sul do Brasil tem menor altura de plantas, menor número de folhas e folhas mais eretas em relação aos híbridos cultivados no passado (Almeida et al., 2000). Conseqüentemente permitem a utilização de menores espaçamentos entre linhas e densidades de cultivo maiores.

Segundo Dias (2002) a anatomia da planta de milho tem influência direta na sua composição, em virtude de fatores genotípicos e fenotípicos, sendo a fibra em detergente neutro e o amido as frações mais importantes. Qualquer alteração nessas duas variáveis resulta em grandes alterações no valor nutricional da planta de milho.

Conforme Knowlton (2003), tradicionalmente os híbridos de milho para ensilagem têm sido selecionados em função do rendimento e produção de grão, no pressuposto de que um maior teor de grãos na silagem significaria maior concentração de energia. Estudos recentes em universidades norte-americanas vêm revelando que isso não é necessariamente verdadeiro. Assim,

não haveria relação consistente entre rendimento de grão e digestibilidade da fibra, pois uma silagem com 30% de grãos poderia ser de maior valor energético que uma com 50% de grãos. De acordo com Endres, da Universidade de Minnesota, (Minnichsoffer, 2003) silagem de milho com menos grão e maior digestibilidade da fibra resulta em melhor desempenho de vacas leiteiras, devido às melhores condições de fermentação no rúmen.

Segundo Allen et al. (1997) somente a produção de grãos não seria um critério adequado para a seleção de cultivares de milho para silagem, em virtude desses não estarem relacionados com a qualidade da fração fibrosa e a produção de forragem. Wolf et al. (1993) afirmam que a qualidade nutricional da haste possui fortes correlações com a qualidade nutricional da planta toda de milho, e, portanto, tanto a qualidade como a quantidade de haste são fatores que influenciam a qualidade nutricional da planta toda, e que somente o aumento da produção de grãos pode não levar ao aumento da qualidade nutricional da planta de milho. Entretanto, ressalte-se que o principal objetivo é aumentar a qualidade da dieta final fornecida aos animais de forma que maior quantidade de grãos na silagem pode diminuir a quantidade de concentrado adicionado à dieta, reduzindo custos.

Johnson et al. (1999) convidados a revisar sobre o valor nutritivo da silagem de milho reportaram que a maturidade da planta afeta os teores de amido, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e, conseqüentemente, a digestibilidade da silagem produzida. Os mesmos recomendam que a seleção de milho seja realizada através da identificação de híbridos que mantenham a qualidade da haste enquanto a quantidade de grãos

aumenta com o avanço da maturidade da planta, afirmando que é uma estratégia lógica para o aumento da qualidade da silagem de milho.

Os três últimos parágrafos acima retratam as condições de pesquisa e sistemas de produção de países que usam maiores proporções de alimentos concentrados na dieta (50 a 70%), o que pode afetar negativamente a digestão da fibra no rúmen. Galyean (1996), estudando as dietas de aproximadamente 3,6 milhões de novilhos de corte na fase de terminação nos Estados Unidos da América formuladas por seis consultores, verificou que a proporção de volumoso na dieta variou de três a 11% da MS. Todavia, no Brasil em que a proporção de volumoso é maior (60 a 70%) e de qualidade inferior, ainda são necessárias pesquisas que otimizem a produção de silagem de milho de qualidade.

Segundo o NRC (2001) a silagem de milho nos Estados Unidos da América é a maior fonte de FDN e energia líquida para lactação (EL<sub>L</sub>) para muitos rebanhos leiteiros. Destaca-se que os teores de FDN das silagens de milho produzidas nos EUA, em geral, variam entre 37 e 45% da MS, sendo que Schwab et al. (2003) consideram 46,5% de FDN na MS como alto teor desta fração (Tabela 1). Berto et al. (1998) estudando a qualidade nutricional de silagens de milho de planta inteira em propriedades leiteiras do Rio Grande do Sul, amostradas em silos do tipo trincheira ou torta, obtiveram média de 52,14% de FDN e teor mínimo de 43,10%, cujo valor demonstra que, no Rio Grande do Sul, há potencial de se produzir silagens de milho de qualidade.

Schwab et al. (2003) simulando a avaliação de híbridos de milho para silagem através das planilhas Excel *Milk1995* e *Milk2000* (Tabela 1) com



pequenas variações de 44,4 para 46,5% de FDN na MS e de 32 para 29,5% de amido na MS, obtiveram diferenças de 150 e 60 kg de leite por tonelada de matéria seca de silagem, respectivamente, para as planilhas *Milk1995* e *Milk2000*. Foi demonstrado que a diminuição da matéria orgânica fermentada no rúmen (FDN e/ou amido) ou digerida no intestino delgado (amido) influencia negativamente a produção animal. Estas pequenas diferenças nos teores de FDN e amido em silagens de milho com amplitudes inferiores do que nas silagens de milho produzidas no Brasil, segundo Valadares Filho et al. (2002) com média de 55,7% de FDN na MS, corroboram para explicar a baixa produção média de leite obtida no País a qual possivelmente é limitada pelos altos teores de FDN dos volumosos e da dieta.

Mittelmann et al. (2005) avaliando 21 híbridos de milho cultivados na Região Sul do Brasil (Cascavel – PR, Chapecó – SC, Ijuí – RS, Lages – SC, Ponta Grossa – PR, Teutônia – RS e Urussunga – SC), através de simulações com a planilha *Milk1995* para vacas de leite com peso de 530 kg, no terço médio da lactação produzindo 24 kg de leite por dia com 3,4% de gordura, obtiveram amplitude na produção média de leite por hectare entre 3.039 e 10.494 kg, cujas produções são muito inferiores aos valores verificados por Schwab et al. (2003) (Tabela 1), possivelmente porque as variações nas produções médias de MS de silagem de milho por hectare foram muito amplas (7,0 a 21,7 toneladas por hectare) e com altos níveis de FDN (de 52,6 a 57,1% na MS).

Alterações genéticas em plantas de milho também causam modificações na qualidade da silagem. Oba & Allen (2000) estudando dois

níveis de FDN na dieta de vacas de leite, de 29 (baixo) e 38% de FDN na MS (alto) associados a dois híbridos isogênicos “convencional” e “nervura central marrom 3” verificaram que a silagem de milho com nervura central marrom 3 na dieta com 38% de FDN pode incrementar o consumo de MS pela redução do enchimento ruminal, permitindo refeições maiores, e na dieta com 29% de FDN pode aumentar o consumo de MS realçando o metabolismo (*pools* ruminal e sanguíneo), resultando em produção média de 34,6 kg de leite/dia corrigidos para 3,5% de gordura. Já QIU et al. (2003) em estudo realizado utilizando arranjo fatorial 2 x 2 – dois níveis de FDN na dieta (17 e 21%) supridos pela silagem de milho e dois milhos isogênicos (normal e nervura central marrom) – concluíram que a silagem de milho com nervura central marrom comparado ao milho convencional incrementou o consumo de matéria seca e tendeu a aumentar a produção de proteína do leite. Todavia, segundo esse trabalho a menor concentração de lignina no milho com nervura central marrom nem sempre resulta em maior digestibilidade da FDN no rúmen e em todo o trato gastrointestinal.

TABELA 1. Desempenho relativo de híbridos de milho pré-selecionados por baixa e alta concentração de NDF em 61 experimentos conduzidos entre 1995 e 2000 em seis locais em Wisconsin.

Níveis de FDN	P de MS (t/ha)	MS (%)	Linha do leite	PB (%MS)	FDA (%MS)	FDN (%MS)	Dig. IV Verd. (%)	Dig. FDN (%)	Amido (%MS)	Milk 1995		Milk 2000	
										PL por t de MS (kg/t)	PL por ha (kg/ha)	PL por t de MS (kg/t)	PL por ha (kg/ha)
FDN baixo	17,1	39,0	0,44	7,3	22,4	44,4	78,4	51,6	32,0	2.110	15.800	3.150	23.900
FDN médio	17,1	38,0	0,45	7,3	23,2	45,7	77,8	51,5	30,2	2.020	15.300	3.110	23.700
FDN alto	17,4	38,3	0,50	7,3	23,7	46,5	77,4	51,5	29,5	1.960	15.000	3.090	23.800
DMS (0,05)	NS	0,9	0,03	NS	0,4	0,6	0,4	NS	0,8	40	600	30	NS

Fonte: Adaptado de Schwab et al. (2003)

P de MS = Produção de matéria seca de silagem por hectare; MS= matéria seca; PB = proteína bruta, ADF= fibra em detergente ácido; NDF = fibra em detergente neutro; Dig. IV Verd. = digestibilidade in vitro verdadeira; Dig. NDF = digestibilidade in vitro da fibra em detergente neutro; PL por T de MS = produção de leite por tonelada de matéria seca de silagem de milho; PL por ha = produção de leite por hectare; DMS = Diferença mínima significativa.

### 1.2.2 Procedimentos de colheita das plantas de milho para silagem e teor de FDN

Mühlbach (2003) ao comparar os teores de FDN de silagens de milho da literatura nacional com dados da literatura americana e européia (Tabela 2) verificou diferenças da ordem de 15 e 25 unidades percentuais a mais para silagem de milho produzida no Brasil, o que, segundo o autor, requer ajustes não só no modo de expressar o teor de FDN mas provavelmente também nos procedimentos de produção das silagens de milho, especialmente quando estas forem elaboradas para dietas de ruminantes de alta produção, que requerem volumosos de baixo teor de FDN.

TABELA 2. Comparações de qualidade bromatológica de silagens de milho.

Origem dos dados	Frações bromatológicas			
	MS (%)	FDN (%MS) <sup>1</sup>	FDA (%MS) <sup>1</sup>	PB (%MS)
EUA (NRC, 2001)	35,0	45,0 (1033)	28,1 (1033)	8,8
Europa (DLG, 2001)	34,0	36,5 <sup>2</sup>	21,5 <sup>2</sup>	8,0
Berto et al. (1998)	33,7	52,1 (34)	30,3 (34)	6,1
Freitas et al. (1994)	28,8	60,4 (01)	34,3 (113)	6,7
Fontaneli et al. (2002)	--	60,7 (229)	29,9 (221)	7,9
Valadares Filho et al. (2001)	30,9	55,7 (163)	30,8 (112)	6,7

Fonte: Mühlbach (2003)

1. Valores entre parêntesis representam o número de amostras analisadas. 2. Silagem de qualidade "média", com correção para o conteúdo de cinzas.

Devido ao exposto acima e por demais motivos, muitos pesquisadores tem buscado constantemente a redução do teor de FDN da silagem de milho produzida ou melhora na digestão desta fração.

Entre as diversas maneiras de diminuir o teor de FDN da silagem Restle et al. (2002) sugerem a possibilidade de manipulação do processo de colheita das plantas de milho para ensilagem, através da elevação da altura de

corte visto que aumenta a proporção de grão na massa ensilada, em detrimento de colmos e folhas senescentes. Avaliando silagens de milho do híbrido AG-5011 colhidas com duas alturas de corte 20 e 42 cm Restle et al. (2002) conseguiram diminuir o teor de FDN no colmo das plantas em apenas 1,33 unidades percentuais, com o incremento na altura do corte, na colheita. Porém, as significativas alterações nas proporções de colmo (25,7 para 19,9%), folhas (25,9 para 28,1%) e espiga (42,2 para 43,2) respectivamente para as plantas colhidas com 20 e 42 cm de altura de corte, refletiram uma diferença de 6,33 unidades percentuais no teor de FDN na silagem produzida. Apesar do menor teor de FDN não houve diferença quanto ao consumo de matéria seca e no ganho de peso dos bezerros da raça Braford, em confinamento. Entretanto, houve diferença numérica sobre a espessura de gordura da carcaça. A dieta com silagem de milho colhida a 42 cm de altura foi 54,5% superior a de 20 cm cujas carcaças apresentaram 3,67 mm de espessura de gordura. Esta diferença na quantidade de gordura da carcaça indica que a silagem das plantas colhidas na maior altura de corte forneceu maior quantidade de energia aos animais. Os autores relatam no trabalho que provavelmente a regulação do consumo dos animais do tratamento com silagem de milho colhida a 42 cm foi determinada por fatores metabólicos ao invés de distensão ruminal, como no caso da silagem de 20 cm.

Fernandez et al. (2004) avaliando silagens de milho em experimento com arranjo fatorial 2 x 2 (dois níveis de MS (24 e 32%) e dois tamanhos de picado (4,2 e 12,0 mm)) verificaram que a colheita com 32% de MS proporcionou diminuição no teor de etanol de 8,0 para 3,6 g/kg MS, aumento

no amido de 25 para 31% na MS, diminuição na FDN de 47 para 42% na MS e diminuição na FDA de 28 para 24% na MS, em relação a ensilagem com material de 24% de MS, devido ao aumento da proporção de grão no estágio mais avançado, sendo que a composição química não variou em função do comprimento de corte. Johnson et al. (1999) afirmam que o estágio de maturidade no momento da colheita é o fator preponderante na determinação do valor nutritivo da silagem. Segundo Fernandez et al. (2004) os efeitos de estágio de maturidade e tamanho teórico de corte não foram significativos no consumo de matéria seca e produção de leite, porém o tratamento com 32% de MS e comprimento de corte de 12 mm aumentou a digestão do amido no intestino delgado suprindo mais glicose exógena, mas não aumentou a produção de leite. Todavia, a capacidade de neoglicogênese pelo fígado e suprimento de glicose para a glândula mamária não foram limitantes para a produção de leite com média de 15,3 kg/vaca/dia das vacas multíparas utilizadas, as quais apresentaram balanço energético positivo, com 92 dias de lactação, em média.

Andrae et al. (2001) avaliaram híbrido, maturidade (1/2 e 1 da linha do leite) e processamento mecânico (comprimento teórico de corte de 1,9 cm, sem ou com rolos com distância de 1 mm para esmagamento) sobre a qualidade nutricional da silagem de milho de planta inteira através de ensaios de digestibilidade *in vivo* e degradabilidade *in situ* com novilhos da raça Angus. Concluíram que os efeitos (híbrido, maturidade e processamento) afetam as características de digestão de silagens de milho de planta inteira, consumo de matéria seca e a digestão do amido, a qual aumenta com o processamento,

mas a digestibilidade da fibra decresce. A silagem de milho colhida com o grão de milho fisiologicamente maduro (linha preta) apresenta menor taxa e magnitude de digestão para o amido e menor degradação da fibra em comparação ao estágio de grão na metade da linha do leite. Estes autores sugerem que o processamento físico facilita a aderência das bactérias às partículas de alimento no rúmen, a fermentação da parede celular e o acesso das enzimas.

Johnson et al. (2003) relatam que o esmagamento e o recorte do colmo em alguns experimentos melhoraram a digestibilidade da FDN. Portanto, o corte das plantas com maior altura no momento da colheita combinado a outros procedimentos como, por exemplo, menor tamanho teórico de corte e esmagamento da massa pode fazer com que o valor nutricional das silagens de milho reflita-se em ganhos biológicos e econômicos, através de maior fornecimento de energia aos animais e com maior taxa de passagem pelo trato digestivo, permitindo maior ingestão de alimentos e/ou fornecimento de nutrientes aos animais.

### **1.2.3 Procedimentos de ensilagem e “desensilagem” visando manter os carboidratos solúveis e/ou diminuir os teores de FDN em silagem de milho**

Segundo Rotz & Muck (1994) o objetivo primário da conservação de forragens é manter a matéria seca colhida com perdas mínimas dos nutrientes. Os autores supracitados com base em várias literaturas indicam que as perdas médias na produção de silagem variam de 14 a 24%, sendo que,

aproximadamente, a metade ocorre durante a estocagem, e que, geralmente, a soma das perdas físicas ou a exaustão de nutrientes como os carboidratos solúveis ocasionam aumentos de três a 12% no teor de FDN na MS das silagens produzidas e uma pequena variação para menos ou para mais na concentração de proteína. Mühlbach (2003) menciona que provavelmente as técnicas inadequadas de ensilagem (fase aeróbia prolongada e fermentação heterolática ineficiente) e de “desensilagem” (aquecimento) ainda vigentes no nosso meio, resultem no desperdício excessivo de glicídios solúveis e, com isso, proporcionalmente, num aumento do teor de fibra em detergente neutro no produto final.

Muck (1988) afirma que os quatro principais processos que podem afetar negativamente a massa verde no momento da ensilagem são: respiração das plantas, atividade enzimática das plantas, atividade clostrídica e atividade microbiana aeróbia. Rotz & Muck (1994) concluem que a respiração das plantas durante a colheita primeiramente ocasiona perdas dos carboidratos solúveis e, conseqüentemente, as concentrações de PB, FDN, FDA, lignina e outras frações que não são diretamente afetadas pela respiração, aumentam em proporção, devido às perdas de MS, sendo que parte da proteína verdadeira é convertida a nitrogênio não protéico.

No entanto, os procedimentos de “desensilagem” também podem afetar a qualidade nutritiva do produto até seu consumo. Conforme Ranjit & Kung Jr. (2000) silagem sem a presença de oxigênio e com acúmulo de ácido láctico resulta na diminuição do pH, inibição do metabolismo microbiano e preservação dos nutrientes. Entretanto, com a exposição ao ar, certos



microorganismos oportunistas tornam-se metabolicamente ativos, produzem calor e consomem nutrientes da silagem. Woolford (1990) afirma que a deterioração aeróbia da silagem nem sempre é acompanhada por aquecimento da massa, especialmente quando o teor de MS é baixo devido a absorção do calor gerado pela água. Contudo, a deterioração aeróbia é invariavelmente acompanhada por perdas dos ácidos orgânicos, proteína e carboidratos. Rotz & Muck (1994) afirmam que a degradação aeróbia da silagem pode ser causada por fungos e bactérias acetogênicas que utilizam como substratos açúcares residuais e produtos da fermentação, elevando a temperatura das silagens até 45°C. Posteriormente, poderão surgir fungos resultando na produção de micotoxinas. Filya (2003) expondo silagem de milho ao ar por cinco dias verificou elevação de pH de 3,72 para 6,18 e desenvolvimento de leveduras e fungos com contagens, respectivamente, de 3,86 para 7,26 e 3,26 para 3,45 log<sub>10</sub> de unidades formadoras de colônia por grama de silagem.

Clark (2005) sugere que a “desensilagem” de camadas inferiores a 15 cm ocasiona perdas de matéria seca de 11%, após a abertura do silo. O tempo necessário para o surgimento do aquecimento da fatia de corte do silo depende de fatores como: concentração de microrganismos aeróbios, tempo de exposição, características das silagens e da temperatura ambiente (Muck & Bolsen, 1991) além da densidade de compactação. Bolsen (2005) afirma que a taxa de “desensilagem” pode ser suficiente para prevenir que a silagem exposta ao ar aqueça e apresente perdas de matéria seca e dos produtos da fermentação, recomendando para tal uma remoção diária de uma fatia de 15 a 30 cm de espessura. Contudo, em condições climáticas quentes ou úmidas

pode ser necessário retirar uma fatia de espessura de 45 cm ou mais a fim de prevenir perdas decorrentes da aerobiose, particularmente em silagens de alta umidade como silagens de milho de planta inteira, de sorgo e de cereais de inverno, além de silagem de grão úmido de milho. Conforme Woolford (1990), silos mais estreitos que permitam a intensa compactação com tratores são mais adequados para se manejar a retirada de silagem.

Hoffman & Ocker (1997) avaliando o efeito de silagens de milho aerobiamente estáveis ou instáveis na alimentação de vacas de leite verificaram que a produção de leite das vacas alimentadas com silagens deterioradas pela exposição ao ar diminuiu 3,2 kg de leite por dia em relação às vacas alimentadas com forragens frescas ou silagem de milho estável. Segundo Woolford (1990) a presença de ar no silo resulta em maiores perdas de matéria seca durante a “desensilagem” do que quando o silo é fechado. Conforme Mcgechan (1990) as perdas decorrentes da infiltração de ar durante o enchimento do silo variam entre um e dois por cento enquanto as perdas decorrentes da aeração na “desensilagem” variam entre dois e 19% sendo que as perdas totais não perceptíveis podem variar entre dez e 25%.

Segundo Ranjit & Kung Jr. (2000) em muitas propriedades a silagem é frequentemente submetida a diversas magnitudes de deterioração aeróbia antes e durante a alimentação dos animais, por exemplo, pela incapacidade de remover apenas a quantidade suficiente de silagem do silo para alimentação, resultando em prolongada exposição ao ar da silagem excedente retirada. Outra forma comum de deterioração da silagem por exposição ao ar é o mau fechamento do silo entre as retiradas. Estes mesmos autores afirmam que

alguns produtores americanos para diminuir o trabalho de retirada da silagem ou quando compram a silagem que é transportada em caminhões escolhem alimentar os animais uma vez a cada dois ou três dias. Desta forma a silagem fica exposta ao ar por vários dias perdendo o seu valor nutricional e causando riscos ambientais pelo descarte da porção estragada. Oliveira (2001) recomenda que se a dieta for fracionada em duas ou três refeições ao dia, a silagem também deverá ser retirada duas ou três vezes, imediatamente antes da mistura da dieta e fornecimento aos animais, evitando assim perdas indesejáveis no valor nutricional da silagem.

Ranjit & Kung Jr. (2000) avaliando o efeito da exposição da silagem do milho ao ar após a “desensilagem” por até 72 horas, em condições laboratoriais, com apenas três quilos de silagem, obtiveram perdas de até 5,3% da MS, elevação do pH de 3,66 para 5,02 e diminuição dos teores carboidratos solúveis em água de 3,68 para 1,35% da MS, ácido láctico de 7,72 para 1,35% da MS e ácido acético de 1,82 para 0,08% da MS.

### **1.3. Análises laboratoriais para definir a qualidade nutricional de plantas e de silagem de milho**

A princípio, o parâmetro mais consistente para caracterizar a qualidade dos alimentos é o desempenho animal. No entanto, experimentos desta natureza são relativamente onerosos e demandam muito tempo para a obtenção de resultados. Isto inviabiliza a utilização desta técnica como rotina para avaliar alimentos para ruminantes. Nestes animais, o alimento ingerido é previamente fermentado no rúmen antes de alcançar o intestino delgado. Deste

modo, o processo digestivo torna-se complexo e variável, alterando-se a medida que varia, entre outros, o nível de consumo e a composição da dieta ou vice-versa. Além disso, a composição química e a digestibilidade dos alimentos são amplamente modificados em função de uma série de fatores, como a espécie, estágio de crescimento, clima, fertilidade do solo, formas e condições de armazenamento, entre outros. Em função disto, ao longo de muitos anos vem sendo desenvolvidos métodos laboratoriais indiretos para avaliar o potencial nutricional de alimentos para os ruminantes. Inicialmente foram desenvolvidas equações empíricas, baseadas unicamente na análise centesimal dos alimentos, as quais são relativamente simplificadas, mas que apresentam baixa exatidão na estimativa do consumo e desempenho dos animais. Recentemente foram desenvolvidos modelos mecanísticos com maior capacidade de estimativa, como o *The Cornell Net Carbohydrate and Protein System Model* (CNCPS), mas que exigem uma análise mais complexa dos alimentos. O uso deste tipo de modelo depende da quantificação das diferentes frações de carboidratos e proteínas, e das suas respectivas taxas de fermentação e passagem pelo trato digestivo dos animais. Estas avaliações podem ser feitas utilizando, além de métodos de análise química, experimentos de digestão *in vivo*, técnicas *in situ* e técnicas *in vitro*. Recentemente Maurício et al. (1999) adaptaram uma técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, que permite avaliar a digestibilidade, a taxa e a magnitude de degradação dos alimentos, em vários horários sem destruir a amostra. Segundo Getachew et al. (1998) a técnica *in vitro* de produção de gases pode ser utilizada como método rotineiro para avaliação de alimentos, uma vez que

existe uma alta correlação entre a produção de gases *in vitro* e digestibilidade aparente *in vivo*.

No entanto, a forma mais corriqueira ainda hoje de se expressar o valor energético dos alimentos é por meio do teor de nutrientes digestíveis totais o qual pode ser calculado distintamente pelas fórmulas de Weiss et al. (1992) e NRC (2001), dentre outras.

A avaliação nutricional da silagem de milho pode ser realizada pelas formas expostas acima com o cuidado de que é um alimento volumoso com considerável proporção de amido e açúcares, o que pode resultar em erros com os diversos métodos desenvolvidos para volumoso ou concentrado. Nos valores tabelados por Tedeschi et al. (2002) a silagem de milho brasileira pode ser considerada como sendo um alimento com 80% de volumoso e 20% de concentrado. Anteriormente ao fornecimento da dieta aos animais há alguns parâmetros de consenso entre os nutricionistas de ruminantes que devem ser avaliados sobre a qualidade fermentativa da silagem, entretanto com algumas variações quanto à interpretação dos mesmos. A seguir são consideradas duas definições sobre a qualidade fermentativa da silagem de milho:

- Van Soest (1994) definiu as seguintes como sendo características de uma silagem de qualidade: pH 3,8, poucas espécies de microorganismos, síntese de células limitada a menos de 5%, zero por cento de desaparecimento da celulose disponível (alguma fermentação de hemicelulose e pectina no silo), e produtos finais como: ácido láctico, ácido acético em pequenas quantidades, quantidade mínima de ácido butírico, dióxido de carbono.

- Ferreira (2001a) qualificou como silagem de processo de

fermentação adequado aquela apresentando em média: pH 3,8 a 4,2, ácido láctico 6,0 a 8,0% da MS, ácido acético menor que 2,0% da MS, ácido propiônico de 0 a 1,0% da MS, ácido butírico menor que 0,1% da MS e N-NH<sub>3</sub> menos que 10% do nitrogênio total.

### **1.3.1 Teor de matéria seca em silagem de milho**

A determinação do teor de matéria seca (MS) é o ponto de partida da análise de alimentos, sendo de grande importância na comparação do valor nutritivo, entre alimentos (Silva & Queiroz, 2002). Estes mesmos autores afirmam que a umidade pode ser determinada por processos indiretos (quantificação do teor de MS) e diretos (quantificação do teor de água), sendo que o método indireto utilizando estufa com circulação de ar forçada na temperatura de 55°C superestima o teor de matéria seca, por volatilizar outras substâncias além da água.

Petit et al. (1997) em trabalho realizado avaliando o teor de água (direto) ou MS (indireto) em 57 silagens de gramíneas, 18 silagens de leguminosas e 15 silagens mistas (gramíneas e leguminosas) por quatro métodos: extração por tolueno (ET), cromatografia gasosa (CG), *Karl Fischer titration* (KF) e secagem em estufa concluíram que o método mais promissor é o KF, visto que a secagem em estufa elimina os constituintes voláteis, o tolueno é cancerígeno e a técnica por CG para muitos laboratórios ainda é financeiramente inviável.

Portanto, apesar da secagem em estufa superestimar o teor de MS ainda é o método mais utilizado nos laboratórios de países em

desenvolvimento, como o Brasil, devido ao baixo custo. Porém, há urgência em equipar melhor os laboratórios a fim de determinar corretamente o real teor de MS das silagens e permitir um controle adequado das dietas quanto aos teores de ácidos orgânicos voláteis e nitrogênio amoniacal.

### **1.3.2 Avaliação da silagem de milho através da taxa e magnitude de degradação**

Existem muitos métodos disponíveis para se medir a qualidade da dieta, cada um com suas possibilidades e problemas (San Thiago & Barrocas, 2005). A digestibilidade *in vivo* é o método mais preciso para a determinação da digestibilidade aparente total, porém não permite o estudo da digestão parcial dos alimentos, inviabilizando o entendimento da interação alimento *versus* ecossistema ruminal. No entanto, os inconvenientes limitantes da técnica são: necessidade de grandes quantidades do alimento a ser avaliado, avalia poucos alimentos por vez, é demorado e oneroso e tem baixa repetibilidade.

Segundo Cottrill (1998) o desenvolvimento do método de digestibilidade *in vitro* de Tilley & Terry (1963) foi um acontecimento histórico para a determinação da digestibilidade da matéria orgânica dos alimentos volumosos. Apresenta alta correlação com os dados de digestibilidade *in vivo* para alimentos volumosos de média qualidade, os resultados são obtidos rapidamente, é menos dependente de animais, necessita pequena quantidade de amostra do alimento avaliado, avalia vários alimentos por vez, possui baixo custo e alta repetibilidade.

Segundo Nocek (1997) devido ao processo fermentativo ruminal, o valor da digestibilidade aparente total obtido para um alimento é insuficiente para avaliar o seu real valor nutricional, pois a utilização mais eficiente de um alimento em um sistema de produção de ruminantes envolve a manipulação da proporção com que nutrientes específicos tornam-se disponíveis aos microorganismos ruminais e a estimativa da quantidade que escapa da fermentação ruminal e que é digerida no intestino delgado.

Desse modo, para estudar a taxa e magnitude de degradação ruminal dos alimentos foi desenvolvida a técnica de degradabilidade *in situ* por Mehrez & Orskov (1977) utilizando sacos de náilon com aplicação dos modelos matemáticos descritos por Orskov & McDonald (1979) e McDonald (1981).

A degradabilidade *in situ* foi intensamente estudada e utilizada na última década do século passado, no Brasil, em função do surgimento de novos sistemas de cálculo de ração desenvolvidos pelo AFRC (1993) e NRC (1996). No entanto, esta técnica apresenta várias desvantagens que são: falta de padronização entre laboratórios, contaminação dos alimentos com microorganismos resultando em subestimativa da degradação dos nutrientes, problemas de perdas de materiais pelos poros dos sacos de náilon superestimando a degradação, efeitos da relação quantidade de amostra com a superfície dos sacos sobre os resultados, etc.

Ademais, as técnicas gravimétricas como digestibilidade *in vitro* (Tilley & Terry, 1963) e degradabilidade *in situ* determinam o desaparecimento dos alimentos considerando-os como aproveitados pelo metabolismo animal, mas não consideram que produtos finais da fermentação ruminal como os



ácidos graxos voláteis, a amônia e a massa microbiana derivada são os principais nutrientes dos ruminantes.

Com o advento da técnica metabólica *in vitro* de produção de gases, primeiramente descrita com sucesso por Menke et al. (1979) e depois modificada por vários autores (Pell & Schofield (1993), Theodorou et al. (1993)) e mais recentemente por Maurício et al. (1999), que otimizaram o uso dessa técnica pelos laboratórios, a pesquisa em nutrição de ruminantes tomou novos rumos, pois esta técnica juntamente com o sistema CNCPS, fazendo uso do fracionamento da fibra (FDN, FDA e LAD) desenvolvido por Goering & Van Soest (1970) possibilitam conhecer a qualidade e o potencial dos alimentos destinados a ruminantes. Assim os nutricionistas conseguem formular rações mais próximas às exigências nutricionais tanto dos animais (nutrientes sobrepassantes, mas digestíveis), bem como da microbiota ruminal (nutrindo indiretamente o hospedeiro), minimizando a falta e/ou excesso. Em consequência, o desempenho animal também é estimado com maior acurácia, logo, os sistemas de produção animal tornam-se mais eficazes.

Conforme Orskov (1998) a taxa de degradação dos alimentos é um parâmetro importante a ser considerado porque distintos alimentos podem ter a mesma magnitude de degradação, porém com diferentes taxas de degradação e valores mais altos para taxa de degradação aumentam o fluxo de saída das partículas para fora do rúmen, permitindo maior ingestão de alimentos.

No entanto, deve-se ter o cuidado de se utilizar o modelo matemático mais adequado para o ajuste das taxas de degradação que podem variar, em função, do modelo escolhido. France et al. (2005) estudando

modelos para ajustar a taxa de degradação dos valores obtidos através da técnica *in vitro* de produção de gases afirmam que o modelo perfeito deve ser capaz de modelar variações da curva sem ponto de inflexão bem como de curvas sigmóides em que o ponto de inflexão é variável.

## **CAPÍTULO II**

### **ALTERAÇÕES BROMATOLÓGICAS EM SILAGENS DE MILHO “SAFRINHA”, SOB DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO AO AR ANTES DA ENSILAGEM**

#### **Introdução**

Segundo Rotz & Muck (1994) o objetivo primário da conservação de forragens é manter a matéria seca colhida com perdas mínimas dos nutrientes. Os autores supracitados com base em várias literaturas indicam que as perdas médias na produção de silagem variam de 14 a 24%, sendo que, aproximadamente, a metade ocorre durante a estocagem, e que, geralmente, a soma das perdas físicas ou a exaustão de nutrientes como os carboidratos solúveis ocasionam aumentos de três a 12% no teor de FDN na MS das silagens produzidas e uma pequena variação para menos ou para mais na concentração de proteína. Mühlbach (2003) menciona que provavelmente as técnicas inadequadas de ensilagem (fase aeróbia prolongada e fermentação heterolática ineficiente) e de “desensilagem” (aquecimento) ainda vigentes no nosso meio, resultem no desperdício excessivo de glicídios solúveis e, com isso, proporcionalmente, num aumento do teor de fibra em detergente neutro no produto final. Dias (2002) afirma que a composição das frações da planta de milho tem influência direta na qualidade da planta de milho, em virtude de fatores genotípicos e fenotípicos, sendo que as duas frações que mais representam a planta de milho são a FDN e o amido. Qualquer alteração nesses dois parâmetros resulta em grandes alterações no valor nutricional da

planta de milho. Johnson et al. (1999) afirmam que o estágio de maturidade no momento da colheita é o fator preponderante na determinação do valor nutritivo da silagem. Conforme Oba & Allen (2000) a digestibilidade da FDN influencia o desempenho animal independente da concentração dietética da FDN.

Muck (1988) afirma que os quatro principais processos que podem afetar negativamente a massa verde no momento da ensilagem são: respiração das plantas, atividade enzimática das plantas, atividade clostrídica e atividade microbiana aeróbia. Rotz & Muck (1994) concluem que a respiração das plantas durante a colheita primeiramente ocasionam perdas dos carboidratos solúveis e, conseqüentemente, as concentrações de PB, FDN, FDA, lignina e outras frações que não são afetadas pela respiração, aumentam em proporção, devido às perdas de MS, sendo que parte da proteína verdadeira é convertida a nitrogênio não protéico.

No presente estudo objetivou-se avaliar o efeito da maturidade dos grãos de milho e o efeito do tempo de exposição ao ar antes da ensilagem na composição nutricional da silagem de milho “safrinha” de planta inteira.

### **Material e Métodos**

O trabalho de campo foi desenvolvido na Granja Três Capões de propriedade do Sr. Luiz José Fialho Velho, no município de Palmeira das Missões, RS, onde foi realizada a colheita manual das plantas de milho cortadas 15 centímetros acima do nível do solo de uma lavoura de milho “safrinha” cultivada em sistema de plantio direto na palha. O híbrido AG5151 foi semeado com espaçamento entre linhas de 0,75 m e o estande final de plantas

atingiu 50.000 por hectare. A adubação de base NPK foi de 250 kg/ha e a adubação de cobertura nitrogenada com uréia foi de 100 kg/ha dividida em duas aplicações. O tipo de solo do município de Palmeira das Missões segundo Streck et al. (2002) é classificado como latossolo vermelho distrófico típico – LVd3 e o clima segundo Moreno (1961) é do tipo Cfa, clima subtropical com verões quentes e chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com temperatura média mais quente de 22°C.

Foram realizadas duas colheitas, a primeira no estágio de maturidade do grão completamente leitoso, realizada no dia 26 de abril de 2004 e a segunda colheita com o grão no estágio ½ leitoso ½ farináceo, em 18 de maio de 2004. A colheita das plantas em ambos os estádios de maturidade ocorreu entre as 16 e 18 horas do dia, e no momento dos cortes foram desprezadas as bordaduras da lavoura de milho, seguindo-se com o corte das demais plantas até atingir aproximadamente 1.000 kg de matéria verde, em cada corte. A seguir procedeu-se a picagem das plantas em ensiladeira regulada para um tamanho de corte teórico médio de 1,2 cm, constituindo-se os tratamentos apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Tratamentos conforme estágio ao corte e tempo de exposição ao ar antes da ensilagem.

Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem	Estádio de maturidade do grão de milho	
	Leitoso	½ Leitoso ½ Farináceo
Zero hora	L00	F00
12 Horas	L12	F12
24 Horas	L24	F24
36 Horas	L36	F36

Descrição dos tratamentos: L00 e F00 = silagens do tratamento controle, com enchimento e fechamento dos silos o mais rápido possível após

a picagem das plantas de milho. A ensilagem foi realizada em mini-silos constituídos por dois sacos plásticos com espessura de 12 micras cada, sobrepostos, sendo que para facilitar a compactação realizada através de pisoteio, esses sacos foram introduzidos e armados sobre baldes plásticos com capacidade de 20 litros. Antes do fechamento propriamente dito dos sacos plásticos (mini-silos) realizou-se sucção com aspirador de pó doméstico para a retirada de eventual ar residual. Após 10 horas da vedação dos mini-silos os mesmos foram retirados de dentro dos baldes e armazenados em sala fechada protegida da radiação solar. Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os mini-silos antes e após a retirada de dentro dos baldes plásticos.



FIGURA 1. Vista dos mini-silos dentro dos baldes plásticos.



FIGURA 2. Vista dos mini-silos após a retirada dos baldes plásticos.

O enchimento e fechamento para os demais tratamentos aconteceram 12, 24 e 36 horas após o material ter sido picado e ter ficado exposto ao ar sem compactação por esses períodos, constituindo-se os tratamentos L12 e F12, L24 e F24 e L36 e F36, respectivamente.

Anteriormente às ensilagens, foram coletadas amostras das plantas verdes (materiais originais) de cada tratamento na quantidade de um quilograma, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Nos dez minutos que antecederam o início do enchimento dos mini-silos nos tempos 12, 24 e 36 horas após a picagem realizou-se monitoramento do aquecimento da massa verde exposta ao ar sem compactação. Foram utilizados cinco termômetros de mercúrio líquido graduados de um em um

grau Celsius, com capacidade de menos dez graus até 250<sup>o</sup> Celsius, distribuídos na massa, em diferentes profundidades.

### **Análises laboratoriais**

As análises foram realizadas nos laboratórios de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS e do Centro de Pesquisa de Pecuária dos Campos Sul-Brasileiros (EMBRAPA Pecuária Sul), Bagé – RS e no Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Análises Laboratoriais do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos da UFSM.

No momento da abertura, realizou-se retirada de amostra do miolo do silo, ou seja, desprezaram-se as camadas superiores, inferiores e laterais de cada mini-silo. Imediatamente à amostragem procedeu-se a determinação do teor de matéria parcialmente seca, por 72 horas em estufa de circulação e renovação de ar forçada a  $55 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  em parte do material até peso constante, sendo o restante armazenado à  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Para as determinações de pH e nitrogênio amoniacal prensou-se uma quantidade de silagem suficiente para coleta de 50 mL de extrato de silagem. O pH foi determinado no extrato utilizando-se potenciômetro digital e o teor de nitrogênio amoniacal foi determinado segundo Weatherburn (1967) por método colorimétrico.

As determinações de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido determinada empregando ácido sulfúrico, proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em



detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), foram realizadas segundo procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002), utilizando amostras moídas em moinho do tipo Willey com peneira de um milímetro. A determinação da fibra insolúvel em detergente neutro (FIDN) também foi realizada segundo Silva & Queiroz (2002), porém optou-se por não utilizar sulfito de sódio na solução em detergente neutro. Por isso, a proteína remanescente na FIDN foi subtraída após a multiplicação do fator 6,25 pelo teor do NIDN. No presente trabalho, de acordo com o que Mertens propõe em dois artigos recentes (2002 e 2003) a abreviação FDN expressa a determinação com o uso de alfa amilase termoestável porém sem descontar a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e as cinzas residuais, enquanto que a abreviação FDNcp expressa o teor de fibra em detergente neutro determinada com o uso de alfa amilase termoestável e descontando-se a PIDN e as cinzas residuais.

As determinações de açúcares solúveis (Ac. Sol.) e matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% (MORIE) foram realizadas conforme Hall (2000) e na determinação de amido utilizou-se a metodologia descrita por Walter (2005).

### **Cálculo das frações de carboidratos e NDT**

Após as determinações foram realizados os cálculos do fracionamento dos carboidratos segundo Sniffen et al. (1992):

#### **Carboidratos totais (CHOT)**

$$\text{CHOT} = 100 - [\text{PB (\%MS)} + \text{EE (\%MS)} + \text{MM (\%MS)}]$$

### **Fração C (C)**

$$C (\%CHOT) = 100 \times [FDN (\%MS) \times 0,01 \times Lig (\%FDN) \times 2,4] / CHOT (\%MS)$$

### **Fração B<sub>2</sub> (B<sub>2</sub>)**

$$B_2 = 100 \times [(FDN (\%MS) - PIDN (\%PB) \times 0,01 \times PB (\%MS) - FDN (\%MS) \times 0,01 \times Lig (\%FDN) \times 2,4] / CHOT (\%MS)$$

### **Carboidratos não estruturais (CNE)**

$$CNE (\%CHOT) = 100 - B_2 (\%CHOT) - C (\%CHOT)$$

### **Fração B<sub>1</sub> (B<sub>1</sub>)**

$$B_1 = Amido (\%CNE) \times (100 - B_2 (\%CHOT) - C (\%CHOT)) / 100$$

### **Fração A (A)**

$$A = (100 - Amido (\%CNE)) \times (100 - B_2 (\%CHOT) - C (\%CHOT)) / 100$$

Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados segundo Weiss et al. (1992) e NRC (2001), respectivamente com as equações:

$$NDT_{1x} (g/kg \text{ de MS}) = CNFvd + PBvd + (EE-10) \times 2,25 + FDNvd - 70$$

$$NDT_{1x} (\%) = CNFvd + PBvd + (EE-1) \times 2,25 + FDNvd - 7$$

em que: NDT<sub>1x</sub> = nutrientes digestíveis totais para o consumo de 1x a manutenção; CNFvd = carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis; PBvd = proteína bruta verdadeiramente digestível; FDNvd = fibra em detergente neutro verdadeiramente digestível e 70 ou 7 = constante de desconto dos constituintes metabólicos fecais.

### **Técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases**

O estudo da cinética de degradação da matéria seca foi realizado através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (TIVSPG)

conforme Maurício et al. (1999). Foi incubada um grama de amostra por frasco com capacidade de 160 mL dos quais 90 mL foram ocupados por meio de cultura, segundo Theodorou et al. (1994) e por dez mL de inóculo ruminal restando 60 mL para expansão dos gases produzidos na fermentação. A injeção dos 90 mL do meio de cultura foi realizada cinco horas antes da inoculação propriamente dita dos frascos que permaneceram em estufa a 39°C. Além da coleta de líquido ruminal, foi retirada uma parte de material sólido do rúmen e agitados juntamente com o líquido em liquidificador na proporção de 1:1, durante vinte segundos. Após foram filtrados em sacos de náilon com porosidade de 48 micras. A pressão ocasionada pelo acúmulo de gases decorrente da fermentação nos tempos uma, três, seis, oito, dez, 12, 14, 16, 22 e 24 horas foi mensurada usando-se um transdutor de pressão tipo PDL 200 e para transformação da pressão em volume utilizou-se a equação estabelecida no Laboratório de Nutrição Animal da EMBRAPA Pecuária Sul descrita por Velho et al. (2003) sendo  $Y = -0,9831 + 4,8533 P + 0,0583 P^2$  ( $r^2 = 98,79$ ), onde Y = volume de gases em mL e P = pressão dos gases dentro das garrafas de fermentação (PSI).

O inóculo utilizado foi retirado de um boi da raça Jersey, de cinco anos de idade e peso médio de 500 kg, o qual ficava em um potreiro de 0,2 hectares com disponibilidade constante de água potável e pastagem com presença de trevo branco (*Trifolium repens*), cornichão (*Lotus corniculatus*), capim quicuío (*Pennisetum clandestinum* Hochs) e capimannoni 2 (*Eragrostis plana* Nees). Dez dias antes da retirada do inóculo, o boi foi alimentado

diariamente com 20 kg de silagem de milho de planta inteira e dois kg de concentrado.

Ao final das 24 horas, as amostras foram submetidas à digestão em solução em detergente neutro, em sistema de refluxo contínuo por uma hora com adição de 100 µl de enzima alfa-amilase e a filtragem foi realizada em cadinhos de vidro com placa de porosidade dois para determinação da digestibilidade *in vitro*. Após o resíduo foi incinerado em forno mufla a 550°C por quatro horas para determinação da matéria orgânica.

O fator de partição (FP) foi determinado segundo Makkar (2004):

$$FP = \frac{mg\ MO\ verdadeiramente\ degradada}{ml\ gases\ nas\ 24\ horas\ de\ incubação}$$

Para ajuste das taxas de degradação aplicou-se o modelo descrito por France et al. (1993):

$$Y = A - BQ^t Z^{\sqrt{t}}$$

$$\text{onde } Q = e^{-b}, \quad Z = e^{-c}, \quad B = e^{bT + c\sqrt{T}}$$

sendo que: **Y** = Produção de gases acumulativa (mL); **t** = tempo de incubação (hora); **A** = é o valor da assíntota para o tamanho do “pool” de gases (mL); **T** = “lag time”; **b** = h<sup>-1</sup> e **c** = h<sup>-0,5</sup>, sendo que o referido modelo de France et al. (1993) é facilitado pelo uso da expressão:

$$Y = A \{1 - \exp[-b(t - T) - c(\sqrt{t} - \sqrt{T})]\}$$

do “software Maximum Likelihood Program” (MLP) de Ross (1987), do qual, foram retirados alguns parâmetros para cálculo do potencial máximo de produção de gases (**A**), “lag phase” (**Lag**) e a taxa de degradação (**µ**).

### **Delineamento experimental e análises estatísticas**

O experimento foi conduzido através de delineamento completamente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4 (dois estádios de maturação e quatro tempos de exposição ao ar antes da ensilagem), com quatro repetições por tratamentos, onde as unidades experimentais foram os mini-silos. As análises estatísticas foram realizadas seguindo o modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$  = variável resposta;

$\mu$  = média geral da variável;

$\alpha_i$  = efeito do fator estágio do grão de milho, i = Grão completamente leitoso e grão 1/2 leitoso 1/2 farináceo;

$\beta_j$  = efeito do fator tempo de exposição ao ar, j = Zero, 12, 24 e 36 horas;

$(\alpha\beta)_{ij}$  = efeito da interação entre os fatores estágio do grão de milho e tempo de exposição ao ar;

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório.

A repetição "B" do grão completamente leitoso no tempo de 36 horas foi retirada das análises estatísticas, por ser um dado *outlier* para vários parâmetros estudados.

Os dados das amostras originais foram submetidos somente à análise estatística descritiva e os dados das silagens foram submetidos a análise de variância empregando-se o *software* SPSS (1999) e para as variáveis que apresentaram diferença estatística aplicou-se o teste de comparação entre médias Tukey, ao nível de 5%. Os parâmetros que não

apresentaram interações foram submetidos a análise de regressão, porém os coeficientes de determinação foram muito baixos, portanto não sendo apresentadas.

## **Resultados e Discussão**

Nas páginas subseqüentes deste capítulo são apresentados os resultados dos tratamentos aplicados, sendo que os dados individualizados constam nos Apêndices 1, 2, 3, 4 e 5 e análise da variância no Apêndice 6.

Como pode ser verificado na Tabela 2 a temperatura da massa verde a ser ensilada se elevou, ultrapassando a temperatura média dos dias em, pelo menos, 20,5 e 22,7°C para os cortes OL e OF, respectivamente. Rotz & Muck (1994) em revisão sobre variações na qualidade das forragens durante a colheita e estocagem afirmam que a respiração das plantas é incrementada com a temperatura aumentando exponencialmente com temperatura de 27°C. No presente trabalho, as práticas de ensilagem foram realizadas ao amanhecer (sete horas) e ao anoitecer (19:00 horas), logo a amplitude térmica pode ter sido ainda maior. O maior aquecimento verificado no OF concorda com a afirmação de Ferreira (2001a) de que plantas de milho com teores maiores de MS apresentam maior perda na colheita, maior dificuldade de compactação, aquecimento da massa ensilada e menor taxa de fermentação, resultando em silagens de qualidade inferior, principalmente nos silos de superfície. Já plantas de milho com teores baixos de matéria seca apresentam menor produção por hectare, maior perda de nutrientes por lixiviação e redução do valor nutritivo da silagem, resultando, também, em menor consumo de matéria seca.

TABELA 2. Data e temperatura média do dia da confecção da ensilagem e temperatura média da massa a ensilar no momento do enchimento dos mini-silos.

Tratamento	Confecção dos mini-silos experimentais		Temperatura média do dia (°C)*	Temperatura média da massa a ensilar (°C)
	Data	Horário		
Ensilagem Grão Completamente Leitoso				
OL Zero	26/04/2004	19:00	15,9	ND
OL 12	27/04/2004	07:00		39,4
OL 24	27/04/2004	19:00	18,7	38,8
OL 36	28/04/2004	07:00	20,9	41,6
Ensilagem Grão ½ Leitoso ½ Farináceo				
OF Zero	18/05/2004	19:00	11,9	ND
OF 12	19/05/2004	07:00		30,4
OF 24	19/05/2004	19:00	12,2	37,8
OF 36	20/05/2004	07:00	12,8	37,0

OL Zero = Amostra do material original na fase grão completamente leitoso no tempo zero hora; OL 12 = Amostra do material original na fase grão completamente leitoso no tempo 12 horas; OL 24 = Amostra do material original na fase grão completamente leitoso no tempo 24 horas; OL 36 = Amostra do material original na fase grão completamente leitoso no tempo 36 horas; OF Zero = Amostra do material original na fase grão ½ leitoso ½ farináceo no tempo zero hora; OF 12 = Amostra do material original na fase grão ½ leitoso ½ farináceo no tempo 12 horas; OF 24 = Amostra do material original na fase grão ½ leitoso ½ farináceo no tempo 24 horas; OF 36 = Amostra do material original na fase grão ½ leitoso ½ farináceo no tempo 36 horas;

ND = Não determinado.

\* Temperatura média do dia em graus Celsius registrada na Estação Meteorológica de Cruz Alta – RS. Dados fornecidos pelo 8º DISME.

O conteúdo de matéria seca assume papel fundamental quer aumentando a proporção de nutrientes, facilitando processos fermentativos ou diminuindo a ação de microrganismos que afetam negativamente o valor nutricional da silagem (Senger et al., 2004a).

Apesar da maior variação no aquecimento da massa verde no estádio ½ leitoso ½ farináceo em relação à temperatura ambiente, o material ensilado após 36 horas de exposição ao ar ainda apresentava condições mais adequadas para ensilagem. Os valores de pH (Tabelas 5 e 6) indicam que a oxidação aeróbia foi mais intensa no material leitoso do que no ½ leitoso ½ farináceo, provavelmente em função dos maiores teores de açúcares solúveis.

A proporção final de N-NH<sub>3</sub> também foi menor no OF. Segundo Van Soest (1994) a cada aumento de 10°C todas as reações químicas aproximadamente duplicam as suas taxas. Muck (1988), em revisão sobre os fatores que afetam a qualidade de silagens e suas implicações no manejo, disserta que a respiração das plantas após o corte, portanto em déficit fotossintético, causa perdas de matéria seca e carboidratos rapidamente fermentáveis, representando perdas energéticas nas plantas colhidas, além de menor quantidade de substrato para os lactobacilos, diminuindo o valor nutricional da silagem produzida.

Pelos demais dados da Tabela 9 para o tempo zero observa-se que o estágio de corte ½ leitoso ½ farináceo, com maior teor de matéria seca, na Tabela 3 (30,83%), apresentou características que permitiam a produção de silagem de maior qualidade, conforme indicam os teores de FDNcp. Conforme Ferreira (2001a), a digestibilidade da fração estrutural decresce com o avanço do estágio de maturação e a fração não estrutural, de alta digestibilidade, passa a contribuir com maior quantidade de nutrientes digestíveis, a partir de seu surgimento e do seu aumento proporcional na planta. Portanto, para se estabelecer o momento ideal de corte para ensilagem, uma característica importante é o ponto de máximo acúmulo de matéria seca digestível, o qual considera não somente a produção, mas também a digestibilidade da matéria seca da planta total.

Contudo Zeoula et al. (2003), avaliando cinco híbridos de milho com ciclos vegetativos superprecoce, precoce e semiprecoce, cultivados no município de Castro – PR e colhidos em diferentes estádios de maturidade,



quando apresentavam aproximadamente 30%, 34%, 38% 42% e 46% de MS na planta inteira, obtiveram regressões cúbicas para as frações FDN, FDA e LDA da lâmina foliar com o avanço na maturidade, indicando que a proporção destas frações na lâmina foliar é variável com o avanço no estágio de maturidade.

TABELA 3. Teores médios de matéria seca e matéria orgânica das amostras de material original.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	de Maturidade do grão de milho			Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit.	½ Far. <sup>3</sup>	
Matéria Seca (%)				
Zero hora	23,26	30,83		27,05
12 horas	22,08	29,01		25,55
24 horas	22,99	28,36		25,68
36 horas	23,05	27,70		25,38
Média	22,85	28,98		25,92
Desvio padrão	0,52	1,5		3,41 (13,16) <sup>4</sup>
Matéria Orgânica (% da MS)				
Zero hora	95,15	97,46		96,31
12 horas	95,30	96,82		96,06
24 horas	95,26	96,24		95,75
36 horas	95,34	95,61		95,48
Média	95,26	96,53		95,90
Desvio padrão	0,00	0,79		0,85 (0,89) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

O maior teor de matéria seca (Tabela 3) no segundo corte era esperado, devido ao estágio do grão de milho mais avançado, cuja diferença significativa ( $P < 0,05$ ) permaneceu nas silagens produzidas (Tabela 4). No entanto, apesar da diferença estatística ( $P < 0,05$ ) em relação aos estádios de maturidade, as diferenças ocasionadas decorrentes dos tempos de exposição ao ar antes da ensilagem foram de distintas magnitudes.

Os diferentes valores de pH para as amostras de material original de ambos os estádios de maturidade na Tabela 5, provavelmente são reflexos das

distintas proporções iniciais (tempo zero), intermediárias (12 e 24 horas) e finais (36 horas) do teor de açúcares solúveis no momento da ensilagem (Tabela 11), fração glicídica esta que geralmente é consumida pela continuada respiração das plantas ou exaurida por microorganismos aeróbios.

TABELA 4. Teores médios de matéria seca e matéria orgânica das silagens.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Matéria Seca (%)			
Zero hora	22,01	27,91	24,96b
12 horas	20,91	26,55	23,73c
24 horas	20,82	27,88	24,35bc
36 horas	21,60	28,39	25,00a
Média	21,34B	27,68A	24,51
Desvio padrão	0,64	1,12	3,36 (13,71) <sup>5</sup>
Matéria Orgânica (% da MS)			
Zero hora	95,23	96,41	95,82
12 horas	94,73	96,38	95,56
24 horas	95,10	96,01	95,56
36 horas	94,99	96,24	95,62
Média	95,01B	96,26A	95,64
Desvio padrão	0,42	0,29	0,73 (0,76) <sup>5</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

TABELA 5. Valores médios do pH das amostras de material original.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Zero hora	5,48	5,62	5,55
12 horas	5,02	5,14	5,08
24 horas	4,52	4,62	4,57
36 horas	4,54	4,76	4,65
Média	4,89	5,04	3,97
Desvio padrão	0,46	0,45	0,43 (10,73) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Na Tabela 6 é apresentada a interação entre os fatores estágio de maturação do grão e tempo de exposição ao ar antes da ensilagem, em relação aos valores de pH, sendo que no grão leitoso a amplitude de variação

foi superior a do grão ½ leitoso ½ farináceo, confirmando que plantas em estágio mais adequado de ensilagem, com maior teor de carboidratos não estruturais (Tabelas 13 e 14), sofrem proporcionalmente menos até que os efeitos maléficos da respiração celular sejam paralisados. Senger et al. (2004b), estudando o efeito da umidade e compactação sobre o valor nutricional de silagens de milho de planta inteira, demonstraram que o teor de MS não apresentou efeito sobre o pH, o que não ocorreu com o efeito compactação dentro dos distintos teores de MS (20; 26 e 28,0%), que diferiu estatisticamente (P<0,05).

TABELA 6. Valores médios do pH das silagens.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Zero hora	3,63Aa	3,77Bb	3,70
12 horas	3,64Aa	3,78Bb	3,71
24 horas	3,81Ba	3,74Ab	3,78
36 horas	4,00Ca	3,90Cb	3,95
Média	3,77	3,80	3,78
Desvio padrão	0,02	0,01	0,01 (0,26) <sup>5</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Os teores de EE (Tabela 7 e 8) para o tratamento GF são semelhantes aos valores obtidos por Campos et al. (2000), de 2,2% da MS para silagens de milho com 29,3% de MS. A determinação do teor de EE teve como objetivo utilizá-lo no cálculo dos nutrientes digestíveis totais.

TABELA 7. Teores médios do extrato etéreo dos materiais originais.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Zero hora (% MS)	1,32	2,20	1,76
12 horas (% MS)	1,37	2,08	1,73
24 horas (% MS)	1,30	1,96	1,63
36 horas (% MS)	1,30	1,81	1,56
Média	1,32	2,01	1,34
Desvio padrão	0,03	0,17	0,39 (29,10) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

TABELA 8. Teores médios do extrato etéreo das silagens.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	1/2 Leit. 1/2 Far. <sup>3</sup>	
Zero hora (% MS)	1,59	2,48	2,04
12 horas (% MS)	1,71	2,09	1,90
24 horas (% MS)	1,81	2,39	2,10
36 horas (% MS)	1,76	2,31	2,04
Média	1,72B	2,32A	2,02
Desvio padrão	0,19	0,28	0,39 (19,31) <sup>5</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão 1/2 leitoso 1/2 farináceo; 4 – Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

As diferenças numéricas entre os teores de FDN e FDNcp (Tabelas 9 e 10) são oriundas da subtração das cinzas e PIDN na FDNcp, cujas amplitudes indicam a importância de tais correções, para classificação das silagens quanto à qualidade. Porém, na maior parte da bibliografia nacional sobre silagem de milho, muitas vezes os autores não indicam a forma em que foi determinado o teor da fibra insolúvel em detergente neutro, não permitindo ao leitor inferir se é uma silagem de boa ou de média qualidade, visto que esta variação pode chegar a cinco ou seis unidades percentuais, facilmente. Em função deste tipo de variações a nível mundial, Mertens (2002 e 2003) realizou trabalho avaliando diferentes protocolos de determinação da fibra dietética insolúvel e propôs normas para os procedimentos analíticos e apresentação dos resultados, sugerindo que as abreviaturas empregadas informem a metodologia utilizada.

As diferenças numéricas entre os teores de FDN e FDNcp (Tabelas 9 e 10) são oriundas da subtração das cinzas e PIDN na FDNcp, cujas amplitudes indicam a importância de tais correções, para classificação das silagens quanto à qualidade. Porém, na maior parte da bibliografia nacional sobre silagem de milho, muitas vezes os autores não indicam a forma em que

foi determinado o teor da fibra insolúvel em detergente neutro, não permitindo ao leitor inferir se é uma silagem de boa ou de média qualidade, visto que esta variação pode chegar a cinco ou seis unidades percentuais, facilmente. Em função deste tipo de variações a nível mundial, Mertens (2002 e 2003) realizou trabalho avaliando diferentes protocolos de determinação da fibra dietética insolúvel e propôs normas para os procedimentos analíticos e apresentação dos resultados, sugerindo que as abreviaturas empregadas informem a metodologia utilizada.

As diferenças entre FDN e FDNcp têm maior amplitude quanto menor a qualidade nutricional do alimento, geralmente por apresentarem menores teores de matéria orgânica. Londoño Hernández et al. (2002) observaram diferenças de 2,22 e 1,39 unidades percentuais entre FDN e FDNcp, respectivamente, para silagem de milho sem ou com adição de inoculante bacteriano.

Mühlbach (2003), ao comparar os teores de FDN de silagens de milho da literatura nacional com dados da literatura americana e europeia verificou diferenças da ordem de 15 e 25 unidades percentuais a mais para silagem de milho produzida no Brasil, o que, segundo o autor, requer ajustes não só no modo de expressar o teor de FDN mas provavelmente também nos procedimentos de produção das silagens de milho, especialmente quando estas forem elaboradas para dietas de ruminantes de alta produção, que requerem volumosos de baixo teor de FDN. Todavia, segundo Noguera (2002), somente as análises químicas dos alimentos não podem explicar todos os aspectos da digestão nos ruminantes, pois além das informações sobre os

teores de celulose, hemicelulose, pectina e lignina nas forrageiras, necessária também seria conhecer a distribuição destes constituintes dentro da parede celular.

Portanto, para se obter o valor energético de um alimento com precisão e exatidão torna-se imprescindível não só a determinação da hemicelulose, mas também o conhecimento de suas relações com os demais componentes do alimento. Segundo Van Soest (1994), as forrageiras e cereais são constituídos por 50 a 80% de carboidratos. Este mesmo autor afirma que as características nutritivas dos carboidratos dependem dos seus componentes solúveis e de suas ligações com polifenóis, bem como de outros fatores físico-químicos.

Na Tabela 9 são apresentados os efeitos do tempo de exposição ao ar antes da ensilagem para ambos os estádios de maturação, podendo verificar-se que a permanência ao ar sem compactação foi maléfica sobre a parede celular incrementando os teores de FDN, FDNcp, FDA e LDA. Os teores de FDNcp aumentaram 4,72 e 1,81 unidades percentuais nas primeiras 12 horas de aeração e 8,19 e 8,52 unidades percentuais nas 36 horas de exposição ar, respectivamente, para os tratamentos GL e GF. Rotz & Muck (1994) afirmam que a soma das perdas físicas ou a exaustão de nutrientes como os carboidratos solúveis ocasionam aumentos de três a 12% no teor de FDN na MS das silagens produzidas.

TABELA 9. Teores médios de FDN, FDNcp, FDA, lignina, hemicelulose e celulose das amostras de material original.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
FDN – Fibra em detergente neutro (% da MS)			
Zero hora	59,53	51,95	55,74
12 horas	64,54	54,98	59,76
24 horas	64,43	56,88	60,66
36 horas	69,09	63,01	66,05
Média	64,40	56,71	60,55
Desvio padrão	3,90	4,67	5,73 (9,46) <sup>4</sup>
FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (% da MS)			
Zero hora	55,24	49,95	52,60
12 horas	59,96	51,76	55,86
24 horas	60,22	52,96	56,59
36 horas	63,43	58,47	60,95
Média	59,71	53,29	56,50
Desvio padrão	3,37	3,67	4,74 (8,39) <sup>5</sup>
FDA – Fibra em detergente ácido (% da MS)			
Zero hora	30,87	26,06	28,47
12 horas	32,37	27,65	30,01
24 horas	32,43	28,09	30,26
36 horas	33,43	30,26	31,85
Média	32,28	28,02	30,15
Desvio padrão	1,06	1,73	2,64 (8,74) <sup>4</sup>
Lignina em detergente ácido (% da MS)			
Zero hora	2,85	2,44	2,65
12 horas	2,89	2,64	2,77
24 horas	3,24	2,81	3,03
36 horas	3,30	3,11	3,21
Média	3,07	2,75	2,92
Desvio padrão	0,23	0,28	0,29 (10,13) <sup>4</sup>
Hemicelulose (% da MS)			
Zero hora	28,37	25,89	27,13
12 horas	32,17	27,33	29,75
24 horas	31,99	28,79	30,39
36 horas	35,66	32,75	34,21
Média	32,05	28,69	30,37
Desvio padrão	2,98	2,95	3,28 (10,80) <sup>4</sup>
Celulose (% da MS)			
Zero hora	28,01	23,62	25,82
12 horas	29,48	25,00	27,24
24 horas	29,18	25,26	27,22
36 horas	30,12	27,14	28,63
Média	29,20	25,26	27,23
Desvio padrão	0,88	1,45	2,38 (8,75) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

TABELA 10 Teores médios de FDN, FDNcp, FDA, lignina, hemicelulose e celulose das silagens.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
FDN – Fibra em detergente neutro (% da MS)			
Zero hora	62,22Ab	53,50Aa	57,86
12 horas	67,00Bb	55,04Ba	61,02
24 horas	70,93Cb	59,59Ca	65,26
36 horas	73,49Db	59,52Ca	66,51
Média	68,41	56,91	62,66
Desvio padrão	4,46	2,89	6,75 (10,77) <sup>5</sup>
FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (% da MS)			
Zero hora	60,79Ab	52,57Aa	56,68
12 horas	65,46Bb	53,82Aa	59,64
24 horas	69,05Cb	57,88Ba	63,47
36 horas	71,02Db	57,94Ba	64,48
Média	66,58	55,55	61,07
Desvio padrão	4,09	2,57	6,39 (10,46) <sup>5</sup>
FDA – Fibra em detergente ácido (% da MS)			
Zero hora	34,02Ab	28,49Aa	31,26
12 horas	35,78Bb	28,95Aa	32,37
24 horas	37,04Cb	30,62Ba	33,83
36 horas	37,60Cb	30,34Ba	33,97
Média	36,11	29,60	32,86
Desvio padrão	1,50	1,04	3,49 (10,63) <sup>5</sup>
Lignina em detergente ácido (% da MS)			
Zero hora	3,06	2,74	2,90a
12 horas	3,61	2,88	3,25b
24 horas	3,68	3,18	3,43bc
36 horas	3,99	3,22	3,61c
Média	3,59B	3,01A	3,30
Desvio padrão	0,37	0,30	0,43 (13,03) <sup>5</sup>
Hemicelulose (% da MS)			
Zero hora	28,20Ab	25,01Aa	26,61
12 horas	31,22Bb	26,09Aa	28,66
24 horas	33,89Cb	28,98Ba	31,44
36 horas	35,89Db	29,18Ba	32,54
Média	32,30	27,32	29,81
Desvio padrão	3,03	1,95	3,46 (11,61) <sup>5</sup>
Celulose (% da MS)			
Zero hora	30,95	25,73	28,34a
12 horas	32,16	26,06	29,11b
24 horas	33,35	27,42	30,39c
36 horas	33,60	27,10	30,35c
Média	32,52B	26,58A	29,55
Desvio padrão	1,16	0,85	3,14 (10,63) <sup>5</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.



Comparando-se os teores de FDNcp das Tabelas 9 e 10 para os estádios GL e GF no tempo zero hora, verifica-se que somente o processo fermentativo no silo foi suficiente para elevar os teores de FDNcp de 55,24 para 60,79% e 49,95 para 52,57% respectivamente para GL e GF, demonstrando que o ponto de corte influencia preponderantemente o valor nutricional da silagem produzida. Contudo, estas variações oriundas da fermentação podem ser minimizadas acelerando-se o processo fermentativo pela adição de microorganismos anaeróbios adequados objetivando antecipar a paralisação da respiração celular e conseqüente queima de açúcares solúveis por diminuição do pH e exclusão do oxigênio, mas quando o processo de ensilagem é inadequado, por lentidão no enchimento do silo ou pela falta de compactação, o aumento nos teores de FDNcp é desastroso, provavelmente ainda mais acentuado do que nas condições do presente trabalho que eram pré-estabelecidas para simular o mau manejo de ensilagem.

Na Tabela 10 é apresentada a interação dos fatores estágio de maturação do grão com o tempo de exposição ao ar antes da ensilagem, em relação aos teores de FDN e FDNcp das silagens. No tratamento grão leitoso o aumento nas primeiras 12 horas de exposição ao ar foi de 4,78 e 4,67 unidades percentuais, respectivamente, para FDN e FDNcp e nesta mesma ordem o aumento até as 36 horas de exposição ao ar foi de 11,27 e 10,23 unidades percentuais. Para o tratamento GF a variação nos teores de FDN e FDNcp nas primeiras 12 horas foi de 1,54 e 1,25 unidades percentuais e após 36 horas foi de 6,02 e 5,37 unidades, respectivamente. Portanto, os aumentos decorrentes dos crescentes tempos de exposição da massa verde ao ar sem compactação

antes da ensilagem tornaram as silagens produzidas impróprias para alimentação de animais de alta produção, mesmo no estágio  $\frac{1}{2}$  leitoso  $\frac{1}{2}$  farináceo, com menor magnitude de incremento. Segundo Mertens (1994), em revisão sobre regulação do consumo de forragem, a distensão do retículo-rúmen tem sido aceita como o fator que mais limita o consumo de dietas ricas em fibra, sendo que quanto maior a proporção de fibra nos alimentos volumosos, maior a limitação do consumo. Por conseguinte, menor produção de leite e/ou carne.

Quando se compara o teor de FDNcp inicial, no momento da colheita, nos estádios leitoso (55,24%) e  $\frac{1}{2}$  leitoso  $\frac{1}{2}$  farináceo (49,95%) (Tabela 9) com a silagem produzida após as 36 horas de aeração (Tabela 10) a variação no teor de FDNcp, em ambos os estádios é, respectivamente, de 15,78 e 7,99 unidades percentuais, inviabilizando o uso destas silagens, visto que para reduzir o teor de FDN da dieta será necessário aumentar a proporção de concentrado, o qual apresenta custos mais elevados, diminuindo a margem de lucro da atividade na propriedade rural.

Os valores observados de FDN e FDNcp (Tabela 10) para o GL são muito maiores do que os teores tabelados pelo NRC (2001) para silagem de milho imatura (54,1%) com menos de 25% de MS. Os teores de FDA e FDNcp do tratamento GL (Tabela 10) estão de acordo com os dados revisados e tabelados por Johnson et al. (1999) para grão completamente leitoso, sendo de 35,6% e 64,3%, respectivamente. No tratamento GF o valor de FDA é inferior ao reportado por Johnson et al. (1999) e a FDNcp está, em média, 10,55 unidades percentuais acima do valor reportado (45,0% da MS) pelos autores.

Na Tabela 10 são apresentadas as interações dos fatores estágio de maturação do grão com o tempo de exposição ao ar antes da ensilagem, em relação aos teores de FDA e Hem das silagens. Desde o momento da colheita das plantas no estágio leitoso até a abertura dos silos do tratamento 36 horas, o teor de FDA aumentou 6,73 unidades percentuais e no estágio  $\frac{1}{2}$  leitoso  $\frac{1}{2}$  farináceo aumentou 4,28 unidades percentuais. O incremento do teor de FDA foi acompanhado por significativos ( $P < 0,05$ ) aumentos nos teores de lignina à medida que o tempo de exposição ao ar progredia.

A estimativa do teor de hemicelulose provavelmente apresentou interação, visto que foi calculada pela diferença entre os teores de FDN e FDA, os quais variaram em diferentes magnitudes conforme o estágio de maturidade, anteriormente discutido.

O teor de LAD (Tabela 10) apresentou efeito significativo ( $P < 0,05$ ), aumentando com o passar do tempo (zero até 36 horas). Apesar do incremento nos teores de LAD, os mesmos ficaram aquém dos valores observados para silagem de milho por: Cabral et al. (2000) de 4,37% da MS e Londoño Hernández et al. (2002) de 5,35 e 5,29% da MS, respectivamente, para silagem sem e com inoculante. São semelhantes aos valores reportados por Campos et al. (2001), de 3,6% da MS para silagem com 29,6% de MS.

Os teores de açúcares solúveis (Tabela 11) diminuíram consideravelmente durante as 12, 24 e 36 horas que antecederam a ensilagem com os tempos de exposição ao ar, em ambos os estádios, provavelmente devido à respiração das plantas e/ou oxidação por microorganismos aeróbios. Porém, ou estes fatores não foram suficientes para consumir todos os açúcares

solúveis, ou a técnica de determinação dos mesmos pode ter superestimado os valores obtidos. A maior parte da quantidade remanescente dos açúcares solúveis foi fermentada no processo de transformação em silagem, entretanto, o efeito maléfico da exposição ao ar repercutiu em diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) (Tabela 12) no teor final dos Aç. Sol. com o passar do tempo (Zero até 36 horas) na silagem produzida. A silagem produzida no tratamento 36 horas apresentou 34,7% menos Aç. Sol. do que a silagem produzida imediatamente após a colheita das plantas (tratamento zero hora). Senger et al. (2004a), com silagens de milho com 28% de MS e com uma densidade de compactação de 625 kg de matéria verde por metro cúbico, determinaram um teor de açúcares solúveis residual na silagem de apenas 1% na MS, sendo inferior aos resultados obtidos no presente trabalho diferindo provavelmente pelo fato dos estádios de maturação dos grãos serem diferentes.

Nas Tabelas 11 e 12 são apresentados os teores de amido, no entanto, as inferências devem ser cautelosas devido ao alto coeficiente de variação dessa determinação (57,46%), o qual pode ter sido ocasionado pela baixa repetibilidade da técnica ou pela contaminação glicídica das enzimas usadas na metodologia. A fração  $B_1$  (Tabelas 13 e 14) que representa o amido do alimento, foi igualmente prejudicada pelo alto coeficiente de variação do teor de amido. Rodrigues et al. (2004) trabalhando com silagens de milho de 35,26 e 44,06% de MS obtiveram, respectivamente, 27,04 e 24,46% de amido na MS, apresentando um coeficiente de variação considerado baixo (16,05%) para esta variável.

TABELA 11. Teores médios de açúcares solúveis, amido, e matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% dos materiais originais.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho			Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit.	½ Far. <sup>3</sup>	
Açúcares solúveis (% da MS)				
Zero hora	11,66	9,37		10,52
12 horas	9,82	8,84		9,33
24 horas	9,84	4,25		7,05
36 horas	5,02	3,43		4,23
Média	9,09	6,47		7,78
Desvio padrão	2,84	3,07		3,07 (7,78) <sup>4</sup>
Amido (% da MS)				
Zero hora	5,81	11,70		8,76
12 horas	5,03	13,48		9,26
24 horas	6,21	11,78		9,00
36 horas	5,13	12,80		8,97
Média	5,55	12,44		9,00
Desvio padrão	0,56	0,86		3,75 (41,66) <sup>4</sup>
Matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% (% da MS)				
Zero hora	71,22	73,94		72,58
12 horas	73,85	74,90		74,38
24 horas	73,85	76,61		75,23
36 horas	77,14	81,50		79,32
Média	74,02	76,74		75,38
Desvio padrão	2,42	3,36		3,08 (4,08) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Na Tabela 12 é apresentada a interação entre os fatores estágio de maturidade do grão e tempo de exposição ao ar antes da ensilagem em relação ao teor de amido, sendo que no estágio leitoso o teor de amido foi estatisticamente ( $P < 0,05$ ) superior no tempo 36 horas, em relação aos demais tratamentos. No estágio ½ leitoso ½ farináceo permaneceu estatisticamente constante, com pequenas variações numéricas para menos com o decorrer das horas de exposição ao ar. Conjectura-se que o valor de pH mais elevado das silagens produzidas após os maiores tempos de exposição da massa verde ao ar antes da ensilagem tenha afetado menos a matriz protéica que envolve os

grânulos de amido, conseqüentemente, a liberação do amido remanescente deu-se por ação das enzimas utilizadas na determinação desta fração.

TABELA 12 Teores médios de açúcares solúveis, amido, e matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% das silagens.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Açúcares solúveis (% da MS)			
Zero hora	1,68	1,60	1,64a
12 horas	1,64	1,34	1,49ab
24 horas	1,49	1,32	1,41b
36 horas	1,15	0,98	1,07c
Média	1,49A	1,31B	1,40
Desvio padrão	1,51	0,27	0,26 (18,57) <sup>5</sup>
Amido (% da MS)			
Zero hora	3,14Bb	14,31Aa	8,73
12 horas	2,34Bb	14,33Aa	8,34
24 horas	4,80Bb	13,12Aa	8,96
36 horas	7,44Aa	11,07Aa	9,26
Média	4,43	13,21	8,82
Desvio padrão	2,51	2,08	5,09 (57,71) <sup>5</sup>
Matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% (% da MS)			
Zero hora	70,78Aa	76,02Ab	73,40
12 horas	74,98Ba	77,03Ab	76,01
24 horas	76,69Cb	77,73Bb	77,21
36 horas	79,10Db	80,11Cb	79,61
Média	75,39	77,72	76,56
Desvio padrão	3,16	1,79	2,83 (3,70) <sup>5</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Verifica-se na Tabela 12 que o teor de matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% apresentou interação entre os efeitos de maturidade e tempo de exposição ao ar, de modo que na silagem do estágio leitoso esse valor aumentou em 5,9 unidades percentuais nas primeiras 12 horas de exposição ao ar e no estágio leitoso o incremento foi de apenas 1,3 unidade. A determinação da MORIE é uma técnica de baixo custo e de fácil realização e segundo Hall et al. (1997) soluções de etanol aquoso têm sido usadas para extrair açúcares simples, oligossacarídeos e outras substâncias de baixo peso

molecular de amostras de alimentos preparadas para a análise de carboidratos. Portanto, o aumento dessa fração pela exposição aeróbia anterior à ensilagem indica uma degradação de glicídios que posteriormente poderão faltar para a otimização da fermentação no silo e/ou no rúmen.

Segundo Dias (2002), as duas frações que mais representam a planta de milho são a FDN e o amido. Qualquer alteração nesses dois parâmetros resulta em grandes alterações no valor nutricional da planta de milho. Esta afirmação do autor se confirmou no presente trabalho através das interações dos efeitos principais que ocorreram sobre o teor de carboidratos totais, carboidratos não estruturais e nas frações A, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Tabela 14) derivadas fundamentalmente dos teores de FDN e amido.

Os valores de CHOT (Tabela 14) são semelhantes aos obtidos por Backes et al. (2000) para silagens de milho de planta inteira sem (87,25%) e com inoculante (89,11%), porém no fracionamento dos carboidratos segundo Sniffen et al. (1992) são diferentes. Backes et al. (2000) obtiveram 15,42% e 15,83%; 12,67% e 11,28%; 49,60% e 53,88%; 9,56% e 8,12%, respectivamente para as frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C para as silagens sem e com inoculante. Conforme Sniffen et al. (1992), os carboidratos podem ser classificados de acordo com as taxas de degradação sendo: Fração A (açúcares solúveis) de rápida degradação, Fração B<sub>1</sub> (amido) média degradação, Fração B<sub>2</sub> (parede celular disponível) lenta degradação e Fração C (parede celular indigestível) indegradável. Portanto, a silagem produzida por Backes et al. (2000) apresentava maior valor nutricional, em função de possuir menores proporções de carboidratos estruturais (frações B<sub>2</sub> + C).

TABELA 13. Teores médios de carboidratos totais, carboidratos não estruturais, frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C de material original.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Carboidratos totais (% da MS)			
Zero hora	85,64	87,74	86,69
12 horas	86,14	86,85	86,50
24 horas	86,53	86,64	86,59
36 horas	85,07	86,16	85,62
Média	85,85	86,85	86,35
Desvio padrão	0,63	0,66	0,80 (0,93) <sup>4</sup>
Carboidratos não estruturais (% dos CHOT)			
Zero hora	34,49	43,01	38,75
12 horas	28,96	39,48	34,22
24 horas	29,20	37,77	33,49
36 horas	23,99	30,74	27,37
Média	29,16	37,75	33,46
Desvio padrão	4,29	5,16	6,35 (18,99) <sup>4</sup>
Fração A (% dos CHOT)			
Zero hora	28,67	31,31	29,99
12 horas	23,93	26,01	24,97
24 horas	22,99	25,98	24,49
36 horas	18,86	17,94	18,40
Média	23,61	25,31	24,46
Desvio padrão	4,03	5,52	4,56 (18,65) <sup>4</sup>
Fração B1 (% dos CHOT)			
Zero hora	5,81	11,70	8,76
12 horas	5,03	13,48	9,26
24 horas	6,21	11,78	9,00
36 horas	5,13	12,80	8,97
Média	5,55	12,44	9,00
Desvio padrão	0,56	0,86	3,75 (41,66) <sup>4</sup>
Fração B2 (% dos CHOT)			
Zero hora	57,59	50,35	53,97
12 horas	63,05	53,29	58,17
24 horas	61,88	54,50	58,19
36 horas	66,79	60,67	63,73
Média	62,33	54,70	58,52
Desvio padrão	3,79	4,34	5,55 (9,49) <sup>4</sup>
Fração C (% dos CHOT)			
Zero hora	7,92	6,64	7,28
12 horas	7,98	7,23	7,61
24 horas	8,92	7,73	8,33
36 horas	9,23	8,58	8,91
Média	8,51	7,55	8,03
Desvio padrão	0,66	0,82	0,86 (10,75) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.



TABELA 14. Teores médios de carboidratos totais, carboidratos não estruturais, frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C das silagens.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Carboidratos totais (% da MS)			
Zero hora	85,21Aa	85,92ABa	85,57
12 horas	83,97BCa	86,39Ab	85,18
24 horas	84,76ABa	85,52ABa	85,14
36 horas	83,48Ca	85,33Bb	84,41
Média	84,36	85,79	85,08
Desvio padrão	0,93	0,62	1,04 (1,22) <sup>5</sup>
Carboidratos não estruturais (% dos CHOT)			
Zero hora	30,21Ab	39,21Aa	34,71
12 horas	23,92Bb	38,08Aa	31,00
24 horas	19,16Cb	33,24Ba	26,20
36 horas	16,83Cb	33,50Ba	25,17
Média	22,53	36,01	29,27
Desvio padrão	5,56	2,92	7,93 (27,09) <sup>5</sup>
Fração A (% dos CHOT)			
Zero hora	27,07Aa	24,90Ab	25,99
12 horas	21,59Ba	23,75ABa	22,67
24 horas	14,36Cb	20,12Ba	17,24
36 horas	9,39Db	22,42ABa	15,91
Média	18,10	22,80	20,45
Desvio padrão	7,26	2,35	5,63 (27,53) <sup>5</sup>
Fração B1 (% dos CHOT)			
Zero hora	3,14Bb	14,31Aa	8,73
12 horas	2,34Bb	14,33Aa	8,34
24 horas	4,80Bb	13,12Aa	8,96
36 horas	7,44Aa	11,07Aa	9,26
Média	4,43	13,21	8,82
Desvio padrão	2,51	2,08	5,09 (57,71) <sup>5</sup>
Fração B2 (% dos CHOT)			
Zero hora	61,23Ab	53,15Aa	57,19
12 horas	65,84Bb	53,95Aa	59,90
24 horas	70,46Cb	57,88Ba	64,17
36 horas	71,79Cb	57,49Ba	64,64
Média	67,33	55,62	61,48
Desvio padrão	4,56	2,48	6,81 (11,08) <sup>5</sup>
Fração C (% dos CHOT)			
Zero hora	8,56	7,64	8,10a
12 horas	10,24	7,97	9,11b
24 horas	10,38	8,88	9,63bc
36 horas	11,37	9,01	10,19c
Média	10,14B	8,38A	9,26
Desvio padrão	1,12	0,85	1,29 (13,93) <sup>5</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Comparando-se os dados da Tabela 14 com os valores obtidos por Mello & Nörnberg (2004), avaliando híbridos de milho na Depressão Central do Rio Grande do Sul, as quantidades de carboidratos totais (CHOT) de 85,9% na MS foram semelhantes, enquanto que a fração carboidratos não estruturais (CNE) foi levemente maior naquele estudo (42,47% dos CHOT).

Se as plantas (Tabela 15) ou as silagens de milho do presente trabalho (Tabela 16) fossem fornecidas como alimento único a animais em manutenção teoricamente não necessitariam de correções para os teores de PB os quais estão acima do valor mínimo de 7%, tido como limitante do crescimento microbiano para manter a fermentação ruminal.

Nas Tabelas 15 e 16 são apresentados os teores dos constituintes nitrogenados, das amostras originais e das silagens, havendo efeito significativo ( $P < 0,05$ ) decrescente sobre a PB para o fator maturidade e crescente para os tempos de exposição ao ar.

Ferreira (2001a) afirma que silagens que tiveram um processo de fermentação adequado apresentam em média: pH 3,8 a 4,2, ácido láctico 6,0% a 8,0% da MS, ácido acético menor que 2,0% da MS, ácido propiônico de 0 a 1,0% da MS, ácido butírico menor que 0,1% da MS e  $N-NH_3$  menos que 10% do nitrogênio total. No presente trabalho os teores de  $N-NH_3$  em relação a PB (Tabela 16) são considerados baixos, indicando que a fermentação foi adequada, sendo valores próximos aos obtidos por Senger et al. (2004b) para silagens bem compactadas, com 28% de MS (5,27% da PB) e inferiores aos com 26% e 20% de MS (6,50% e 7,48% da PB). Porém, devido à interação entre os fatores principais maturidade e tempo de exposição (Tabela 16 e

Figura 14) o grão no estágio leitoso praticamente produziu um terço a mais de N-NH<sub>3</sub> do que as silagens do estágio ½ leitoso ½ farináceo. Nas amostras dos materiais originais (Tabela 15) os teores de N-NH<sub>3</sub> foram baixos.

TABELA 15. Teores médios de proteína bruta, nitrogênio amoniacal, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e ácido dos materiais originais.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Proteína bruta (% da MS)			
Zero hora	8,20	7,52	7,86
12 horas	7,79	7,89	7,84
24 horas	7,43	7,64	7,54
36 horas	8,97	7,63	8,30
Média	8,10	7,67	7,89
Desvio padrão	0,66	0,16	0,50 (6,34) <sup>4</sup>
Nitrogênio não amoniacal (% da PB)			
Zero hora	4,07	2,28	3,18
12 horas	3,93	1,41	2,67
24 horas	4,23	2,07	3,15
36 horas	2,82	2,06	2,44
Média	3,76	1,96	2,86
Desvio padrão	0,64	0,38	1,08 (37,84) <sup>4</sup>
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (% da PB)			
Zero hora	36,02	24,48	30,25
12 horas	40,25	28,72	34,49
24 horas	39,66	36,22	37,94
36 horas	46,51	40,56	43,54
Média	40,61	32,50	36,56
Desvio padrão	4,36	7,24	7,03 (19,23) <sup>4</sup>
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (% da PB)			
Zero hora	12,57	9,10	10,84
12 horas	12,06	9,75	10,91
24 horas	6,86	8,91	7,89
36 horas	11,45	14,54	13,00
Média	10,74	10,58	10,66
Desvio padrão	2,62	2,67	2,45 (23,00) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Na Tabela 16 é apresentada a interação entre os fatores maturidade e tempo de exposição em relação aos os teores de NIDA, sendo que a variação em ambos os estádios foi inconsistente com o passar do tempo (Zero

a 36 horas). Todavia, no estágio  $\frac{1}{2}$  leitoso  $\frac{1}{2}$  farináceo houve maior acréscimo de NIDA em relação ao material original (Tabela 15) e no estágio leitoso inclusive houveram reduções numéricas para os tempos zero, 12 e 36 horas. Rodrigues et al. (2004), avaliando a adição de inoculantes a silagens de milho com teores médios de MS de 35,26% e 44,06% obtiveram aumentos nas quantidades de PB (8,07% para 9,73%) e NIDA (19,04% para 24,76%).

TABELA 16. Teores médios de proteína bruta, nitrogênio amoniacal, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e ácido das silagens.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	$\frac{1}{2}$ Leit. $\frac{1}{2}$ Far. <sup>3</sup>	
Proteína bruta (% da MS)			
Zero hora	8,43	8,01	8,22b
12 horas	9,05	7,89	8,47ab
24 horas	8,53	8,09	8,31ab
36 horas	9,61	8,13	8,87a
Média	8,91A	8,03B	8,47
Desvio padrão	0,66	0,50	0,68 (8,03) <sup>5</sup>
Nitrogênio não amoniacal (% da PB)			
Zero hora	6,12Ab	4,35Aa	5,24
12 horas	5,59Ab	4,43Aa	5,01
24 horas	7,36Bb	4,17Aa	5,77
36 horas	6,90Bb	4,42Aa	5,66
Média	6,49	4,34	5,42
Desvio padrão	1,08	0,32	1,33 (24,54) <sup>5</sup>
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (% da PB)			
Zero hora	31,09	14,40	22,75a
12 horas	32,25	17,68	24,97ab
24 horas	34,15	28,11	31,13bc
36 horas	38,72	30,34	34,53c
Média	34,05B	22,63A	28,35
Desvio padrão	6,49	7,48	8,91 (31,43) <sup>5</sup>
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (% da PB)			
Zero hora	11,81Ba	12,91Aa	12,36
12 horas	9,94Ba	11,81Aa	10,88
24 horas	10,75Ba	12,04Aa	11,40
36 horas	8,32Aa	16,26Bb	12,29
Média	10,21	13,26	11,73
Desvio padrão	1,94	2,68	2,75 (23,44) <sup>5</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão  $\frac{1}{2}$  leitoso  $\frac{1}{2}$  farináceo; 4 – Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Comparando-se os teores de NIDA das amostras dos materiais originais (Tabela 15) com os das silagens produzidas (Tabela 16) os crescentes tempos de exposição ao ar antes da ensilagem não foram tão prejudiciais quanto sobre as frações dos carboidratos.

As diferenças numéricas apresentadas nas Tabela 17 e 18 para NDT1x entre os valores obtidos pelas fórmulas de Weiss et al. (1992) e NRC (2001) são decorrentes de duas diferenças nas equações:

1º Weiss et al. consideram que a proteína insolúvel em detergente ácido apresenta digestibilidade de 30%, a qual, é adicionada ao cálculo da FDNvd;

2º NRC propõe um fator de ajuste para processamento (FAP) sob a fração carboidratos não fibrosos. Para o cálculo do NDT1x (Tabelas 17 e 18) utilizou-se o FAP 0,94 proposto para silagens de milho “normal”.

Os teores de NDT1x (Tabela 18) para o GL, em ambas as fórmulas, são menores que o valor tabelado pelo NRC (2001) para silagens de milho imatura (65,6%) com menos de 25% de MS. Para o GF o valor calculado pela fórmula de Weiss et al. (1992) assemelha-se aos valores do NRC (2001) para silagens “normais” (68,8%) com MS entre 32% e 38%. Conjectura-se que esta semelhança no teor de NDT1x apesar da menor teor de MS no GF (27,68%) seja devida às condições de crescimento das plantas em temperaturas mais amenas, do que na época normal de cultivo. Costa et al. (2005), avaliando a equação proposta pelo NRC (2001) para estimar o valor energético de dez alimentos em condições tropicais, verificaram que o NDT determinado em silagem de milho com as características de 95,3% de MO,

5,6% de PB, 15,0% de NIDN, 5,76% de NIDA, 2,9% de EE, 51,6% de FDNcp, 26,5% de FDA, 3,9% de lignina e 34,2% de carboidratos não fibrosos foi de 60,2%, enquanto o valor estimado pela equação do NRC (2001) foi de 62,5%, concluindo que as equações do NRC (2001) são eficientes para estimar o valor energético dos alimentos.

TABELA 17. Teores médios de nutrientes digestíveis totais, calculados pelas fórmulas de Weiss et al. (1992) e NRC (2001) das amostras de materiais originais, para o nível de manutenção.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	1/2 Leit. 1/2 Far. <sup>3</sup>	
Nutrientes digestíveis totais 1 x consumo de manutenção(%)			
Weiss et al. (1992)			
Zero hora	65,97	71,22	68,60
12 horas	64,81	69,45	67,13
24 horas	63,75	68,07	65,91
36 horas	63,07	65,20	64,14
Média	64,40	68,49	66,45
Desvio padrão	1,27	2,54	2,87 (4,32) <sup>4</sup>
Nutrientes digestíveis totais 1 x consumo de manutenção(%)			
NRC (2001)			
Zero hora	63,67	68,95	66,31
12 horas	62,80	67,36	65,08
24 horas	61,95	66,06	64,01
36 horas	61,28	63,52	62,40
Média	62,43	66,47	64,45
Desvio padrão	1,04	2,30	2,72 (4,22) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão 1/2 leitoso 1/2 farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Na Tabela 18 visualiza-se a interação entre estágio do grão e tempo de exposição ao ar antes da ensilagem, constatando-se que quando o corte das plantas de milho está mais próximo do ideal as perdas de NDT são menores. Weiss (2005) afirma que a silagem de milho contém concentrações apreciáveis de amido e FDN e variações nas suas digestibilidades podem afetar o seu valor energético. As diferenças significativas (P<0,05)

apresentadas na Tabela 18 podem ser explicadas pelo aumento nas proporções da parede celular.

TABELA 18. Teores médios de nutrientes digestíveis totais, calculados pelas fórmulas de Weiss et al. (1992) e NRC (2001) das silagens, para o nível de manutenção.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Nutrientes digestíveis totais 1 x consumo de manutenção(%)			
Weiss et al. (1992)			
Zero hora	65,07Ab	69,38Aa	67,23
12 horas	62,48Bb	68,32Ba	65,40
24 horas	61,69Bb	66,89Ca	64,29
36 horas	60,46Cb	66,87Ca	63,67
Média	62,43	67,87	65,15
Desvio padrão	1,87	1,19	3,10 (4,76) <sup>5</sup>
Nutrientes digestíveis totais 1 x consumo de manutenção(%)			
NRC (2001)			
Zero hora	63,01Ab	67,32Aa	65,17
12 horas	60,80Bb	66,30Ba	63,55
24 horas	60,20BCb	65,11Ca	62,66
36 horas	59,28Cb	65,08Ca	62,18
Média	60,82	65,95	63,39
Desvio padrão	1,55	1,07	2,87 (4,53) <sup>5</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Nas Tabelas 19, 20, 21 e 22 e nas Figuras 17, 18, 19 e 20 são apresentados os resultados referentes à técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases e os parâmetros ajustados pelo modelo de France et al. (1993) das amostras de materiais originais e das silagens. As produções cumulativas de gases para os tempos seis e 24 horas (Tabelas 19 e 20), para maturidade como para os tempos de exposição ao ar ficaram aquém dos valores publicados pela *University of California* (2004) para os mesmos tempos 87,3 e 228,6 mL, respectivamente, média de doze amostras de silagens de milho. A *University of California* (2004) obteve taxa de degradação média de 6,58%/h para silagem de milho determinada em incubações durante 72 horas.

A comparação entre os dados não pode ser realizada porque os modelos e tempos de ajuste são diferentes.

TABELA 19. Variáveis obtidas pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases para as amostras dos materiais originais.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Seis horas de incubação <i>in vitro</i> (mL)			
Zero hora	55,10	73,90	64,50
12 horas	44,27	67,85	56,06
24 horas	42,71	62,95	52,83
36 horas	36,04	53,92	44,98
Média	44,53	64,66	54,59
Desvio padrão	7,90	8,44	13,15 (24,09) <sup>4</sup>
24 horas de incubação <i>in vitro</i> (mL)			
Zero hora	180,31	180,73	180,52
12 horas	164,70	167,11	165,91
24 horas	171,72	166,48	169,10
36 horas	151,80	151,47	151,64
Média	167,13	166,45	166,79
Desvio padrão	12,05	11,96	11,12 (6,67) <sup>4</sup>
Digestibilidade <i>in vitro</i> matéria seca com 24 horas de incubação (%)			
Zero hora	76,85	77,04	76,95
12 horas	72,88	74,30	73,59
24 horas	72,89	69,43	71,16
36 horas	70,32	67,61	68,97
Média	73,24	72,10	72,67
Desvio padrão	2,70	4,34	3,40 (4,68) <sup>4</sup>
Digestibilidade <i>in vitro</i> matéria orgânica com 24 horas de incubação (%)			
Zero hora	75,49	76,16	75,83
12 horas	71,38	73,33	72,36
24 horas	71,51	68,22	69,87
36 horas	68,95	66,05	67,50
Média	71,83	70,94	71,39
Desvio padrão	2,71	4,61	3,53 (4,94) <sup>4</sup>
Fator de partição segundo Makkar (2004)			
Zero hora	3,79	3,94	3,87
12 horas	3,89	4,09	3,99
24 horas	3,74	3,90	3,82
36 horas	4,16	4,01	4,09
Média	3,90	3,99	3,94
Desvio padrão	0,19	0,08	0,14 (3,60) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.



TABELA 20 Variáveis obtidas pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases para as silagens.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Seis horas de incubação <i>in vitro</i> (mL)			
Zero hora	33,67	67,92	50,80
12 horas	29,05	61,12	45,09
24 horas	30,16	52,46	41,31
36 horas	43,07	43,20	43,14
Média	33,99	56,18	45,09
Desvio padrão	2,25	8,68	15,04 (33,27) <sup>4</sup>
24 horas de incubação <i>in vitro</i> (mL)			
Zero hora	145,78	175,02	160,40
12 horas	137,98	160,09	149,04
24 horas	137,02	151,94	144,48
36 horas	146,11	158,41	152,26
Média	141,72	161,37	151,55
Desvio padrão	11,22	10,12	15,95 (10,56) <sup>4</sup>
Digestibilidade <i>in vitro</i> matéria seca com 24 horas de incubação (%)			
Zero hora	74,26	72,20	73,23
12 horas	69,94	70,42	70,18
24 horas	67,05	67,74	67,40
36 horas	64,19	69,04	66,62
Média	68,86	69,85	69,36
Desvio padrão	4,21	2,20	3,17 (4,55) <sup>4</sup>
Digestibilidade <i>in vitro</i> matéria orgânica com 24 horas de incubação (%)			
Zero hora	73,03	71,05	72,04
12 horas	67,95	69,33	68,64
24 horas	65,37	66,64	66,01
36 horas	62,42	67,86	65,14
Média	67,19	68,72	67,96
Desvio padrão	4,41	2,24	3,32 (4,86) <sup>4</sup>
Fator de partição segundo Makkar (2004)			
Zero hora	4,61	3,77	4,19
12 horas	4,33	4,04	4,19
24 horas	4,34	4,16	4,25
36 horas	4,45	3,97	4,21
Média	4,43	3,99	4,21
Desvio padrão	0,25	0,18	0,31 (7,42) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

O tratamento GL apresentou maior período de latência do que GF (Tabelas 21 e 22), repercutindo em menores taxas de degradação. A determinação do período de latência permite a comparação entre alimentos em

condições semelhantes, porém não apresenta significado biológico, visto que o início da fermentação dos alimentos é acelerado pela hidratação antecipada das partículas do alimento. Miron et al. (2001) em revisão sobre aderência das bactérias celulolíticas ruminais às partículas de digesta, estimam que a associação da população microbiana com as partículas alimentares é responsável por 88% da endoglucanase ruminal, 91% da atividade da xilanase, 70% da atividade amilolítica e 75% da atividade de protease no rúmen. Estas percentagens sugerem que a população microbiana associada com as partículas alimentares são o eixo principal da digestão no rúmen. Deste modo, os microrganismos associados à fase líquida (20 a 30% da microbiota) incluindo bactérias livres e bactérias aderidas aos substratos, têm pequeno envolvimento na digestão das partículas alimentares insolúveis. A população bacteriana associada com o epitélio ruminal e aquelas aderidas às superfícies dos protozoários e fungos ( $\approx$  1% da microbiota) têm menor papel no processo de digestão no rúmen.

Segundo Weimer (1998), nem mesmo com o uso da engenharia genética seria possível desenvolver uma bactéria “hipercelulolítica” para incrementar a taxa de degradação da celulose, pois estas também iriam ser limitadas pela celulose disponível no rúmen.

Ressalta-se através da taxa de degradação (Tabelas 21 e 22) e pelas Figuras 17 e 18, que o mau manejo de ensilagem nas primeiras doze horas após o corte diminui em 6,25% a taxa de degradação, enquanto o efeito nas 24 e 36 horas diminui em 7,91% e 9,58%, respectivamente.

TABELA 21 Parâmetros ajustados pelo modelo de France et al. (1993) dos materiais originais.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Potencial máximo de produção de gases (mL)			
Zero hora	211,6	194,8	203,2
12 horas	231,6	182,8	207,2
24 horas	233,3	188,3	210,8
36 horas	209,2	171,2	190,2
Média	221,4	184,3	202,9
Desvio padrão	12,78	10,02	22,54 (11,11) <sup>4</sup>
Período de latência (Horas)			
Zero hora	0,91	0,62	0,77
12 horas	0,93	0,53	0,73
24 horas	1,12	0,54	0,83
36 horas	1,33	0,78	1,06
Média	1,07	0,62	0,85
Desvio padrão	0,19	0,11	0,28 (33,66) <sup>4</sup>
Taxa de degradação (%/Hora)			
Zero hora	4,95	6,71	5,83
12 horas	3,85	6,77	5,31
24 horas	3,87	6,22	5,05
36 horas	3,57	5,53	4,55
Média	4,06	6,31	5,19
Desvio padrão	0,61	0,58	1,22 (25,50) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Maurício et al. (2003), avaliando híbridos de sorgo através da TIVSPG, obtiveram digestibilidade da matéria seca de 56,5%; 56,0%; 62,8% e 56,4% às 48 horas de incubação, para silagens contendo, respectivamente, 56,6%; 64,3%; 61,1% e 59,8% de FDN na MS, ficando muito aquém dos valores apresentados nas Tabelas 19 e 20.

Possivelmente, os teores de DIVMS e DIVMO em 24 horas de incubação *in vitro* (Tabelas 19 e 20), através da TIVSPG foram obtidas pela especificidade entre o inóculo ruminal e os substratos gerada pela dieta do animal doador de líquido ruminal, composta por silagem de milho e

concentrado energético, além do sistema *in vitro* ser “fechado”, potencializando a digestibilidade.

TABELA 22. Parâmetros ajustados pelo modelo de France et al. (1993) das silagens.

Tempo de exposição <sup>1</sup>	Maturidade do grão de milho		Média
	Leitoso <sup>2</sup>	½ Leit. ½ Far. <sup>3</sup>	
Potencial máximo de produção de gases (mL)			
Zero hora	183,7	189,8	186,75
12 horas	208,4	175,5	191,95
24 horas	176,9	174,4	175,65
36 horas	152,4	194,5	173,45
Média	180,35	183,55	181,95
Desvio padrão	25,43	12,13	18,74 (10,18) <sup>4</sup>
Período de latência (Horas)			
Zero hora	1,53	0,78	1,16
12 horas	1,47	0,79	1,13
24 horas	1,41	0,84	1,13
36 horas	1,46	1,06	1,26
Média	1,47	0,87	1,17
Desvio padrão	0,10	0,19	0,34 (29,94) <sup>4</sup>
Taxa de degradação (%/Hora)			
Zero hora	3,62	5,98	4,80
12 horas	3,17	5,82	4,50
24 horas	3,49	5,34	4,42
36 horas	3,81	4,60	4,21
Média	3,52	5,44	4,48
Desvio padrão	0,28	0,74	1,15 (25,44) <sup>4</sup>

1 – Tempo de exposição ao ar antes da ensilagem; 2 – Grão completamente leitoso; 3 – Grão ½ leitoso ½ farináceo; 4 – Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05). 5 – Número entre parêntesis indica o coeficiente de variação.

Os valores de DIVMO (Tabelas 19 e 20) aproximam-se aos valores de NDT1x calculados segundo Weiss et al. (1992). As DIVMS e DIMO foram mensuradas nas primeiras 24 horas de incubação porque, segundo Van Soest (1994), incubações superiores a este tempo determinam o valor de indigestibilidade do alimento. Mulligan et al. (2002), avaliando silagens de milho na alimentação de vacas leiteiras produzindo, em média 12,5 kg de leite por dia, obtiveram tempo de retenção médio no rúmen de 50,9 horas com taxa de passagem de 2,02%/h, demonstrando que em vacas de maiores produções,

em que as dietas são compostas por maiores proporções de concentrado e de volumoso com menor tamanho teórico de corte, a digestibilidade mensurada *in vitro* não deve ultrapassar às 24 horas já que aumenta a taxa de passagem da digesta.

Os valores de fator de partição (FP) nas Tabelas 19 e 20 refletiram a diminuição da produção cumulativa de gases e da digestibilidade da MO com os crescentes tempos de exposição ao ar antes da ensilagem. No entanto, os valores obtidos são altos. Segundo Makkar (2004), o FP mensura a eficiência de produção da massa microbiana, cuja amplitude vai de 2,74 até 4,41. Conforme Van Soest (1994), a produção de biomassa microbiana por unidade de ATP pode variar de 10 até 32 mg. De acordo com Getachew et al. (1998) em similar produção de ATP, proporções maiores de propionato conduzem a maiores FP ao comparar com fermentações que geram mais acetato.

Quando o suprimento de carboidratos disponíveis no rúmen aumenta, existe mais energia para induzir a síntese de proteína microbiana e a utilização de amônia. Os microorganismos crescem mais eficientemente quando suas taxas de crescimento são rápidas (menos energia é alocada para manutenção) e o crescimento é limitado mais por energia do que por outros nutrientes (Russell et al., 1992).

As Figuras 17, 18, 19 e 20 demonstram que a TIVSPG detectou diferenças entre estádios de maturidade do grão e intervalos de exposição ao ar antes da ensilagem e também nas silagens produzidas depois de decorridas 12, 24 e 36 horas de aerobiose após o corte.

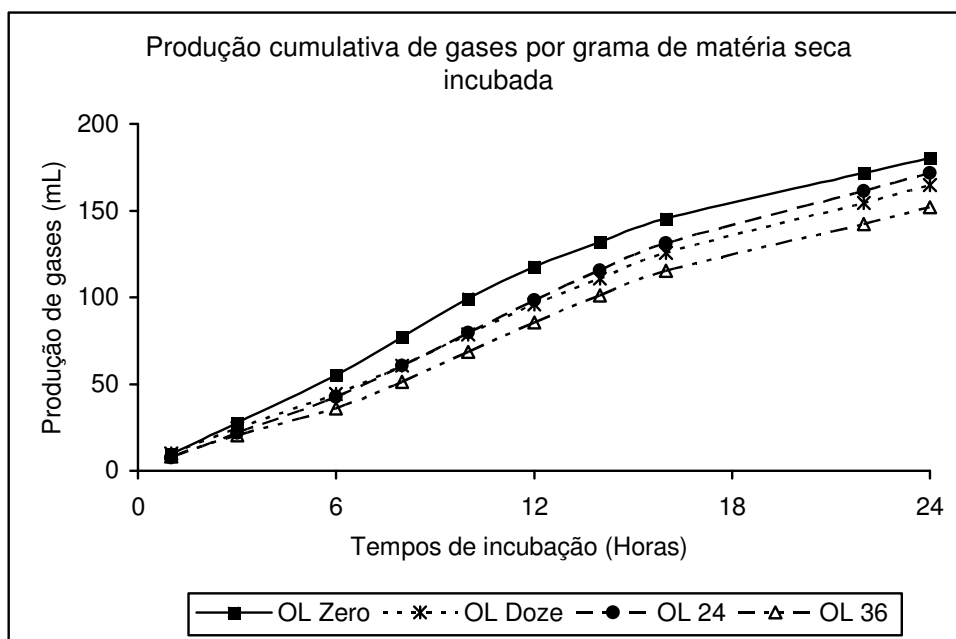


FIGURA 3. Produção cumulativa de gases para os materiais originais do grão completamente leitoso.

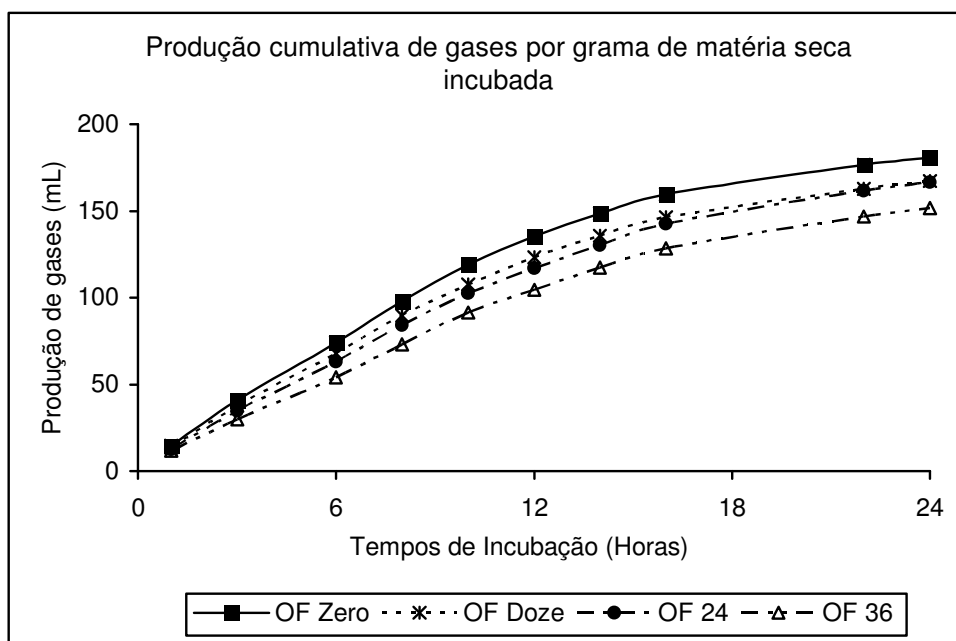


FIGURA 4. Produção cumulativa de gases para os materiais originais do grão  $\frac{1}{2}$  leitoso  $\frac{1}{2}$  farináceo.

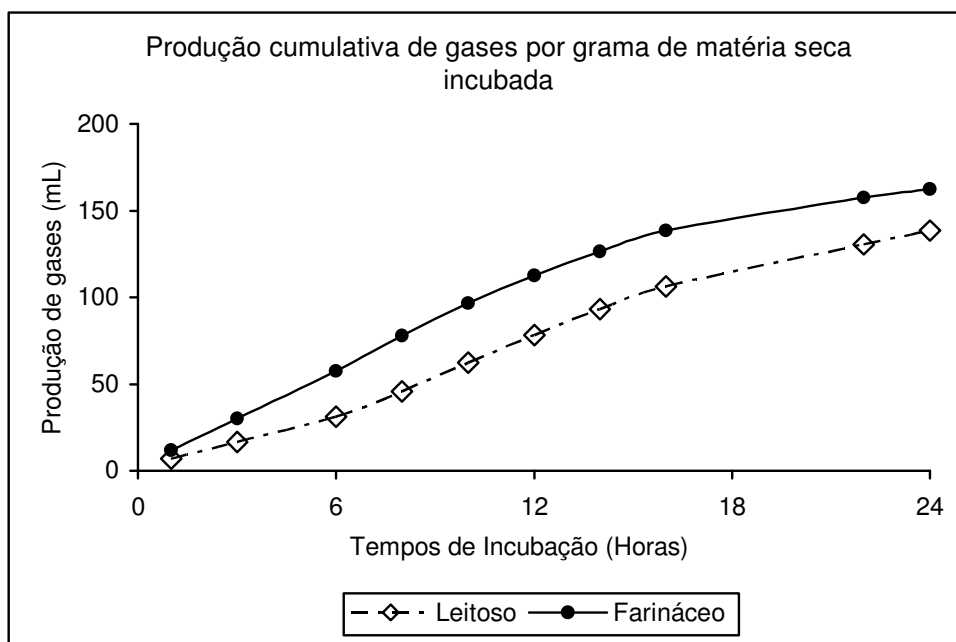


FIGURA 5. Produção cumulativa de gases média para os estádios de grão completamente leitoso e 1/2 leitoso 1/2 farináceo, das silagens.

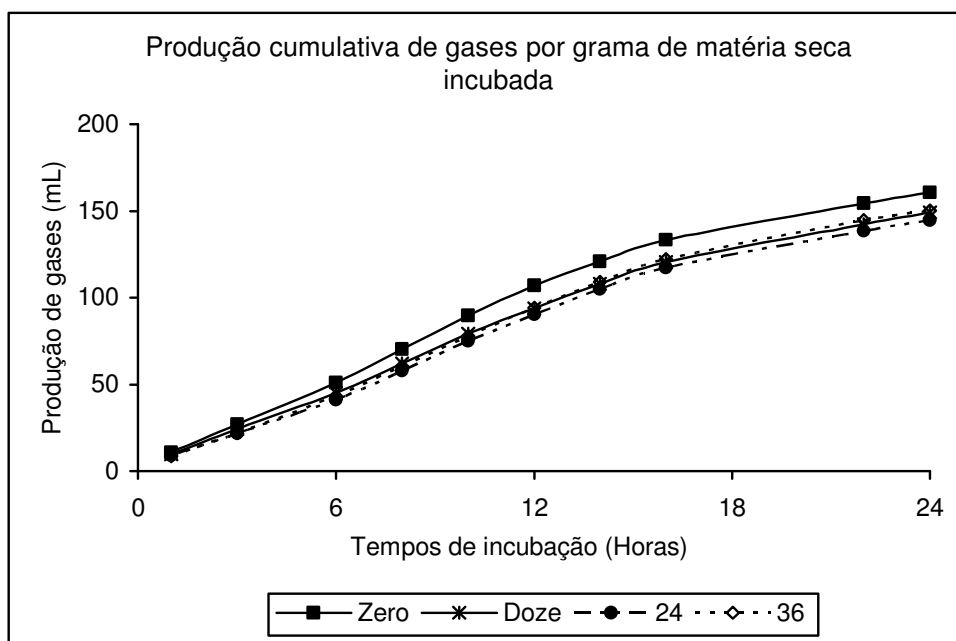


FIGURA 6. Produção cumulativa de gases média para os tempos de exposição ao ar antes da ensilagem, das silagens.

As simulações de mau manejo de ensilagem entre os tempos zero a 36 horas de exposição ao ar, sem compactação, com pequenas quantidades de massa verde (1.000 kg) geraram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na qualidade das silagens produzidas: o pH da silagem aumentou consideravelmente de 3,70 para 3,95, a FDNcp aumentou em média 7,8 unidades percentuais, a LAD aumentou 0,71 unidades percentuais, os CNE diminuíram 5,44 unidades percentuais, o NIDA aumentou de forma irregular com o passar do tempo, o NDT1x diminuiu 3,56 unidades percentuais e a taxa de degradação diminuiu, demonstrando que as plantas de milho podem apresentar alta qualidade nutricional, mas se o processo de ensilagem for mal realizado a silagem será de inferior à péssima qualidade.

Convém ressaltar que o processo de ensilagem deve propiciar fermentação anaeróbia desejável (láctica), porém limitada, preservando os carboidratos solúveis para serem fermentados no rúmen com maior eficiência, estimulando maior síntese microbiana e não permitindo que o aumento proporcional da FDN seja significativo, interferindo negativamente na ingestão da silagem.

Os resultados apresentados e discutidos em relação à maturidade do grão não deixam dúvida que erros cometidos no momento de definir o ponto de corte das plantas de milho geram prejuízos biológicos no valor nutricional (incremento de 10,23 unidades percentuais na FDNcp), ocasionando perdas sócio-econômicas aos sistemas pecuários.

Segundo Ferreira (2001b) a produção de silagem é um processo de custo elevado, em que o efetivo gerenciamento é fundamental para ser bem



sucedido. Isto porque, além da administração da produção de forragem, o uso de máquinas e equipamentos próprios ou adaptados, informações técnicas como época de corte, tamanho de partícula, duração da ensilagem, vedação do silo e manejo do silo após sua abertura são fatores que, se não forem implementados corretamente, podem causar sérias perdas qualitativas na silagem e econômicas na produção de bovinos com ela.

Berto et al. (1998) estudando a qualidade nutricional de silagens de milho de planta inteira em propriedades rurais do Rio Grande do Sul, amostradas em silos do tipo trincheira ou torta, obtiveram média de 52,14% de FDN e teor mínimo de 43,10%, cujo valor demonstra que no Rio Grande do Sul há potencial de se produzir silagens de milho de qualidade.

### **Conclusões**

O mau manejo de ensilagem decorrente da demora no enchimento do silo inviabiliza o uso da silagem assim produzida por animais de alta produção, devido aos aumentos ocasionados nas frações de parede celular, no nitrogênio insolúvel em detergente neutro e ácido e na diminuição das proporções dos carboidratos não estruturais e da taxa de degradação desse alimento.

## **CAPÍTULO III**

### **ALTERAÇÕES BROMATOLÓGICAS EM SILAGENS DE MILHO “SAFRINHA”, SUBMETIDAS A CRESCENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO AO AR APÓS A “DESENSILAGEM”**

#### **Introdução**

O processo de ensilagem não melhora a qualidade do alimento, busca, entretanto, manter a qualidade do material ensilado (Van Soest, 1994). Assim, é de extrema importância que o processo de ensilagem seja realizado de forma correta, minimizando as perdas energéticas inevitáveis (calor e CO<sub>2</sub>) do sistema, durante a fermentação dos carboidratos solúveis em ácido láctico. Por conseguinte, também os procedimentos de retirada da silagem do silo, o que vem sendo denominado de “desensilagem”, deverão evitar perdas indesejáveis que possam comprometer a relação benefício/custo da silagem, como a oxidação dos açúcares solúveis e a degradação do ácido láctico produzido na fermentação, aumentando a proporção de parede celular da mesma, com redução do seu valor nutritivo.

Dias (2002) afirma que, apesar da difusão da silagem de milho como alimento volumoso, verifica-se ainda a utilização de conceitos equivocados na escolha de híbridos, manejos culturais e no processo de ensilagem, onde a qualidade do produto final não é priorizada. Acrescente-se a esses os conceitos equivocados de “desensilagem”.

Os procedimentos de “desensilagem” podem afetar a qualidade nutritiva do produto até seu consumo. Conforme Ranjit & Kung Jr. (2000),

silagem sem a presença de oxigênio e com acúmulo de ácido láctico resulta na diminuição do pH, inibição do metabolismo microbiano no silo e preservação dos nutrientes. Entretanto, quando a silagem é exposta ao ar, certos microorganismos oportunistas tornam-se metabolicamente ativos, produzem calor e consomem nutrientes. Rotz & Muck (1994) afirmam que a degradação aeróbia da silagem pode ser causada por fungos e bactérias acetogênicas que utilizam açúcares residuais e produtos da fermentação como substratos, elevando a temperatura das silagens até 45 °C. Posteriormente, poderão surgir fungos resultando na produção de micotoxinas.

Clark (2005) sugere que a “desensilagem” de camadas inferiores a 15 cm ocasiona perdas de matéria seca de 11%, após a abertura do silo. O tempo necessário para o surgimento do aquecimento da fatia de corte do silo depende de fatores como: concentração de microrganismos aeróbios, tempo de exposição, características das silagens e da temperatura ambiente (Muck & Bolsen, 1991) além da densidade de compactação. Bolsen (2005) afirma que a taxa de “desensilagem” pode ser suficiente para prevenir que a silagem exposta ao ar aqueça e apresente perdas de matéria seca e dos produtos da fermentação, recomendando para tal uma remoção diária de uma fatia de 15 a 30 cm de espessura. Contudo, em condições climáticas quentes ou úmidas pode ser necessário retirar uma fatia de espessura de 45 cm ou mais a fim de prevenir perdas decorrentes da aerobiose, particularmente em silagens de alta umidade como silagens de milho de planta inteira, de sorgo e de cereais de inverno e de silagem de grão úmido de milho. Conforme Woolford (1990), silos mais estreitos que permitam a intensa compactação com tratores são mais

adequados para se manejar a retirada de silagem.

Hoffman & Ocker (1997), avaliando o efeito de silagens de milho aerobiamente estáveis ou instáveis na alimentação de vacas de leite verificaram que a produção de leite das vacas alimentadas com silagens deterioradas pela exposição ao ar diminuiu 3,2 kg de leite por dia em relação às vacas alimentadas com forragens frescas ou silagem de milho estável. Segundo Woolford (1990), a presença de ar no silo resulta em maiores perdas de matéria seca durante a “desensilagem” do que quando o silo é fechado. Conforme McGechan (1990), as perdas decorrentes da infiltração de ar durante o enchimento do silo variam entre um e dois por cento enquanto que as perdas decorrentes da aeração na “desensilagem” variam entre dois e 19% sendo que as perdas totais não perceptíveis podem variar entre dez e 25%.

Segundo Ranjit & Kung Jr. (2000), em muitas propriedades a silagem é frequentemente submetida a diversas magnitudes de deterioração aeróbia antes e durante a alimentação dos animais, por exemplo, pela incapacidade de remover apenas a quantidade suficiente de silagem do silo para alimentação, resultando em prolongada exposição ao ar da silagem excedente retirada. Outra forma comum de deterioração da silagem por exposição ao ar é o mau fechamento do silo entre as retiradas. Estes mesmos autores afirmam que alguns produtores americanos, para diminuir o trabalho de retirada da silagem ou quando compram a silagem que é transportada em caminhões, escolhem alimentar os animais uma vez a cada dois ou três dias. Desta forma a silagem fica exposta ao ar por vários dias, perdendo o seu valor nutricional e causando riscos ambientais pelo descarte da porção estragada.

No presente estudo objetivou-se avaliar o efeito do tempo de exposição ao ar após a “desensilagem” de silagens de milho “safrinha” de planta inteira sobre o valor nutritivo da mesma, simulando-se períodos de demora entre a retirada da silagem e o seu fornecimento aos animais.

### **Material e Métodos**

O trabalho de campo foi desenvolvido na Granja Três Capões de propriedade do Sr. Luiz José Fialho Velho, no município de Palmeira das Missões, RS, onde foi realizada a colheita manual das plantas de milho cortadas 15 centímetros acima do nível do solo de uma lavoura comercial de milho “safrinha” cultivada em sistema de plantio direto na palha, com o grão no estágio  $\frac{1}{2}$  leitoso e  $\frac{1}{2}$  farináceo. O híbrido AG5151 foi semeado com espaçamento entre linhas de 0,75 m e o estande final de plantas atingiu 50.000 por hectare. A adubação de base NPK foi de 250 kg/ha e a adubação de cobertura nitrogenada com uréia foi de 100 kg/ha dividida em duas aplicações. O tipo de solo do município de Palmeira das Missões segundo Streck et al. (2002) é classificado como latossolo vermelho distrófico típico – LVd3 e o clima segundo Moreno (1961) é do tipo Cfa, clima subtropical com verões quentes e chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com temperatura média de 22°C no período mais quente.

A colheita das plantas de milho foi no dia 18 de maio de 2004 e ocorreu entre as 16 e 18 horas do dia, sendo que no momento do corte foram desprezadas as bordaduras da lavoura de milho, seguindo-se com o corte das demais plantas até a obtenção de, aproximadamente, 1.000 kg de matéria

verde. A seguir procedeu-se a picagem das plantas em ensiladeira regulada para um tamanho de corte teórico médio de 1,2 cm.

Anteriormente à ensilagem foram coletadas amostras das plantas verdes (material original) na quantidade de um quilograma, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Na Tabela 1 é apresentada a caracterização do material verde retirado no momento da picagem.

A ensilagem foi realizada em mini-silos, com quatro repetições por tratamento, constituídos por baldes plásticos com capacidade de 30 litros sendo a compactação realizada através de pisoteio. No momento da abertura dos mini-silos, realizada em 02 de julho de 2004, as camadas superiores, inferiores e laterais de cada mini-silo foram desprezadas.

Os tratamentos foram constituídos por crescentes tempos de exposição ao ar após a “desensilagem”:

Tratamento testemunha (0 hora de aerobiose) – no momento da abertura dos mini-silos foi retirada uma amostra por silo simulando o imediato fornecimento aos animais após a “desensilagem”;

Exposições ao ar por 12, 24 e 36 horas – nesses tratamentos, após a abertura dos mini-silos, as silagens ficaram expostas ao ar em uma sala fechada, respectivamente, por 12, 24 e 36 horas. Na Figura 1 é apresentada a caracterização dos mini-silos.

### **Análises laboratoriais**

As análises foram realizadas nos laboratórios de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),

Santa Maria – RS e do Centro de Pesquisa de Pecuária dos Campos Sul-Brasileiros (EMBRAPA Pecuária Sul), Bagé – RS e no Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Análises Laboratoriais do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos da UFSM.



FIGURA 1. Caracterização dos mini-silos.

Imediatamente às amostragens nos tempos zero, 12, 24 e 36 horas após a “desensilagem” procedeu-se a determinação do teor de matéria parcialmente seca, por 72 horas em estufa de circulação e renovação de ar forçada a  $55 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  em parte do material até peso constante, sendo o restante armazenado à  $- 18^{\circ}\text{C}$ .

Para as determinações de pH e nitrogênio amoniacal prensou-se uma quantidade de silagem suficiente para coleta de 50 mL de extrato de silagem. O pH foi determinado no extrato utilizando-se potenciômetro digital e o

teor de nitrogênio amoniacal foi determinado segundo Weatherburn (1967) por método colorimétrico.

As determinações de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (ADF), lignina em detergente ácido (Lignina (sa)) determinada empregando ácido sulfúrico, proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), foram realizadas segundo procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002), utilizando amostras moídas em moinho do tipo Willey com peneira de um milímetro. A determinação da fibra insolúvel em detergente neutro (FIDN) também foi realizada segundo Silva & Queiroz (2002), porém optou-se por não utilizar sulfito de sódio na solução em detergente neutro. Por isso, a proteína remanescente na FIDN foi subtraída após a multiplicação do fator 6,25 pelo teor do NIDN. De acordo com o que Mertens propõe em dois artigos recentes (2002 e 2003) é considerado no presente estudo, a abreviação FDN expressa a determinação com o uso de alfa amilase termoestável porém sem descontar a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e as cinzas residuais enquanto que a abreviação e FDN<sub>cp</sub> expressa o teor de fibra em detergente neutro determinada, com o uso de alfa amilase termoestável e descontando-se a PIDN e as cinzas residuais.

As determinações de açúcares solúveis (Aç. Sol.) e matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% (MORIE) foram realizadas conforme Hall (2000) e a determinação de amido utilizou-se a metodologia descrita por Walter (2005).



### **Cálculo das frações de carboidratos e NDT**

Após as determinações foram realizados os cálculos do fracionamento dos carboidratos segundo Sniffen et al. (1992):

#### **Carboidratos totais (CHOT)**

$$\text{CHOT} = 100 - [\text{PB (\%MS)} + \text{EE (\%MS)} + \text{MM (\%MS)}]$$

#### **Fração C (C)**

$$\text{C (\%CHOT)} = 100 \times [\text{FDN (\%MS)} \times 0,01 \times \text{Lig (\%FDN)} \times 2,4] / \text{CHOT (\%MS)}$$

#### **Fração B<sub>2</sub> (B<sub>2</sub>)**

$$\text{B}_2 = 100 \times [(\text{FDN (\%MS)} - \text{PIDN (\%PB)} \times 0,01 \times \text{PB (\%MS)} - \text{FDN (\%MS)} \times 0,01 \times \text{Lig (\%FDN)} \times 2,4] / \text{CHOT (\%MS)}$$

#### **Carboidratos não estruturais (CNE)**

$$\text{CNE (\%CHOT)} = 100 - \text{B}_2 (\%CHOT) - \text{C (\%CHOT)}$$

#### **Fração B<sub>1</sub> (B<sub>1</sub>)**

$$\text{B}_1 = \text{Amido (\%CNE)} \times (100 - \text{B}_2 (\%CHOT) - \text{C (\%CHOT)}) / 100$$

#### **Fração A (A)**

$$\text{A} = (100 - \text{Amido (\%CNE)}) \times (100 - \text{B}_2 (\%CHOT) - \text{C (\%CHOT)}) / 100$$

Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados segundo Weiss et al. (1992) e NRC (2001), respectivamente com as equações:

$$\text{NDT}_{1x} (\text{g/kg de MS}) = \text{CNFvd} + \text{PBvd} + (\text{EE}-10) \times 2,25 + \text{FDNvd} - 70$$

$$\text{NDT}_{1x} (\%) = \text{CNFvd} + \text{PBvd} + (\text{EE}-1) \times 2,25 + \text{FDNvd} - 7$$

em que: NDT<sub>1x</sub> = nutrientes digestíveis totais para o consumo de 1x a manutenção; CNFvd = carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis; PBvd = proteína bruta verdadeiramente digestível; FDNvd = fibra em

detergente neutro verdadeiramente digestível e 70 ou 7 = constante de desconto de metabólicos fecais.

### **Delineamento experimental e análises estatísticas**

O experimento foi conduzido através de delineamento completamente casualizado, com quatro repetições por tratamento, onde as unidades experimentais foram os mini-silos. As análises estatísticas foram realizadas seguindo o modelo matemático:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$  = variável resposta;

$\mu$  = média geral;

$\alpha_i$  = efeito da simulação dos tempos entre retirada da silagem e sua utilização,  $i$  = Zero, doze, 24 e 36 horas;

$\beta_j$  = parâmetro associado com as unidades experimentais,  $j$  = Mini-silo A, B, C e D;

$\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório.

Foi realizada análise de variância para medidas repetidas no tempo empregando-se o *software* SPSS (1999) e as variáveis que diferiram estatisticamente as médias foram comparadas por meio da diferença mínima significativa, ao nível de 5%.

### **Resultados e discussão**

Nas páginas subseqüentes deste capítulo são apresentados os resultados dos tratamentos aplicados, sendo que os dados individualizados constam nos Apêndices 1, 2, e 3 e análise da variância no Apêndices 7.

Os teores de MS e MO apresentados na Tabela 1 não sofreram efeito visível dos tempos de exposição ao ar após a “desensilagem”. No entanto, segundo McGechan (1990) as perdas decorrentes da infiltração de ar na “desensilagem” variam entre dois e 19% sendo que as perdas totais não perceptíveis podem variar entre dez e 25%.

TABELA 1. Teores médios de matéria seca (MS) e matéria orgânica, do material original e da silagem após a “desensilagem”.

Variável	Material Original	Intervalo entre retirada e utilização das silagens (Horas)				F	Prob. >
		Zero	12	24	36		
		MS (%)	30,83	28,71	27,91		
MO (% MS)	97,46	95,97	96,48	96,71	96,74	2,479	0,127

Os valores de pH (Tabela 2) não sofreram efeito dos tempos de exposição ao ar após a “desensilagem”. Entretanto, Ranjit & Kung Jr. (2000) obtiveram pH de 5,44 para plantas de milho colhidas com 31,3% de MS e a silagem deste material após 100 dias da ensilagem apresentou pH de 3,66, no entanto, quando esta silagem foi exposta ao ar por 12, 24, 36, 48 e 72 horas em sala fechada com temperatura constante de 22°C o pH sofreu efeito ( $P < 0,05$ ) aumentando respectivamente para 3,85, 3,81, 3,77, 4,55 e 5,02. Filya (2003), expondo silagem de milho ao ar por cinco dias verificou elevação de pH de 3,72 para 6,18 e desenvolvimento de leveduras e fungos, respectivamente, de 3,86 para 7,26 e 3,26 para 3,45 log<sub>10</sub> de unidades formadoras de colônias por grama de silagem.

TABELA 2. Teores médios de pH e extrato etéreo (EE), do material original e da silagem após a “desensilagem”.

Variável	Material Original	Intervalo entre retirada e utilização das silagens (Horas)				F	Prob. >
		Zero	12	24	36		
pH	5,62	3,72	3,73	3,73	3,76	0,875	0,489
EE (% MS)	2,20	2,28a	2,16a	2,35a	2,80b	12,524	0,001

Na Tabela 3 é apresentada a caracterização dos carboidratos estruturais do material original, o qual pelo teor de FDNcp pode ser considerado como de qualidade média, em comparação com os valores reportados na literatura européia e norte-americana. No entanto, quando esse valor de 49,45% é comparado com aqueles tabelados por Valadares Filho et al. (2002), em que o teor médio de FDN na MS de 163 amostras de silagem de milho é de 55,68% pode-se dizer que o milho “safrinha” do presente experimento apresenta um valor aceitável, mesmo se fossem descontadas as cinzas e a proteína eventualmente contidas nos valores de FDN tabelados por Valadares Filho et al. (2002). O teor de FDNcp (Tabela 3) do material original também é inferior ao valor tabelado por Tedeschi et al. (2002) de 53,2% de FDN para silagem de milho brasileira.

TABELA 3. Teores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido, hemicelulose (Hem.) e celulose (Cel.), do material original e da silagem após a “desensilagem”.

Variável	Material Original	Intervalo entre retirada e utilização das silagens (Horas)				F	Prob. >
		Zero	12	24	36		
FDN (%MS)	51,95	51,47a	53,33b	51,24a	52,32ab	5,397	0,021
FDNcp (%MS)	49,45	49,22a	51,03b	49,39a	50,60ab	6,490	0,012
FDA (%MS)	26,06	27,52	28,50	28,38	28,55	2,567	0,119
Lignina (%MS)	2,44	2,57a	2,61a	2,72a	2,91b	9,825	0,003
Hem. (%MS)	25,89	23,95a	24,83a	22,86b	23,76ab	8,612	0,005
Cel. (%MS)	23,62	24,98	25,88	30,06	25,63	1,164	0,376

Os teores de FDA e celulose, apresentados na Tabela 3 não sofreram efeito dos tempos de exposição ao ar após a “desensilagem”, entretanto os teores de FDN, FDNcp, lignina e Hem foram afetados ( $P < 0,05$ ).

As diferenças numéricas entre os teores de FDN e FDNcp são oriundas da subtração das cinzas e PIDN na FDNcp, cujas amplitudes indicam a importância de tais correções, para classificação das silagens quanto à qualidade. Porém, na maior parte da bibliografia nacional sobre silagem de milho muitas vezes os autores não indicam a forma em que foi expresso o teor de FIDN, não permitindo ao leitor inferir se é uma silagem de boa ou de média qualidade, visto que esta variação pode chegar a cinco ou seis unidades percentuais, facilmente. Em função deste tipo de variações a nível mundial Mertens (2002 e 2003) realizou trabalho avaliando diferentes protocolos de determinação da fibra dietética insolúvel e propôs normas para os procedimentos analíticos e apresentação dos resultados, sugerindo que as abreviaturas empregadas informem a metodologia utilizada.

As diferenças entre FDN e FDNcp têm maior amplitude quanto menor a qualidade nutricional do alimento, geralmente por apresentarem menores teores de matéria orgânica. Londoño Hernández et al. (2002) observaram diferenças de 2,22 e 1,39 unidades percentuais entre FDN e FDNcp respectivamente para silagem de milho sem ou com adição de inoculante bacteriano.

Mühlbach (2003), ao comparar os teores de FDN de silagens de milho da literatura nacional com dados da literatura americana e europeia verificou diferenças da ordem de 15 e 25 unidades percentuais a mais para

silagem de milho produzida no Brasil, o que, segundo o autor, requer ajustes não só no modo de expressar o teor de FDN mas provavelmente também nos procedimentos de produção das silagens de milho, especialmente quando estas forem elaboradas para dietas de ruminantes de alta produção, que requerem volumosos de baixo teor de FDN. Todavia, segundo Noguera (2002), somente as análises químicas dos alimentos não podem explicar todos os aspectos da digestão nos ruminantes, pois além das informações sobre os teores de celulose, hemicelulose, pectina e lignina nas forrageiras, necessário também seria conhecer a distribuição destes constituintes dentro da parede celular.

Portanto, para se obter o valor energético de um alimento com precisão e exatidão torna-se imprescindível não só a determinação da hemicelulose, mas também o conhecimento de suas relações com os demais componentes do alimento. Segundo Van Soest (1994), as forrageiras e cereais são constituídos por 50% a 80% de carboidratos. Este mesmo autor afirma que as características nutritivas dos carboidratos dependem dos seus componentes solúveis e de suas ligações com polifenóis, bem como de outros fatores físico-químicos.

O efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para os crescentes tempos de exposição ao ar após a “desensilagem” sobre o teor de FDN<sub>cp</sub>, (Tabela 3), que aumentou em 1,81 unidade percentual já nas primeiras 12 horas de exposição ao ar, sugere que, na prática, a retirada de silagem do silo deve se dar momentos antes do fornecimento da mesma aos animais. Oliveira (2001) recomenda que se a dieta for fracionada em duas ou três refeições ao dia, a

silagem também deverá ser retirada duas ou três vezes, imediatamente antes da mistura da dieta e fornecimento aos animais, evitando assim perdas indesejáveis no valor nutricional da silagem.

O teor de lignina (Tabela 3) apresentou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) aumentando com os crescentes tempos de exposição ao ar após a “desensilagem”. Apesar do incremento nos teores de lignina, os mesmos ficaram abaixo dos valores observados para silagem de milho por Cabral et al. (2000) de 4,37% da MS, Campos et al. (2001) de 3,6% da MS para silagem com 29,6% de MS e Londoño Hernández et al. (2002) de 5,35% e 5,29% da MS, respectivamente, para silagem sem e com inoculante.

Os teores de Aç. Sol. (Tabela 4) não foram afetados pelo tempo de exposição ao ar após a “desensilagem”, contudo houve efeito ( $P < 0,05$ ) para os teores de matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% (MORIE). A determinação da MORIE é uma técnica de baixo custo e de fácil realização e segundo Hall et al. (1997) soluções de etanol aquoso têm sido usadas para extrair açúcares simples, oligossacarídeos e outras substâncias de baixo peso molecular de amostras de alimentos preparadas para a análise de carboidratos. Portanto, o aumento dessa fração pela exposição aeróbia da silagem indica uma degradação de glicídios que posteriormente, no rúmen, poderão faltar para a otimização da síntese de proteína microbiana. Ranjit & Kung Jr. (2000), submetendo silagem de milho à exposição ao ar por 12, 24, 36, 48 e 72 horas verificaram que os carboidratos solúveis em água diminuíram ( $P < 0,05$ ) de 3,68% da MS para 3,40%, 2,12%, 1,66%, 1,46%, e 1,35% da MS conforme os tempos de exposição anteriormente citados.

TABELA 4. Teores médios de açúcares solúveis (Aç. Sol.), amido e matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80%, do material original e da silagem após a “desensilagem”.

Variável	Material Original	Intervalo entre retirada e utilização das silagens (Horas)				F	Prob. >
		Zero	12	24	36		
Aç. Sol. (%MS)	9,37	2,15	2,27	2,68	2,76	2,416	0,134
Amido (%MS)	11,70	12,48	11,83	15,84	12,48	1,881	0,203
MORIE (%MS)	73,94	71,53a	74,77b	74,58b	75,42b	15,025	0,001

Rotz & Muck (1994) afirmam que a degradação aeróbia da silagem pode ser causada por fungos e bactérias acetogênicas que utilizam açúcares residuais e produtos da fermentação como substratos, elevando a temperatura das silagens até 45°C. No presente trabalho o efeito negativo da aerobiose não foi mais intenso possivelmente porque a temperatura da silagem, nas condições do experimento, permaneceu constante em 20°C durante as 36 horas de exposição ao ar após a “desensilagem”, o que, na prática, poderia ser diferente. Woolford (1990) afirma que a deterioração aeróbia da silagem nem sempre é acompanhada por aquecimento da massa especialmente quando o teor de MS é baixo devido à absorção do calor gerado pela água, contudo a deterioração aeróbia é invariavelmente acompanhada por perdas dos ácidos orgânicos, proteína e carboidratos.

Senger et al. (2004a), em situação semelhante a este experimento com silagens de milho com 28% de MS e com uma densidade de compactação de 625 kg de matéria verde por metro cúbico, determinaram um teor de açúcares solúveis residuais na silagem de apenas 1% na MS, sendo inferior aos resultados obtidos no presente trabalho, diferindo provavelmente pelo fato de que os estádios de maturação dos grãos terem sido diferentes. Rodrigues et al. (2004), trabalhando com silagens de milho com 35,26% e 44,06% de MS



obtiveram, respectivamente, 27,04% e 24,46% de amido na MS. No presente estudo o teor de amido variou de 11,83% a 15,84% da MS, conseqüência do cultivo extemporâneo desse milho “safrinha” e do ponto de colheita.

Os valores de carboidratos totais (Tabela 5) são semelhantes aos obtidos por Backes et al. (2000) para silagens de milho de planta inteira sem (87,25%) e com inoculante (89,11%). Porém o fracionamento dos carboidratos segundo Sniffen et al. (1992) apresentou valores diferentes dos de Backes et al. (2000) que obtiveram 15,42% e 15,83%; 12,67% e 11,28%; 49,60% e 53,88%; 9,56% e 8,12%, respectivamente, para as frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C para as silagens sem e com inoculante, o que pode ser explicado pelos pontos de colheita, que também foram diferentes. Diferenças na constituição dos carboidratos em um mesmo alimento devem ser ponderadas pelo nutricionista, uma vez que podem gerar resultados diferentes de desempenho animal. Segundo Sniffen et al. (1992), os carboidratos podem ser classificados de acordo com as taxas de degradação sendo: Fração A (açúcares solúveis) de rápida degradação, Fração B<sub>1</sub> (amido) média degradação, Fração B<sub>2</sub> (parede celular disponível) lenta degradação e Fração C (parede celular indigestível) indegradável.

Em comparação (Tabela 5) com os valores obtidos por Mello & Nörnberg (2004), avaliando híbridos de milho na Depressão Central do Rio Grande do Sul, as quantidades de CHOT de 85,9% na MS foram semelhantes, sendo a fração dos CNE levemente maior naquele estudo (42,47% dos CHOT).

Se as silagens de milho do presente trabalho fossem fornecidas como alimento único a animais em manutenção teoricamente não

necessitariam de correções para os teores de PB (Tabela 6) os quais estão acima do valor mínimo de 7%, tido com limitante do crescimento microbiano para manter a fermentação ruminal.

TABELA 5. Teores médios de carboidratos totais (CHOT), carboidratos não estruturais (CNE) e fracionamento dos carboidratos segundo Sniffen et al. (1992), do material original e da silagem após a “desensilagem”.

Variável	Material Original	Intervalo entre retirada e utilização das silagens (Horas)				F	Prob. >
		Zero	12	24	36		
CHOT (%MS)	87,74	85,69	86,99	86,16	85,92	2,850	0,097
CNE (%CHOT)	43,01	41,70ab	40,53b	42,35a	40,68b	1,724	0,012
Fracionamento dos carboidratos segundo Sniffen et al. (1992)							
Fração A (%CHOT)	31,31	29,22	28,69	26,51	28,20	1,307	0,486
Fração B <sub>1</sub> (%CHOT)	11,70	12,48	11,84	15,84	12,48	2,353	0,203
Fração B <sub>2</sub> (%CHOT)	50,35	51,21ab	52,29b	50,22a	51,21ab	5,504	0,020
Fração C (%CHOT)	6,74	7,09a	7,18 <sup>a</sup>	7,43ab	8,10b	8,567	0,005

TABELA 6. Teores médios dos constituintes nitrogenados do material original e da silagem após a “desensilagem”.

Variável	Material Original	Intervalo entre retirada e utilização das silagens (Horas)				F	Prob. >
		Zero	12	24	36		
PB (%MS)	7,52	8,00	7,33	8,19	8,02	3,625	0,058
N-NH <sub>3</sub> (%PB)	2,28	3,87ab	4,20b	3,76a	3,96ab	7,243	0,020
NIDN (%PB)	24,48	17,02	19,90	18,29	15,76	0,261	0,851
NIDA (%PB)	9,10	13,49	6,81	5,74	9,35	3,143	0,080

PB = proteína bruta, N-NH<sub>3</sub> = nitrogênio amoniacal, NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro, NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

Ferreira (2001a) afirma que silagens que tiveram um processo de fermentação adequado apresentam em média pH 3,8 a 4,2, ácido lático 6,0% a 8,0% da MS, ácido acético menor que 2,0% da MS, ácido propiônico de 0% a 1,0% da MS, ácido butírico menor que 0,1% da MS e N-NH<sub>3</sub> menos que 10%

do nitrogênio total. Os teores de N-NH<sub>3</sub> em relação à PB (Tabela 6) são considerados baixos indicando que a fermentação foi adequada, sendo esses valores menores aos obtidos por Senger et al. (2004b) para silagens bem compactadas com 28% de MS (5,27% da PB).

As diferenças numéricas apresentadas na Tabela 7 para NDT1x entre os valores obtidos pelas fórmulas de Weiss et al. (1992) e NRC (2001) são decorrentes de duas diferenças nas equações: 1º Weiss et al. (1992) consideram que a proteína insolúvel em detergente ácido apresenta digestibilidade de 30%, a qual é adicionada ao cálculo da FDNvd; e 2º o NRC (2001) propõe um fator de ajuste para processamento (FAP) para a fração carboidratos não fibrosos. Para o cálculo do NDT1x (Tabela 1) utilizou-se o FAP 0,94 proposto para silagens de milho “normal”.

TABELA 7. Teores dos nutrientes digestíveis totais calculados para 1x o consumo de manutenção segundo Weiss et al. (1992) e NRC (2001) do material original e da silagem após a “desensilagem”.

Fórmula	Material Original	Intervalo entre retirada e utilização das silagens (Horas)				F	Prob. >
		Zero	12	24	36		
Weiss (%)	71,22	69,57	69,72	70,14	70,09	0,827	0,512
NRC (%)	68,95	67,41	67,54	67,98	67,98	1,063	0,412

Os teores de NDT1x (Tabela 7), calculados pela fórmula de Weiss et al. (1992) são superiores e os calculados pela fórmula do NRC (2001) são semelhantes ao valor tabelado pelo NRC (2001) para silagem de milho “normal” (68,8%) com MS entre 32 e 38%. Weiss (2005) afirma que a silagem de milho contém concentrações apreciáveis de amido e FDN e variações nas suas digestibilidades podem afetar o seu valor energético. Porém, como no presente experimento não ocorreu variação no teor de amido e pequena

variação (1,81%), mas significativa ( $P < 0,05$ ) no teor de FDNcp as equações somativas de Weiss et al. (1992) não apresentaram sensibilidade para detectar diferenças nos níveis de NDT1x. Os valores de NDT1x estimados pela fórmula de Weiss et al. (1992) (Tabela 1) são superiores aos valores tabelados por Tedeschi et al. (2002) para silagem de milho brasileira (65,4%) estimada pela mesma equação.

As simulações de mau manejo de “desensilagem” entre os tempos zero a 36 horas de exposição ao ar, com pequenas quantidades de silagem (19,3 kg de MV) e em condições ambientais relativamente controladas geraram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na qualidade das silagens, o que extrapolado para as condições a campo resultaria em efeitos ainda mais significativos, quando o manejo de “desensilagem” for inadequado. Ranjit & Kung Jr. (2000), avaliando o efeito da exposição da silagem do milho ao ar após a “desensilagem” em condições laboratoriais com três quilos de silagem, por até 72 horas, obtiveram perdas de até 5,3% da MS, elevação do pH de 3,66 para 5,02 e diminuição dos teores carboidratos solúveis em água de 3,68% para 1,35% da MS, ácido láctico de 7,72% para 1,35% da MS e ácido acético de 1,82% para 0,08% da MS. Em tais situações a relação custo/benefício poderá então ser desvantajosa, visto que os maiores custos de utilização de silagens de milho nos sistemas pecuários dão-se sobre o cultivo das plantas e no processo de ensilagem. Portanto, perdas na qualidade nutritiva durante a “desensilagem” são inoportunas. Em complementação, cabe lembrar que uma silagem de milho de planta inteira, quando bem manejada é um alimento volumoso de alto valor energético, de baixo custo e ambientalmente correto, e

que possibilita reduzir a proporção de concentrado na dieta, amenizando, em decorrência, os efeitos negativos sobre o ambiente através da diminuição da produção de metano e do nitrogênio fecal excretado.

### **Conclusões**

Os crescentes tempos de exposição ao ar após a “desensilagem” diminuem o valor nutricional de silagens de planta inteira de milho, através de significativos aumentos nas proporções de fibra em detergente neutro e lignina em detergente ácido e diminuição dos carboidratos não estruturais.

## CAPÍTULO IV

### 1. Considerações Gerais

No Rio Grande do Sul há necessidade de pesquisas com silagens de planta inteira de milho nas regiões do Planalto Médio e Missões, envolvendo a produção animal. Estas regiões apresentam potencial produtivo e necessidade de fazer integração lavoura-pecuária para aumentar o retorno financeiro da propriedade rural. Além disso, sabe-se que há consideráveis perdas durante os processos de ensilagem e “desensilagem” nos sistemas produtivos, porém as mesmas ainda não foram quantificadas, logo se faz necessário contabilizar-se as perdas desta natureza a fim de se propiciar melhor retorno econômico aos sistemas semi- ou totalmente confinados.

Ao se desenvolver um trabalho de pesquisa sobre determinado assunto há diversas formas de abordá-lo e o enfoque dado dependerá do conhecimento e interesse de cada pesquisador ou do interesse da sociedade onde se fará uso de tal conhecimento. No entanto, por mais completo que seja o trabalho, o mesmo será desenvolvido com particularidades intrínsecas aquele ambiente, podendo ser desprezado em situações diferentes. Em função disto, quando o trabalho envolver silagem de milho, recomenda-se seguir a sugestão de Johnson e colaboradores (1999), apresentando informações descritivas, as quais são valiosas para interpretar resultados e necessárias para desenvolver relações em revisões bibliográficas.

Recomenda-se descrever:

1. *CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS SOBRE A SILAGEM DE MILHO* – híbrido, tamanho de partícula, maturidade definida pela linha do leite, matéria

seca da planta inteira, matéria seca do grãos, valor nutritivo (PB, FDN, FDA, MM, NDT ou ED, Lignina e Amido), digestibilidade estimada (*in vivo*, *in situ*, *in vitro*) e vitreosidade.

2. *INFORMAÇÕES ADICIONAIS QUE MERECEM CONSIDERAÇÕES* – população de plantas, produção de matéria seca por hectare; dias desde o plantio até a colheita, soma térmica; chuvas, umidade do solo; densidade de compactação; estabilidade aeróbia; perfil de fermentação.

3. *CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS DA DIETA* – quantidade de outros grãos presentes na dieta, frações de palha, sabugo e grãos da espiga, matéria seca dos grãos, valor nutritivo dos grãos, híbrido, digestibilidade estimada das frações dos grãos; parâmetros da fermentação ruminal.

Se a proposta de Johnson et al. (1999) fosse seguida pela comunidade acadêmica que estuda silagem de planta inteira de milho haveria informações suficientes para se modelar matematicamente o cultivo, a colheita, a ensilagem, a “desensilagem” e a sua utilização nos sistemas de produção.

## 2. Referências bibliográficas

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford, UK : CAB international, 1993. 159p.

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 7, p.1598-1624, 2000.

ALMEIDA, M.L.; MEROTTO Jr., A.; SANGOI, L. et al. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p.23-29, 2000.

ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p.179-183, 1996.

ANDRAE, J.G.; HUNT, C.W.; PRITCHARD, G.T. et al. Effect of hybrid, maturity and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p.2268-2275, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p.71-78, 2001b.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p.1075-1084, 2001a.

BACKES, A.A.; SANCHEZ, L.M.B.; GONÇALVES, M.B.F. et al. Determinação das frações da proteína e carboidratos de alguns alimentos conforme metodologia do CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. 1CD-Rom.

BERTO, J.L.; MÜHLBACH, P.R.F.; SANTOS, A.C. Qualidade da silagem de milho em unidades de produção de leite no Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., Botucatu, 1998. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. 1CD-Rom.

BOLSEN, K.K. Managing bunker, trench, and drive-over pile silages for optimum nutritive value: four important practices. Disponível em: <<http://ruminantfeeds.org>>. Acesso em: 5 julho 2005.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n 6, p.2087-2098, 2000, Suplemento 1.



CAMPOS, F.P.; BOSE, M.L.V.; BOIN, C. et al. Comparação do sistema de monitoramento computadorizado de digestão *in vitro* com os métodos *in vivo* e *in situ*. 2. Uso de resíduo da matéria seca de forragens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n 2, p.531-536, 2000.

CAMPOS, F.P.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.F. et al. Digestibilidade *in vitro*/gás de volumosos exclusivos ou combinados avaliados pelo resíduo remanescente da digestão da matéria seca e produção de gás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n 5, p.1579-1589, 2001.

CLARK, J. **Forage feedout losses for various storage systems**. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/FeedoutLossFOF.PDF>>. Acesso em: 23 mar.2005.

COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S. de C.; VALADARES, R.F.D. et al. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n 1, p.280-287, 2005.

COTTRILL, B.R. A review of current nutritional models: what we need to measure. In: IN VITRO TECHNIQUES FOR MEASURING NUTRIENT SUPPLY TO RUMINANTS, 22., 1998, Edinburgh. **Proceedings...** Edinburgh : BSAS, 1998. p.21-31.

DIAS, F.N. **Avaliação de parâmetros agronômicos e nutricionais em híbridos de milho (*Zea mays* L.) para silagem**. Piracicaba : ESALQ, 2002. 96f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FERREIRA, J.J. Características qualitativas e produtivas da planta de milho e sorgo para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (Eds.) **Produção e Utilização de Silagem de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001b. p.383-404.

FERREIRA, J.J. Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (Eds.) **Produção e Utilização de Silagem de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001a. p.405-428.

FERNANDEZ, I. et al. Site and extent of starch digestion of whole-plant maize silages differing in maturity stage and chop length, in dairy cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.89, p.147-157, 2004.

FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, n.11, p.3575-3581, 2003.

FITZGERALD, J.J.; MURPHY, J.J. A comparison of low starch maize silage and grass silage and the effect of concentrate supplementation of the forages or

inclusion of maize grain with the maize silage on milk production by dairy cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 57, p. 95-111, 1999.

FLÉNET, F.; KINIRY, J.R.; BOARD, J.E. et al. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean and sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 2, p.185-190, 1996.

FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles with in vitro degradation of ruminants feeds. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 163, p.99-111, 1993.

FRANCE, J.; LOPEZ, S.; KEBREAB, E. et al. A general compartmental model for interpreting gas production profiles. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, 2005. No prelo.

GALYEAN, M.L. Protein levels in beef cattle finishing diets: industry application, university research, and systems results. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p.2860-2870, 1996.

GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S. et al. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 72, p.261-281, 1998.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1970. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. Washington, D.C. : US Govt. Printing Office, 1970. 20p. (USDA – ARS Agric. Handbook, n. 379) USDA – ARS Agric. Handbook n° 379.,

HALL, M.B. et al. A simple method for estimation of neutral detergent-soluble fibre. **Journal Science Food Agricultural**, London, v.74, p.441-449, 1997.

HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates, Nutritional relevance and analysis** : a laboratory manual. [S.l.] : University of Florida, 2000. 42p. (Bulletin, 339)

HOFFMAN, P.C.; OCKER, S.M. Quantification of milk yield losses associated with feeding aerobically unstable high moisture corn. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80 (Suppl.1): 234 (Abstr.), 1997.

JOHNSON, G.A.; HOVERSTAD, T.R.; GREENWALD, R.E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides and cultivation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 1, p.40-46, 1998.

JOHNSON, L.; HARISSON, J.H.; HUNT, C. et al. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: A contemporary review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, p.2813-2825, 1999.

JOHNSON, L.M.; HARISSON, J.H.; DAVIDSON, D. et al. Corn silage management: Effects of hybrid, chop length, and mechanical processing on digestion and energy content. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 1, p.208-231, 2003.

KNOWLTON, K. F. **Corn silage hybrids with enhanced fiber digestibility.** Disponível em: <<http://www.dasc.vt.edu/nutritioncc/kfk99a.pdf>>. Acesso em: 23 setembro 2003.

LONDOÑO HERNÁNDEZ, F.I.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. et al. Avaliação da composição de vários alimentos e determinação da cinética ruminal da proteína, utilizando o método de produção de gás e amônia *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n 1, p.243-255, 2002.

MAKKAR, H.P.S. **Recent advances in vitro gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources.** Disponível em: <[http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/570\\_en\\_toc.htm](http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/570_en_toc.htm)>. Acesso em: 13 setembro 2004.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, p.321-330, 1999.

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n 4, p.1013-1020, 2003.

McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 96, p.251-252, 1981.

McGECHAN, M.B. A review of losses arising during conservation of grass forage: Part 2, Storage losses. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 45, p.1-30, 1990.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v 88, p.645-650, 1977.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n 5, p.1537-1542, 2004.

MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 93, p.217-222, 1979.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: Fahey, G.C. et al (Eds.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. 1994, p. 828-868.

MERTENS, D.R. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p.3233-3249, 2003.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 85, n. 6, p.1217-1240, 2002.

MINNICHSOFFER, T. **Feeding silage hybrids**. Disponível em: <[http://www.hayandforage.com/ar/farming\\_feeding\\_silage\\_hybrids](http://www.hayandforage.com/ar/farming_feeding_silage_hybrids)>. Acesso em: 23 setembro 2003.

MIRON, J.; BEN-GHEDALIA, D.; MORRISON, M. Invited review: Adhesion mechanisms of rumen cellulolytic bacteria. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, p.1294-1309, 2001.

MITTELMANN, A.; SOUZA SOBRINHO, F.; OLIVEIRA, J.S. et al. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v 35, n 3, p.684-690, 2005.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.

MUCK, R.E.; BOLSEN, K.K. Silage preservation and silage additive products. In: HAY and Silage Management in North America. {S.I.} : NFIA, 1991. p.105-126.

MÜHLBACH, P.R.F. Produção de leite com vacas de alta produtividade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., Santa Maria, 2003. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003.

MULLIGAN, F.J.; QUIRKE, J.; RATH, M. et al. Intake, digestibility, milk production and kinetics of digestion and passage for diets based on maize or grass silage fed to late lactation dairy cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 74, p.113-124, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirement of beef cattle**. 7. ed. Washington D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrients requirements of dairy cattle**. Seventh revised edition, Washington D.C.: National Academy Press, 2001. 360p.

NOCEK, J.E. In situ e outros métodos para estimar a proteína ruminal e da digestibilidade da energia: revisão. In: TEXEIRA, J.C. (Editor) **Digestibilidade em Ruminantes**. Lavras: UFLA, 1997. p.241-287.

NOGUERA, J.R.R. **Estudo químico *in situ*, *in vitro* e microscópico da parede celular de cinco genótipos de sorgo colhidos em três épocas de corte**. Belo Horizonte : UFMG, 2002. 177f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n 6, p.1333-1341, 2000.

OLIVEIRA, J.S. Manejo do silo e utilização da silagem de milho e sorgo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (Eds.) **Produção e Utilização de Silagem de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.473-518.

ORSKOV, E.R. Feed evaluation with emphasis on fibrous roughages and fluctuating supply of nutrients: a review. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 28, p.1-8, 1998.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, p.499-503, 1979.

PETIT, H.V.; LAFREINERE, C.; VEIRA, D.M. A comparison oh methods to determine dry matter in silages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, n. 3, p.558-562, 1997.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p.1063-1073, 1993.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Tratos culturais do milho para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (Eds.) **Produção e Utilização de Silagem de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.85-117.

QIU, X.; EASTRIGDE, M.L.; WANG, Z. Effects of corn silage hybrid and dietary concentration of forage NDF on digestibility and performance by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n 11, p.3667-3674, 2003.

RANJIT, N.K.; KUNG Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, n.3, p.526-535, 2000.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L. et al. Manipulação da altura de corte da planta de milho (*Zea mays*, L.) para ensilagem visando a produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n 3, p.1235-1244, 2002.

RODRIGUES, P.H.M.; RUZANTE, J.M.; SENATORE, A.L. et al. Avaliação do uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n 3, p.538-545, 2004.

ROSS, G.J.S. **Maximum likelihood program:**a manual. Harpenden : Rothamsted Experimental Station, 1987.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY, G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Nebraska: University of Nebraska, 1994. p. 828-868.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p.3551-3561, 1992.

SAN THIAGO, L.R.L.; BARROCAS, G.E.G. **Técnica de produção de gás:** adaptações ao método proposto pelo IGER, UK. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc73/index.html>>. Acesso em 05 junho 2005.

SATTER, L.D.; REIS, R.B. **Milk production under confinement conditions**. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/anais1997/simp/palest10.pdf>>. Acesso em: 05 fevereiro 2005.

SCHWAB, E.C.; SHAVER, R.D.; LAUER, J.G et al. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.109, p.1-18, 2003.

SENGER, C.C.D.; MÜHLBACH, P.R.F.; SANCHEZ, L.M.B. et al. Efeito da umidade e compactação sobre o pH e as frações protéicas de silagens de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., Campo Grande, 2004b. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004b. 1CD-Rom.

SENGER, C.C.D.; MÜHLBACH, P.R.F.; SANCHEZ, L.M.B. et al. Influência da umidade e compactação sobre os carboidratos estruturais e glicídios solúveis de silagens de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., Campo Grande, 2004a. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004a. 1CD-Rom.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de **Análise de alimentos métodos químicos e biológicos**. Viçosa : Editora UFV, 2002. 235p.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 70, p.3562-3577, 1992.

SPSS. **Base 10.0:** Applications Guide. [S.l.], c.1999.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N. et al. Development and evaluation of tropical feed library for The Cornell Net Carbohydrate and Protein System Model. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p.1-18, 2002.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 48, p.185-197, 1994.

TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, Aberystwyth, v.18, p.104-111, 1963.

UCDAVIS. **In vitro gas production of California feedstuffs**. University of California. Disponível em: <<http://www.animalscience.ucdavis.edu/faculty/robinson/projects/pdf/gasfeedsnov.pdf>>. Acesso em: 27 setembro 2004.

VALADARES FILHO, S. de C.; ROCHA Jr., V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos CQBAL 2.0**. Viçosa – MG : UFV, 2002. 297p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, p.3583-3597, 1991.

VELHO, J.P.; SILVEIRA, V.C.P.; GENRO, T.C.M. et al. Determinação da relação entre pressão e volume para estabelecimento da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases no Laboratório de Nutrição Animal da EMBRAPA Pecuária Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., Santa Maria, 2003. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1CD-Rom.

WALTER, M. **Amido resistente: metodologias de quantificação e resposta biológica em ratos**. Santa Maria : UFSM. 2005. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

WEATHERBURN, M.W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 39, p.971-974, 1967.

WEIMER, P.J. Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p.3114-3122, 1998.

WEISS, W.P. **Adjusting net energy values of feeds fed to dairy cows**. Disponível em: <<http://ruminantfeeds.org>>. Acesso em: 13 abril 2005.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R. St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p.95-110, 1992.

WOLF, D.P.; COORS, J.G.; ALBRECHT, K.A. et al. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**, Madison, v. 33, p.1359-1365, 1993.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. Marcel Dekker: New York, 1990, 350p.

ZEOULA, M.L.; BELEZE, J.R.F.; CECATO, U. et al. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 3. Composição químico-bromatológica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n 3, p.556-566, 2003.



## **CAPÍTULO V**

### **Apêndices**

APÊNDICE 1. Dados originais dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), pH e extrato etéreo (EE).

Amostras	Frações bromatológicas			
	MS (%)	MO (% MS)	pH	EE (% MS)
OL Zero	23,26	95,15	5,48	1,32
OL Doze	22,08	95,30	5,02	1,37
OL 24	22,99	95,26	4,52	1,30
OL 36	23,05	95,34	4,54	1,30
SL Zero A	22,08	95,83	3,62	1,63
SL Zero B	22,94	95,34	3,63	1,56
SL Zero C	21,47	94,90	3,62	1,58
SL Zero D	21,54	94,84	3,63	1,59
SL Doze A	20,98	94,53	3,62	1,73
SL Doze B	21,06	94,76	3,63	1,57
SL Doze C	20,92	94,67	3,63	1,82
SL Doze D	20,68	94,97	3,66	1,71
SL 24 A	20,34	94,75	3,82	1,95
SL 24 B	21,04	94,96	3,82	1,88
SL 24 C	20,89	94,83	3,80	1,92
SL 24 D	21,00	95,87	3,78	1,48
SL 36 A	21,76	95,07	3,97	1,68
SL 36 B	21,66	94,73	4,00	1,75
SL 36 C	21,33	94,34	4,00	2,13
SL 36 D	21,70	95,15	4,03	1,46
OF Zero	30,83	97,46	5,62	2,20
OF Doze	29,01	96,82	5,14	2,08
OF 24	28,36	96,24	4,62	1,96
OF 36	27,70	95,61	4,76	1,81
SF Zero A	27,47	96,15	3,79	2,68
SF Zero B	27,49	96,58	3,78	2,62
SF Zero C	28,76	96,74	3,77	2,22
SF Zero D	27,92	96,17	3,74	2,41
SF Doze A	27,48	96,64	3,78	2,30
SF Doze B	27,31	96,31	3,78	2,04
SF Doze C	23,81	96,12	3,78	2,06
SF Doze D	27,61	96,43	3,78	1,97
SF 24 A	27,90	96,11	3,73	2,41
SF 24 B	27,98	96,32	3,74	2,54
SF 24 C	27,94	95,52	3,74	1,94
SF 24 D	27,71	96,10	3,73	2,69
SF 36 A	28,40	96,35	3,91	2,04
SF 36 B	28,62	96,25	3,91	2,80
SF 36 C	28,11	96,16	3,88	2,14
SF 36 D	28,42	95,88	3,88	2,27
DE Zero A	29,23	96,04	3,75	2,50
DE Zero B	28,53	95,46	3,75	2,33
DE Zero C	28,74	96,00	3,73	2,00
DE Zero D	28,34	96,40	3,65	2,29

DE Doze A	27,23	96,92	3,74	2,14
DE Doze B	28,71	96,40	3,72	2,11
DE Doze C	27,93	96,05	3,72	2,23
DE Doze D	27,77	96,57	3,75	2,18
DE 24 A	28,43	96,36	3,75	2,43
DE 24 B	28,35	96,32	3,73	2,28
DE 24 C	28,34	96,57	3,73	2,25
DE 24 D	28,52	97,60	3,70	2,46
DE 36 A	28,35	96,47	3,74	2,56
DE 36 B	28,87	97,40	3,73	2,81
DE 36 C	29,15	96,32	3,76	2,80
DE 36 D	28,87	96,79	3,80	3,03

---

APÊNDICE 2. Dados originais dos teores de açúcares solúveis (Ac. Sol.) amido, matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol (MO RIE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina ácido detergente (LAD), expressos em percentual da MS.

Amostras	Frações bromatológicas (% da MS)					
	Ac. Sol.	Amido	MO RIE	FDN	FDA	LAD
OL Zero	11,66	5,81	71,22	59,23	30,87	2,85
OL Doze	9,82	5,03	73,85	64,54	32,37	2,89
OL 24	9,84	6,21	73,85	64,43	32,43	3,24
OL 36	5,02	5,13	77,14	69,09	33,43	3,30
SL Zero A	1,75	2,41	70,17	60,46	33,18	3,02
SL Zero B	1,70	4,03	69,37	60,89	33,61	2,86
SL Zero C	1,62	3,93	72,48	64,70	35,00	3,24
SL Zero D	1,64	2,18	71,11	62,86	34,31	3,12
SL Doze A	1,68	1,73	75,00	67,16	35,35	3,68
SL Doze B	1,59	2,15	75,48	67,25	36,63	3,76
SL Doze C	1,62	3,38	74,85	66,36	35,57	3,47
SL Doze D	1,66	2,08	74,61	67,23	35,56	3,52
SL 24 A	1,47	1,38	76,57	69,34	37,05	3,50
SL 24 B	1,56	8,35	76,87	71,66	37,32	3,78
SL 24 C	1,54	2,82	76,28	71,09	37,02	3,82
SL 24 D	1,40	6,66	77,03	71,61	36,76	3,62
SL 36 A	0,93	6,60	78,47	74,36	38,05	4,24
SL 36 B	1,43	6,11	78,79	51,84	37,52	3,88
SL 36 C	1,35	7,92	79,97	72,60	37,10	3,72
SL 36 D	1,18	7,80	78,87	73,50	37,65	4,01
OF Zero	9,37	11,70	73,94	51,95	26,06	2,44
OF Doze	8,84	13,48	74,90	54,98	27,65	2,64
OF 24	4,25	11,78	76,61	56,88	28,09	2,81
OF 36	3,43	12,80	81,50	63,01	30,26	3,11
SF Zero A	1,69	12,37	74,83	54,54	28,88	2,83
SF Zero B	1,70	14,18	75,75	53,45	28,50	2,67
SF Zero C	1,49	17,11	76,86	52,52	27,56	2,73
SF Zero D	1,52	13,58	76,66	53,47	29,01	2,75
SF Doze A	1,44	14,86	76,58	53,61	28,32	3,07
SF Doze B	1,51	13,41	77,21	55,08	28,82	2,84
SF Doze C	0,99	15,11	75,80	55,67	29,44	2,76
SF Doze D	1,40	13,95	78,53	55,80	29,20	2,85
SF 24 A	1,34	16,83	76,92	59,70	30,51	2,97
SF 24 B	1,37	11,45	77,20	59,21	30,37	2,96
SF 24 C	1,30	12,26	77,45	59,91	30,25	2,98
SF 24 D	1,26	11,97	79,35	59,57	31,34	3,82
SF 36 A	1,15	11,09	80,88	60,57	30,31	3,04
SF 36 B	1,09	9,74	80,35	59,98	30,86	3,27
SF 36 C	0,96	10,81	80,07	59,32	30,16	3,26
SF 36 D	0,72	12,67	79,16	58,22	30,03	3,33
DE Zero A	2,17	14,32	71,70	50,47	26,53	2,58

DE Zero B	2,40	10,78	72,82	52,39	27,99	2,58
DE Zero C	2,46	13,41	71,76	50,83	27,37	2,59
DE Zero D	1,57	11,40	69,86	52,17	28,17	2,53
DE Doze A	2,73	8,11	73,96	53,90	28,88	2,68
DE Doze B	1,46	10,98	74,89	54,29	29,22	2,63
DE Doze C	2,39	15,03	75,04	53,12	27,87	2,55
DE Doze D	2,48	13,22	75,19	52,00	28,01	2,58
DE 24 A	2,56	17,62	73,68	50,73	28,05	2,56
DE 24 B	2,71	13,19	74,74	51,15	28,64	2,67
DE 24 C	2,58	15,30	74,47	51,81	28,72	2,88
DE 24 D	2,90	17,23	75,44	51,26	28,08	2,77
DE 36 A	2,82	10,99	75,88	52,00	28,64	2,77
DE 36 B	2,66	16,17	75,83	52,35	28,03	2,94
DE 36 C	2,70	11,38	74,37	51,81	28,77	3,08
DE 36 D	2,86	11,40	75,62	53,12	28,78	2,86

---

APÊNDICE 3. Dados originais dos teores de proteína bruta (PB), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), expressos em percentual da matéria seca.

Amostras	Frações bromatológicas (% da MS)			
	PB	N-NH <sub>3</sub>	NIDN	NIDA
OL Zero	8,20	0,053	0,47	0,16
OL Doze	7,79	0,049	0,50	0,15
OL 24	7,43	0,050	0,47	0,08
OL 36	8,97	0,040	0,67	0,16
SL Zero A	7,92	0,078	0,52	0,18
SL Zero B	8,32	0,076	0,33	0,15
SL Zero C	8,68	0,088	0,54	0,16
SL Zero D	8,80	0,088	0,28	0,14
SL Doze A	9,20	0,071	0,43	0,16
SL Doze B	8,80	0,089	0,49	0,14
SL Doze C	9,02	0,083	0,56	0,11
SL Doze D	9,19	0,080	0,38	0,16
SL 24 A	7,32	0,113	0,40	0,14
SL 24 B	8,91	0,094	0,51	0,18
SL 24 C	8,57	0,095	--	0,14
SL 24 D	9,34	0,092	0,48	0,12
SL 36 A	9,93	0,103	0,65	0,12
SL 36 B	10,36	0,104	0,64	0,12
SL 36 C	9,74	0,108	0,61	0,12
SL 36 D	9,17	0,107	0,53	0,14
OF Zero	7,52	0,027	0,29	0,11
OF Doze	7,89	0,018	0,36	0,12
OF 24	7,64	0,025	0,44	0,11
OF 36	7,63	0,025	0,50	0,18
SF Zero A	8,20	0,055	0,19	0,16
SF Zero B	7,82	0,055	0,24	0,17
SF Zero C	8,14	0,055	0,20	0,16
SF Zero D	7,88	0,058	0,11	0,17
SF Doze A	7,81	0,056	0,21	0,20
SF Doze B	8,34	0,056	0,20	0,12
SF Doze C	7,98	0,061	0,21	0,16
SF Doze D	7,44	0,050	0,26	0,12
SF 24 A	8,29	0,056	0,39	0,14
SF 24 B	7,71	0,051	0,31	0,17
SF 24 C	8,12	0,059	0,39	0,15
SF 24 D	8,25	0,051	0,37	0,17
SF 36 A	9,46	0,058	0,41	0,19
SF 36 B	7,53	0,060	0,40	0,23
SF 36 C	8,17	0,062	0,40	0,21
SF 36 D	8,90	0,059	0,42	0,25
DE Zero A	8,43	0,049	0,21	0,18
DE Zero B	8,47	0,051	0,32	0,28

DE Zero C	7,64	0,046	0,17	0,12
DE Zero D	7,46	0,050	0,18	0,12
DE Doze A	7,60	0,050	0,37	0,04
DE Doze B	7,66	0,049	0,23	0,05
DE Doze C	6,95	0,051	0,17	0,14
DE Doze D	7,11	0,051	0,17	0,08
DE 24 A	7,76	0,047	0,18	0,10
DE 24 B	8,72	0,050	0,21	0,10
DE 24 C	7,91	0,051	0,37	0,08
DE 24 D	8,36	0,052	0,18	0,03
DE 36 A	7,89	0,051	0,15	0,16
DE 36 B	7,92	0,048	0,15	0,11
DE 36 C	8,48	--	0,24	0,10
DE 36 D	7,80	0,051	0,26	0,11

---

APÊNDICE 4 – Dados originais da avaliação da taxa de degradação pela técnica *in vitro* de produção de gases, expressos em pressão por polegada quadrada (PSI), referente ao experimento de ensilagem das repetições A e B. Média das réplicas.

Amostra	Pressão por polegada quadrada mensurada nos tempos de incubação									
	01	03	06	08	10	12	14	16	22	24
Branco	0,62	1,05	1,37	1,22	1,04	0,83	0,75	0,70	1,22	0,51
Padrão	1,66	2,16	3,28	3,60	4,17	3,94	3,61	3,45	6,49	2,54
Sacarose	0,88	2,19	4,85	15,07	12,33	6,33	3,52	2,18	2,42	1,25
Maisena	1,30	2,37	7,18	8,86	8,86	7,33	6,32	5,89	9,96	4,44
OL Zero	2,65	4,59	6,88	5,67	5,48	4,62	3,73	3,54	6,44	2,45
OL Doze	2,64	3,96	5,31	4,49	4,67	4,37	3,77	3,78	6,94	2,72
OL 24	2,19	3,91	5,52	4,77	4,95	4,64	4,28	3,92	7,18	2,74
OL 36	2,39	3,50	4,56	4,30	4,63	4,37	4,03	3,70	6,67	2,60
SL Zero A	2,12	3,22	4,86	4,49	4,77	4,65	4,05	3,66	6,29	2,32
SL Zero B	2,26	3,05	4,46	4,42	4,72	4,42	3,59	3,45	5,99	2,35
SL Doze A	2,03	2,91	4,23	4,01	4,42	4,28	4,00	3,72	6,60	2,60
SL Doze B	2,07	2,84	3,87	3,68	4,20	4,12	3,91	3,59	6,40	2,62
SL 24 A	1,96	2,89	4,24	4,28	4,75	4,53	4,20	3,87	6,74	2,72
SL 24 B	2,12	2,92	4,35	4,14	4,19	3,93	3,57	2,91	5,11	1,73
SL 36 A	2,17	3,04	4,42	4,26	4,30	3,87	3,50	3,21	5,36	1,75
SL 36 B	2,10	2,91	4,30	4,12	4,20	3,91	3,11	3,06	5,22	1,66
OF Zero	3,59	6,33	8,08	6,11	5,37	4,24	3,52	3,08	4,69	1,59
OF Doze	3,41	5,92	7,41	5,63	4,74	4,10	3,37	2,99	4,58	1,61
OF 24	3,23	5,56	7,13	5,57	4,87	3,89	3,59	3,36	5,15	1,68
OF 36	3,05	4,64	6,26	5,11	4,76	3,65	3,44	3,06	4,93	1,66
SF Zero A	3,52	5,72	7,73	5,91	5,22	4,27	3,36	3,21	4,78	1,54
SF Zero B	3,43	5,46	7,73	5,91	5,34	4,46	3,76	3,12	4,77	1,61
SF Doze A	3,41	5,31	7,27	5,34	4,75	3,94	3,26	3,17	4,76	1,45
SF Doze B	3,15	4,67	7,19	5,48	5,04	4,21	3,66	2,89	4,69	1,57
SF 24 A	3,13	4,70	6,42	4,94	4,49	3,55	3,26	3,18	4,62	1,38
SF 24 B	2,76	4,39	6,43	5,20	5,01	4,26	3,96	3,68	5,60	1,84
SF 36 A	2,88	4,58	6,76	5,46	5,06	4,30	3,91	3,61	5,55	1,71
SF 36 B	2,35	3,67	6,06	4,74	4,72	4,60	4,21	3,73	6,65	2,11



APÊNDICE 5 – Dados originais da determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca e orgânica através da técnica *in vitro* de produção de gases, referente ao experimento de ensilagem das repetições A e B. Média das réplicas.

Amostra	Digestibilidade da matéria	
	Seca (%)	Orgânica (%)
Padrão	68,87	66,95
Sacarose	100	100
Maisena	100	100
OL Zero	76,85	75,49
OL Doze	72,88	71,38
OL 24	72,89	71,51
OL 36	70,32	68,95
SL Zero A	73,39	72,21
SL Zero B	75,13	73,86
SL Doze A	69,94	68,17
SL Doze B	69,33	67,74
SL 24 A	70,14	68,52
SL 24 B	63,96	62,22
SL 36 A	64,19	62,42
SL 36 B	63,00	61,06
OF Zero	77,04	76,16
OF Doze	74,30	73,33
OF 24	69,43	68,32
OF 36	67,61	66,05
SF Zero A	71,19	69,95
SF Zero B	73,21	72,14
SF Doze A	69,61	68,48
SF Doze B	71,23	70,19
SF 24 A	65,88	64,72
SF 24 B	69,59	68,55
SF 36 A	68,12	66,82
SF 36 B	69,97	68,90

APÊNDICE 6. Análises de variância do experimento de ensilagem.

Variável dependente: Matéria seca

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	325,107 <sup>a</sup>	7	46,444	80,852	0,000
Intercepto	18,452,647	1	18.452,647	32.123,174	0,000
Estádio do grão (EG)	309,628	1	309,628	539,014	0,000
Tempo de exposição (TE)	8,235	3	2,745	4,779	0,010
EG x TE	2,753	3	0,918	1,597	0,217
Erro	13,212	23	0,574		
Total	19.102,102	31			
Total corrigido	338,319	30			

a.  $R^2 = 0,961$  ( $R^2$  ajustado = 0,949)

Variável dependente: Matéria orgânica

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	13,169 <sup>a</sup>	7	1,881	15,391	0,000
Intercepto	280.813,388	1	280.813,388	2.297.227,8	0,000
Estádio do grão (EG)	12,215	1	12,215	99,923	0,000
Tempo de exposição (TE)	0,470	3	0,157	1,283	0,304
EG x TE	0,553	3	0,184	1,507	0,239
Erro	2,812	23	0,122		
Total	283.533,525	31			
Total corrigido	15,981	30			

a.  $R^2 = 0,824$  ( $R^2$  ajustado = 0,771)

Variável dependente: pH

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	0,005 <sup>a</sup>	7	0,001	206,208	0,000
Intercepto	10,240	1	10,240	2.907.669,1	0,000
Estádio do grão (EG)	9,97E-005	1	9,97E-005	28,308	0,000
Tempo de exposição (TE)	0,004	3	0,001	353,496	0,000
EG x TE	0,001	3	0,000	130,815	0,000
Erro	8,10E-005	23	3,25E-006		
Total	10,310	31			
Total corrigido	0,005	30			

a.  $R^2 = 0,984$  ( $R^2$  ajustado = 0,980)

Variável dependente: Extrato etéreo

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	3,229 <sup>a</sup>	7	0,471	8,561	0,000
Intercepto	125,104	1	125,104	2.272,574	0,000
Estádio do grão (EG)	2,813	1	2,813	51,099	0,000
Tempo de exposição (TE)	0,171	3	0,057	1,038	0,395
EG x TE	0,267	3	0,089	1,616	0,213
Erro	1,266	23	0,055		
Total	131,867	31			
Total corrigido	4,565	30			

a.  $R^2 = 0,723$  ( $R^2$  ajustado = 0,638)

Variável dependente: Fibra em detergente neutro

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	1.324,488 <sup>a</sup>	7	191,784	173,541	0,000
Intercepto	120.621,208	1	120.621,208	109.147,69	0,000
Estádio do grão (EG)	1.015,086	1	1.015,086	918,531	0,000
Tempo de exposição (TE)	360,570	3	120,190	108,757	0,000
EG x TE	26,211	3	8,737	7,906	0,001
Erro	25,418	23	1,105		
Total	121.735,533	31			
Total corrigido	1.367,906	30			

a.  $R^2 = 0,981$  ( $R^2$  ajustado = 0,976)

Variável dependente: Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	1.205,263 <sup>a</sup>	7	172,180	199,454	0,000
Intercepto	114.557,608	1	114.557,608	132.703,47	0,000
Estádio do grão (EG)	933,815	1	933,815	1.081,730	0,000
Tempo de exposição (TE)	296,042	3	98,681	114,311	0,000
EG x TE	23,689	3	7,896	9,147	0,000
Erro	19,855	23	0,863		
Total	115.614,484	31			
Total corrigido	1.225,118	30			

a.  $R^2 = 0,984$  ( $R^2$  ajustado = 0,979)

Variável dependente: Fibra em detergente ácido

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	359,295 <sup>a</sup>	7	51,328	177,213	0,000
Intercepto	33.157,238	1	33.157,238	114.477,67	0,000
Estádio do grão (EG)	325,768	1	325,768	1.124,738	0,000
Tempo de exposição (TE)	38,484	3	12,828	44,289	0,000
EG x TE	3,085	3	1,028	3,551	0,030
Erro	6,662	23	0,290		
Total	33.514,238	31			
Total corrigido	365,956	30			

a.  $R^2 = 0,982$  ( $R^2$  ajustado = 0,976)

Variável dependente: Lignina em detergente ácido

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	4,616 <sup>a</sup>	7	0,659	15,174	0,000
Intercepto	333,892	1	333,892	7.683,721	0,000
Estádio do grão (EG)	2,550	1	2,550	58,690	0,000
Tempo de exposição (TE)	2,075	3	0,692	15,918	0,000
EG x TE	0,255	3	0,085	1,959	0,148
Erro	0,999	23	0,043		
Total	337,993	31			
Total corrigido	5,615	30			

a.  $R^2 = 0,822$  ( $R^2$  ajustado = 0,768)

Variável dependente: Hemicelulose

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	346,089 <sup>a</sup>	7	49,441	80,665	0,000
Intercepto	27.295,782	1	27.295,782	44.534,107	0,000
Estádio do grão (EG)	190,754	1	190,754	311,222	0,000
Tempo de exposição (TE)	164,325	3	54,775	89,367	0,000
EG x TE	11,522	3	3,841	6,266	0,003
Erro	14,097	23	0,613		
Total	27.543,518	31			
Total corrigido	360,186	30			

a.  $R^2 = 0,961$  ( $R^2$  ajustado = 0,949)

Variável dependente: Celulose

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	290,432 <sup>a</sup>	7	41,490	182,613	0,000
Intercepto	26.822,029	1	26.822,029	118.052,93	0,000
Estádio do grão (EG)	270,444	1	270,444	1.190,317	0,000
Tempo de exposição (TE)	23,190	3	7,730	34,022	0,000
EG x TE	1,610	3	0,537	2,362	0,098
Erro	5,226	23	0,227		
Total	27.123,275	31			
Total corrigido	295,657	30			

a.  $R^2 = 0,982$  ( $R^2$  ajustado = 0,977)

Variável dependente: Açúcares solúveis

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	1,655 <sup>a</sup>	7	0,236	12,575	0,000
Intercepto	60,153	1	60,153	3.199,956	0,000
Estádio do grão (EG)	0,254	1	0,254	13,532	0,001
Tempo de exposição (TE)	1,271	3	0,424	22,531	0,000
EG x TE	0,051	3	0,017	0,902	0,455
Erro	0,432	23	0,019		
Total	63,481	31			
Total corrigido	2,087	30			

a.  $R^2 = 0,793$  ( $R^2$  ajustado = 0,730)

Variável dependente: Amido

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	704,047 <sup>a</sup>	7	100,578	31,159	0,000
Intercepto	2.389,703	1	2.389,703	740,330	0,000
Estádio do grão (EG)	592,241	1	592,241	183,476	0,000
Tempo de exposição (TE)	3,432	3	1,144	0,354	0,786
EG x TE	77,600	3	25,867	8,013	0,001
Erro	74,241	23	3,228		
Total	3.214,206	31			
Total corrigido	778,288	30			

a.  $R^2 = 0,905$  ( $R^2$  ajustado = 0,876)

Variável dependente: Matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80%

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	220,676 <sup>a</sup>	7	31,525	37,923	0,000
Intercepto	180.043,503	1	180.043,503	216.583,14	0,000
Estádio do grão (EG)	41,882	1	41,882	50,382	0,000
Tempo de exposição (TE)	148,811	3	49,604	59,671	0,000
EG x TE	23,370	3	7,790	9,371	0,000
Erro	19,120	23	0,831		
Total	181.534,955	31			
Total corrigido	239,795	30			

a.  $R^2 = 0,920$  ( $R^2$  ajustado = 0,896)

Variável dependente: Carboidratos totais

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	23,730 <sup>a</sup>	7	3,390	8,891	0,000
Intercepto	222.338,996	1	222.338,996	583.103,40	0,000
Estádio do grão (EG)	15,845	1	15,845	41,556	0,000
Tempo de exposição (TE)	5,094	3	1,698	4,453	0,013
EG x TE	4,169	3	1,390	3,644	0,028
Erro	8,770	23	0,381		
Total	224.669,047	31			
Total corrigido	32,500	30			

a.  $R^2 = 0,730$  ( $R^2$  ajustado = 0,648)

Variável dependente: Carboidratos não estruturais

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	1.825,486 <sup>a</sup>	7	260,784	95,136	0,000
Intercepto	26.317,699	1	26.317,699	9.600,864	0,000
Estádio do grão (EG)	1.394,364	1	1.394,364	508,673	0,000
Tempo de exposição (TE)	450,614	3	150,205	54,796	0,000
EG x TE	59,092	3	19,697	7,186	0,001
Erro	63,047	23	2,741		
Total	29.179,3128	31			
Total corrigido	1.888,533	30			

a.  $R^2 = 0,730$  ( $R^2$  ajustado = 0,648)

Variável dependente: Fração A dos carboidratos

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	830,338 <sup>a</sup>	7	118,620	22,510	0,000
Intercepto	12.846,572	1	12.846,572	2.437,827	0,000
Estádio do grão (EG)	169,135	1	169,135	32,096	0,000
Tempo de exposição (TE)	507,456	3	169,152	32,099	0,000
EG x TE	227,832	3	75,944	14,411	0,000
Erro	121,203	23	5,270		
Total	14.371,289	31			
Total corrigido	951,540	30			

a.  $R^2 = 0,873$  ( $R^2$  ajustado = 0,834)

Variável dependente: Fração B<sub>1</sub> dos carboidratos

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	704,047 <sup>a</sup>	7	100,578	31,159	0,000
Intercepto	2.389,703	1	2.389,703	740,330	0,000
Estádio do grão (EG)	592,241	1	592,241	183,476	0,000
Tempo de exposição (TE)	3,432	3	1,144	0,354	0,786
EG x TE	77,600	3	25,867	8,013	0,001
Erro	74,241	23	3,228		
Total	3.214,206	31			
Total corrigido	778,288	30			

a.  $R^2 = 0,905$  ( $R^2$  ajustado = 0,876)

Variável dependente: Fração B<sub>2</sub> dos carboidratos

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	1.333,920 <sup>a</sup>	7	190,560	75,887	0,000
Intercepto	116.094,475	1	116.094,475	46.232,235	0,000
Estádio do grão (EG)	1.053,419	1	1.053,419	419,502	0,000
Tempo de exposição (TE)	293,269	3	97,756	38,929	0,000
EG x TE	39,368	3	13,123	5,226	0,007
Erro	57,756	23	2,511		
Total	117.279,019	31			
Total corrigido	1.391,675	30			

a.  $R^2 = 0,958$  ( $R^2$  ajustado = 0,946)

Variável dependente: Fração C dos carboidratos

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	41,981 <sup>a</sup>	7	5,997	16,750	0,000
Intercepto	2.631,953	1	2.631,953	7.351,061	0,000
Estádio do grão (EG)	23,861	1	23,861	66,644	0,000
Tempo de exposição (TE)	17,916	3	5,972	16,679	0,000
EG x TE	2,696	3	0,899	2,510	0,084
Erro	8,235	23	0,358		
Total	2.667,099	31			
Total corrigido	50,215	30			

a.  $R^2 = 0,836$  ( $R^2$  ajustado = 0,786)

Variável dependente: Proteína bruta

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	8,071 <sup>a</sup>	7	1,153	4,394	0,003
Intercepto	2.228,304	1	2.228,304	8.493,075	0,000
Estádio do grão (EG)	4,678	1	4,678	17.830	0,000
Tempo de exposição (TE)	3,105	3	1,035	3.945	0,021
EG x TE	0,950	3	0,317	1.207	0,330
Erro	6,034	23	0,262		
Total	2.244,067	31			
Total corrigido	14,105	30			

a.  $R^2 = 0,572$  ( $R^2$  ajustado = 0,442)

Variável dependente: Nitrogênio amoniacal

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	42,297 <sup>a</sup>	7	6,042	13,217	0,000
Intercepto	901,931	1	901,931	1.972,894	0,000
Estádio do grão (EG)	35,475	1	35,475	77,598	0,000
Tempo de exposição (TE)	2,951	3	0,984	2,152	0,121
EG x TE	4,553	3	1,518	3,319	0,038
Erro	10,515	23	0,457		
Total	946,999	31			
Total corrigido	52,812	30			

a.  $R^2 = 0,801$  ( $R^2$  ajustado = 0,740)



Variável dependente: Nitrogênio insolúvel em detergente neutro

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	1.755,166 <sup>a</sup>	7	250,738	10,036	0,000
Intercepto	23.727,349	1	23.727,349	949,705	0,000
Estádio do grão (EG)	963,197	1	963,197	38,553	0,000
Tempo de exposição (TE)	653,836	3	217,945	8,723	0,001
EG x TE	140,131	3	46,710	1,870	0,164
Erro	549,646	23	24,984		
Total	25.494,371	31			
Total corrigido	2.304,812	30			

a.  $R^2 = 0,762$  ( $R^2$  ajustado = 0,686)

Variável dependente: Nitrogênio insolúvel em detergente ácido

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	139,194 <sup>a</sup>	7	19,885	5,199	0,001
Intercepto	4.227,986	1	4.227,986	1.105,518	0,000
Estádio do grão (EG)	71,419	1	71,419	18,674	0,000
Tempo de exposição (TE)	12,011	3	4,004	1,047	0,391
EG x TE	57,370	3	19,123	5,000	0,008
Erro	87,962	23	3,824		
Total	4.574,184	31			
Total corrigido	227,156	30			

a.  $R^2 = 0,613$  ( $R^2$  ajustado = 0,495)

Variável dependente: Nutrientes digestíveis totais calculados pela fórmula de Weiss et al. (1992)

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	277,802 <sup>a</sup>	7	39,686	81,189	0,000
Intercepto	130.374,875	1	130.374,875	266.719,63	0,000
Estádio do grão (EG)	227,608	1	227,608	465,638	0,000
Tempo de exposição (TE)	55,911	3	18,637	38,127	0,000
EG x TE	4,584	3	1,528	3,126	0,045
Erro	11,243	23	0,489		
Total	132.463,275	31			
Total corrigido	289,044	30			

a.  $R^2 = 0,961$  ( $R^2$  ajustado = 0,949)

Variável dependente: Nutrientes digestíveis totais calculados pela fórmula do NRC (2001)

Fonte de Variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo corrigido	237,401 <sup>a</sup>	7	33,914	86,140	0,000
Intercepto	123.436,949	1	123.436,949	313.519,56	0,000
Estádio do grão (EG)	202,302	1	202,302	513,831	0,000
Tempo de exposição (TE)	39,772	3	13,257	33,672	0,000
EG x TE	2,476	3	0,825	2,096	0,129
Erro	9,055	23	0,394		
Total	125.330,221	31			
Total corrigido	246,456	30			

a.  $R^2 = 0,963$  ( $R^2$  ajustado = 0,952)

APÊNDICE 7. Análises de variância com medidas repetidas do experimento de “desensilagem”.

Variável dependente: Matéria seca (MS)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
MS	Sphericity assumed	1,964	3,000	0,655	3,531	0,062
	Greenhouse-Geisser	1,964	1,517	1,295	3,531	0,122
	Huynh-Feldt	1,964	2,742	0,717	3,531	0,069
	Lower-bound	1,964	1,000	1,964	3,531	0,157
Erro MS	Sphericity assumed	1,669	9,000	0,185		
	Greenhouse-Geisser	1,669	4,550	0,367		
	Huynh-Feldt	1,669	8,225	0,203		
	Lower-bound	1,669	3,000	0,556		

Variável dependente: Matéria orgânica (MO)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
MO	Sphericity assumed	1,513	3,000	0,504	2,479	0,127
	Greenhouse-Geisser	1,513	1,880	0,805	2,479	0,169
	Huynh-Feldt	1,513	3,000	0,504	2,479	0,127
	Lower-bound	1,513	1,000	1,513	2,479	0,213
Erro MO	Sphericity assumed	1,831	9,000	0,203		
	Greenhouse-Geisser	1,831	5,639	0,325		
	Huynh-Feldt	1,831	9,000	0,203		
	Lower-bound	1,831	3,000	0,610		

Variável dependente: pH

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
pH	Sphericity assumed	4,29E-005	3,000	1,43E-005	0,875	0,489
	Greenhouse-Geisser	4,29E-005	1,066	4,02E-005	0,875	0,423
	Huynh-Feldt	4,29E-005	1,172	3,66E-005	0,875	0,429
	Lower-bound	4,29E-005	1,000	4,29E-005	0,875	0,418
Erro pH	Sphericity assumed	0,000	9,000	1,63E-005		
	Greenhouse-Geisser	0,000	3,199	4,59E-005		
	Huynh-Feldt	0,000	3,515	4,18E-005		
	Lower-bound	0,000	3,000	4,90E-005		

Variável dependente: Extrato etéreo (EE)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
EE	Sphericity assumed	0,927	3,000	0,309	12,524	0,001
	Greenhouse-Geisser	0,927	1,475	0,628	12,524	0,017
	Huynh-Feldt	0,927	2,556	0,363	12,524	0,03
	Lower-bound	0,927	1,000	0,927	12,524	0,038
Erro EE	Sphericity assumed	0,222	9,000	0,025		
	Greenhouse-Geisser	0,222	4,424	0,050		
	Huynh-Feldt	0,222	7,667	0,029		
	Lower-bound	0,222	3,000	0,074		

Variável dependente: Fibra em detergente neutro (FDN)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
FDN	Sphericity assumed	10,836	3,000	3,612	5,397	0,021
	Greenhouse-Geisser	10,836	1,860	5,827	5,397	0,051
	Huynh-Feldt	10,836	3,000	3,612	5,397	0,021
	Lower-bound	10,836	1,000	10,836	5,397	0,103
Erro FDN	Sphericity assumed	6,023	9,000	0,669		
	Greenhouse-Geisser	6,023	5,579	1,080		
	Huynh-Feldt	6,023	9,000	0,669		
	Lower-bound	6,023	3,000	2,008		

Variável dependente: Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
FDNcp	Sphericity assumed	9,429	3,000	3,143	6,490	0,012
	Greenhouse-Geisser	9,429	1,868	5,047	6,490	0,036
	Huynh-Feldt	9,429	3,000	3,143	6,490	0,012
	Lower-bound	9,429	1,000	9,429	6,490	0,084
Erro FDNcp	Sphericity assumed	4,358	9,000	0,484		
	Greenhouse-Geisser	4,358	5,604	0,778		
	Huynh-Feldt	4,358	9,000	0,484		
	Lower-bound	4,358	3,000	1,453		

Variável dependente: Fibra em detergente ácido (FDA)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
FDA	Sphericity assumed	2,827	3,000	0,942	2,567	0,119
	Greenhouse-Geisser	2,827	2,353	1,201	2,567	0,142
	Huynh-Feldt	2,827	3,000	0,942	2,567	0,119
	Lower-bound	2,827	1,000	2,827	2,567	0,207
Erro FDA	Sphericity assumed	3,304	9,000	0,367		
	Greenhouse-Geisser	3,304	7,060	0,468		
	Huynh-Feldt	3,304	9,000	0,367		
	Lower-bound	3,304	3,000	1,101		

Variável dependente: Lignina em detergente ácido (LDA)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
LDA	Sphericity assumed	0,284	3,000	0,095	9,825	0,003
	Greenhouse-Geisser	0,284	1,222	0,233	9,825	0,038
	Huynh-Feldt	0,284	1,623	0,175	9,825	0,021
	Lower-bound	0,284	1,000	0,284	9,825	0,052
Erro LDA	Sphericity assumed	0,087	9,000	0,010		
	Greenhouse-Geisser	0,087	3,665	0,024		
	Huynh-Feldt	0,087	4,869	0,018		
	Lower-bound	0,087	3,000	0,029		

Variável dependente: Hemicelulose (Hem)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Hem	Sphericity assumed	7,815	3,000	2,605	8,612	0,005
	Greenhouse-Geisser	7,815	1,687	4,632	8,612	0,025
	Huynh-Feldt	7,815	3,000	2,605	8,612	0,05
	Lower-bound	7,815	1,000	7,815	8,612	0,061
Erro Hem	Sphericity assumed	2,722	9,000	0,302		
	Greenhouse-Geisser	2,722	5,061	0,538		
	Huynh-Feldt	2,722	9,000	0,302		
	Lower-bound	2,722	3,000	0,907		

Variável dependente: Celulose (Cel)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Cel	Sphericity assumed	64,176	3,000	21,392	1,164	0,376
	Greenhouse-Geisser	64,176	1,021	62,870	1,164	0,360
	Huynh-Feldt	64,176	1,052	60,976	1,164	0,361
	Lower-bound	64,176	1,000	64,176	1,164	0,360
Erro Cel	Sphericity assumed	165,347	9,000	18,372		
	Greenhouse-Geisser	165,347	3,062	53,994		
	Huynh-Feldt	165,347	3,157	52,367		
	Lower-bound	165,347	3,000	55,116		

Variável dependente: Açúcares solúveis (Aç. Sol.)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Aç. Sol.	Sphericity assumed	1,090	3,000	0,363	2,416	0,134
	Greenhouse-Geisser	1,090	1,655	0,659	2,416	0,185
	Huynh-Feldt	1,090	3,000	0,363	2,416	0,134
	Lower-bound	1,090	1,000	1,090	2,416	0,218
Erro Aç. Sol.	Sphericity assumed	1,354	9,000	0,150		
	Greenhouse-Geisser	1,354	4,964	0,273		
	Huynh-Feldt	1,354	9,000	0,150		
	Lower-bound	1,354	3,000	0,451		

Variável dependente: Amido

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Amido	Sphericity assumed	39,378	3,000	13,126	1,881	0,203
	Greenhouse-Geisser	39,378	2,211	17,811	1,881	0,226
	Huynh-Feldt	39,378	3,000	13,216	1,881	0,203
	Lower-bound	39,378	1,000	39,378	1,881	0,264
Erro Amido	Sphericity assumed	62,807	9,000	6,979		
	Greenhouse-Geisser	62,807	6,632	9,470		
	Huynh-Feldt	62,807	9,000	6,979		
	Lower-bound	62,807	3,000	20,936		

Variável dependente: Carboidratos totais (CHOT)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
CHOT	Sphericity assumed	3,841	3,000	1,280	2,850	0,097
	Greenhouse-Geisser	3,841	1,138	3,375	2,850	0,181
	Huynh-Feldt	3,841	1,371	2,802	2,850	0,167
	Lower-bound	3,841	1,000	3,841	2,850	0,190
Erro CHOT	Sphericity assumed	4,043	9,000	0,449		
	Greenhouse-Geisser	4,043	3,414	1,184		
	Huynh-Feldt	4,043	4,112	0,983		
	Lower-bound	4,043	3,000	1,348		

Variável dependente: Carboidratos não estruturais (CNE)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
CNE	Sphericity assumed	8,918	3,000	2,973	6,667	0,012
	Greenhouse-Geisser	8,918	1,634	5,457	6,667	0,043
	Huynh-Feldt	8,918	3,000	2,973	6,667	0,012
	Lower-bound	8,918	1,000	8,918	6,667	0,082
Erro CNE	Sphericity assumed	4,013	9,000	0,446		
	Greenhouse-Geisser	4,013	4,902	0,818		
	Huynh-Feldt	4,013	9,000	0,446		
	Lower-bound	4,013	3,000	1,338		

Variável dependente: Fração A dos carboidratos

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Fração A	Sphericity assumed	16,508	3,000	5,503	0,883	0,486
	Greenhouse-Geisser	16,508	1,957	8,437	0,883	0,460
	Huynh-Feldt	16,508	3,000	5,503	0,883	0,486
	Lower-bound	16,508	1,000	16,508	0,883	0,417
Erro Fração A	Sphericity assumed	56,077	9,000	6,231		
	Greenhouse-Geisser	56,077	5,870	9,553		
	Huynh-Feldt	56,077	9,000	6,231		
	Lower-bound	56,077	3,000	18,692		

Variável dependente: Fração B<sub>1</sub> dos carboidratos

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Fração B <sub>1</sub>	Sphericity assumed	39,378	3,000	13,126	1,881	0,203
	Greenhouse-Geisser	39,378	2,211	17,811	1,881	0,226
	Huynh-Feldt	39,378	3,000	13,126	1,881	0,203
	Lower-bound	39,378	1,000	39,378	1,881	0,264
Erro Fração B <sub>1</sub>	Sphericity assumed	62,807	9,000	6,979		
	Greenhouse-Geisser	62,807	6,632	9,470		
	Huynh-Feldt	62,807	9,000	6,979		
	Lower-bound	62,807	3,000	20,936		

Variável dependente: Fração B<sub>2</sub> dos carboidratos

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Fração B <sub>2</sub>	Sphericity assumed	8,607	3,000	2,869	5,504	0,020
	Greenhouse-Geisser	8,607	1,481	5,811	5,504	0,067
	Huynh-Feldt	8,607	2,584	3,331	5,504	0,028
	Lower-bound	8,607	1,000	8,607	5,504	0,101
Erro Fração B <sub>2</sub>	Sphericity assumed	4,691	9,000	0,521		
	Greenhouse-Geisser	4,691	4,444	1,056		
	Huynh-Feldt	4,691	7,753	0,605		
	Lower-bound	4,691	3,000	1,564		



Variável dependente: Fração C dos carboidratos

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
Fração C	Sphericity assumed	2,513	3,000	0,838	8,567	0,005
	Greenhouse-Geisser	2,513	1,228	2,047	8,567	0,046
	Huynh-Feldt	2,513	1,642	1,530	8,567	0,027
	Lower-bound	2,513	1,000	2,513	8,567	0,061
Erro Fração C	Sphericity assumed	0,880	9,000	0,098		
	Greenhouse-Geisser	0,880	3,683	0,239		
	Huynh-Feldt	0,880	4,926	0,179		
	Lower-bound	0,880	3,000	0,293		

Variável dependente: Proteína bruta (PB)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
PB	Sphericity assumed	1,741	3,000	0,580	3,635	0,058
	Greenhouse-Geisser	1,741	2,010	0,866	3,635	0,092
	Huynh-Feldt	1,741	3,000	0,580	3,635	0,058
	Lower-bound	1,741	1,000	1,741	3,635	0,153
Erro PB	Sphericity assumed	1,437	9,000	0,160		
	Greenhouse-Geisser	1,437	6,031	0,238		
	Huynh-Feldt	1,437	9,000	0,160		
	Lower-bound	1,437	3,000	0,479		

Variável dependente: Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
N-NH <sub>3</sub>	Sphericity assumed	0,326	3,000	0,109	7,243	0,020
	Greenhouse-Geisser	0,326	1,091	0,299	7,243	0,105
	Huynh-Feldt	0,326	1,401	0,233	7,243	0,079
	Lower-bound	0,326	1,000	0,326	7,243	0,115
Erro N-NH <sub>3</sub>	Sphericity assumed	0,090	6,000	0,015		
	Greenhouse-Geisser	0,090	2,182	0,041		
	Huynh-Feldt	0,090	2,801	0,032		
	Lower-bound	0,090	2,000	0,045		

Variável dependente: Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
NIDN	Sphericity assumed	37,697	3,000	12,566	0,261	0,851
	Greenhouse-Geisser	37,697	2,248	16,772	0,261	0,800
	Huynh-Feldt	37,697	3,000	12,566	0,261	0,851
	Lower-bound	37,697	1,000	37,697	0,261	0,644
Erro NIDN	Sphericity assumed	432,470	9,000	48,052		
	Greenhouse-Geisser	432,470	6,743	64,137		
	Huynh-Feldt	432,470	9,000	48,052		
	Lower-bound	432,470	3,000	144,157		

Variável dependente: Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
NIDA	Sphericity assumed	142,167	3,000	47,389	3,143	0,080
	Greenhouse-Geisser	142,167	1,813	78,416	3,143	0,125
	Huynh-Feldt	142,167	3,000	47,389	3,143	0,080
	Lower-bound	142,167	1,000	142,167	3,143	0,174
Erro NIDA	Sphericity assumed	135,699	9,000	15,078		
	Greenhouse-Geisser	135,699	5,439	24,950		
	Huynh-Feldt	135,699	9,000	15,078		
	Lower-bound	135,699	3,000	45,233		

Variável dependente: Nutrientes digestíveis totais calculados pela fórmula de Weiss et al. (1992)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
NDTW	Sphericity assumed	0,924	3,000	0,308	0,827	0,512
	Greenhouse-Geisser	0,924	2,047	0,452	0,827	0,484
	Huynh-Feldt	0,924	3,000	0,308	0,827	0,512
	Lower-bound	0,924	1,000	0,924	0,827	0,430
Erro NDTW	Sphericity assumed	3,353	9,000	0,373		
	Greenhouse-Geisser	3,353	6,140	0,546		
	Huynh-Feldt	3,353	9,000	0,373		
	Lower-bound	3,353	3,000	1,118		

Variável dependente: Nutrientes digestíveis totais calculados pela fórmula do NRC (2001)

Fonte de Variação		Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Sig.
NDT	Sphericity assumed	1,049	3,000	0,350	1,063	0,412
	Greenhouse-Geisser	1,049	2,021	0,519	1,063	0,403
	Huynh-Feldt	1,049	3,000	0,350	1,063	0,412
	Lower-bound	1,049	1,000	1,049	1,063	0,378
Erro NDT	Sphericity assumed	2,961	9,000	0,329		
	Greenhouse-Geisser	2,961	6,064	0,488		
	Huynh-Feldt	2,961	9,000	0,329		
	Lower-bound	2,961	3,000	0,987		

## **VITA**

João Pedro Velho, filho de Fernando José Fialho Velho e Neuza Maria Velho, nascido em 4 de agosto de 1975, em Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. Casado com Ione Maria Pereira Haygert Velho com a qual espera o nascimento de seu filho Pedro Henrique Haygert Velho em fins de outubro de 2005.

Cursou o 1º grau na Escola Estadual de 1º e 2º Graus Frei Getúlio em Bom Jesus – RS, concluindo em 1989. Ingressou no Colégio Agrícola de Santa Maria, Santa Maria – RS, em 1991 recebendo o título de Técnico em Agropecuária, em 1993.

No 2º semestre de 1995 ingressou no curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal de Santa Maria, o qual não completou, solicitando transferência interna para o curso de Zootecnia, em 2000. Concluiu o curso de Zootecnia em 2003. Durante os anos que cursou veterinária e zootecnia na UFSM desenvolveu atividades extracurriculares como: estagiário voluntário nos setores de Nutrição Animal e Bovinocultura de Leite, bolsista de iniciação científica FAPERGS e CNPq no Setor de Nutrição Animal, Monitor na área de Nutrição Animal, participou de dez projetos de pesquisa e na autoria de 50 trabalhos publicados em eventos científicos.

No ano de 2003 ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. Paulo Roberto Frenzel Mühlbach, desenvolvendo trabalho de dissertação sobre avaliação de silagem de milho de planta inteira.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)