



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E
DEGRADABILIDADE DE SILAGENS DE
RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA**

MARCOS ARONOVICH

1999



48130

33712 MFV

MARCOS ARONOVICH

**COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E
DEGRADABILIDADE DE SILAGENS DE
RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso
de Mestrado em Zootecnia, área de
concentração em Nutrição Animal,
para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Paulo César de Aguiar Paiva

LAVRAS

MINAS GERAIS

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos
da Biblioteca Central da UFLA**

Aronovich, Marcos

**Composição bromatológica e degradabilidade de silagens de resíduo úmido
de cervejaria/ Marcos Aronovich. – Lavras : UFLA, 1999.
66 p. : il.**

**Orientador: Paulo César de Aguiar Paiva.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.**

**1. Ruminante. 2. Nutrição animal. 3. Degradabilidade. 4. Resíduo de
cervejaria. 5. Silagem. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

CDD-636.0855

MARCOS ARONOVICH

**COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E
DEGRADABILIDADE DE SILAGENS DE
RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração Nutrição Animal, para obtenção do título de "Mestre".

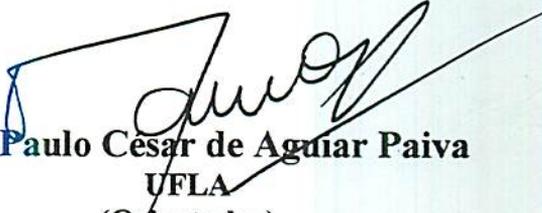
APROVADA em 5 de novembro de 1999.

**Prof. Carlos Alberto P. de
Rezende**

Prof. Vera Lúcia Banys

Prof. Joel Augusto Muniz

Prof. Juan Ramon O. Perez


Prof. Paulo César de Aguiar Paiva
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

Especialmente

Com Amor,

***A minha esposa, Christianne,
Por todos momentos vividos, pelo
carinho, ternura e amor.***

Dedico

Aos meus filhos Pedro e Mariana

***A Maria Luiza pelos 18 anos de carinho e
companheirismo***

Ofereço

***Aos meus pais, Salomão e Luiza,
Aos meus irmãos, Doris, Alberto e Áurea***

BIOGRAFIA

MARCOS ARONOVICH, filho de Salomão e Luíza Aronovich, nasceu no Rio de Janeiro em 1º de setembro de 1960.

Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 1986. Como experiência profissional, trabalhou no grupo VARIG/AGRIPEC de 1986 a 1988. Aperfeiçoou-se na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO) em 1988 e especializou-se na UFRRJ no ano de 1989. De 1990 a 1994 trabalhou no Grupo INAGRO Agropecuária - RJ, quando concursado e contratado como pesquisador pela PESAGRO-RIO, onde se encontra hoje.

Iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Lavras em março de 1997, defendendo a dissertação em 5 de novembro de 1999.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Paulo César, pela orientação e amizade.

Aos professores Julio César, Ricardo Evangelista, Vera Lúcia, Joel Muniz, Carlos Alberto e Juan Ramon, pelo apoio.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia da UFLA, pelos conhecimentos compartilhados e apoio.

A UFLA e Pesagro-Rio, pela oportunidade.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos.

À FAPEMIG, pelo financiamento da pesquisa.

Ao CNPGL da EMBRAPA, pelo apoio nas análises.

A RECON S.A., pelo auxílio.

Aos funcionários da secretaria do DZO, Máriana e Pedro, pela eficiência e prestação.

Aos funcionários do estábulo do Departamento de Zootecnia da UFLA.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA.

Aos bolsistas Danilo Martins Lozano e Luciano de Castro Alvarenga, e às estagiárias Patrícia Azevedo Castelo Branco, Ana Luísa Aguiar de Castro, Juliana dos Santos e Daniel Arantes Pereira, pelo auxílio na condução do experimento e análises laboratoriais.

Aos colegas de mestrado, pelo companheirismo.

Aos amigos e colegas da pós graduação: Renata Apocalipse, Gustavo de Andrade, Sidnei Tavares, Antônio Inácio, Roseli e Vítor.

A Ermínia Tristão, pela acolhida.

E a todos que de alguma forma colaboraram para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
RESUMO GERAL	v
GENERAL ABSTRACT	vi
CAPÍTULO 1	
1 Introdução geral	1
2 Referencial teórico geral	3
2 . 1 Obtenção do resíduo de cervejaria	3
2 . 2 Composição química do resíduo de cervejaria	4
2 . 3 Utilização do resíduo de cervejaria	6
2 . 4 Fatores limitantes à utilização do resíduo de cervejaria	8
3 Referências bibliográficas	10
CAPÍTULO 2 Avaliação da silagem de resíduo de cervejaria com o uso de milho desintegrado com palha e sabugo como aditivo.	
1 Resumo	12
2 Abstract	13
3 Introdução	14
4 Referencial Teórico	15
4 . 1 Conservação do resíduo de cervejaria	15
4 . 2 Aditivos para silagens	17
5 Material e Métodos	18
5.1 Local e condições climáticas	18

	Página
5.2 Tratamentos	18
5.3 Período experimental e condução do experimento	19
5.4 Análises laboratoriais	20
5.5 Delineamento experimental	20
5.6 Descrição da análise estatística para superfície de resposta	21
5.6.1 Esquema da análise de variância	21
5.6.2 Metodologia empregada para o ajuste da superfície de resposta	22
5.6.2.1 Modelo linear	22
5.6.2.2 Estimação dos parâmetros	24
6 Resultados e discussão	26
6.1 Características das silagens	26
6.2 Matéria seca	27
6.3 Proteína bruta	28
6.4 Fibra em detergente neutro	30
6.5 Fibra em detergente ácido	31
6.6 Lignina	32
6.7 Matéria mineral	33
6.8 pH	34
6.9 Ácidos orgânicos	36
6.9.1 Ácido acético	36
6.9.2 Ácido butírico	37
6.9.3 Ácido lático	37
7 Conclusões	38
8 Referências bibliográficas	39
CAPÍTULO 3 Cinética da digestão ruminal <i>in situ</i> da silagem do resíduo de cervejaria em vacas da raça Nelore.	
1 Resumo	41

	Página
2 Abstract	42
3 Introdução	43
4 Referencial teórico	44
4.1 Degradabilidade <i>in situ</i>	44
4.2 Degradabilidade do resíduo de cervejaria	45
5 Material e métodos	46
5.1 Local e animais	46
5.2 Preparo das amostras	46
5.3 Descrição do processo	46
5.4 Análises laboratoriais	48
5.5 Procedimento de análise	49
6 Resultados e discussão	51
6.1 Matéria seca	51
6.2 Proteína bruta	54
6.3 Fibra em detergente neutro	57
7 Conclusão	60
Referências bibliográficas	61
ANEXOS	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Ácido acético
AB	Ácido butírico
AL	Ácido láctico
a	Fração solúvel
b	Fração potencialmente degradável
c	Coefficiente de degradação
CNE	Carboidratos não estruturais
DE	Degradabilidade efetiva
DP	Degradabilidade potencial
EB	Energia bruta
EL	Energia líquida
ENN	Extrato não nitrogenado
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
k	Taxa de passagem da digesta (%/h)
MDPS	Milho desintegrado com palha e sabugo
MM	Matéria mineral
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
ND	Fração não degradada
NDT	Nutrientes digestíveis totais
N-FDA	Porcentagem da proteína bruta ligada à fibra em detergente ácido
N-FDN	Porcentagem da proteína bruta ligada à fibra em detergente neutro
PB	Proteína bruta
R ²	Coefficiente de determinação

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 Comparação entre composição bromatológica do resíduo de cervejaria de diferentes procedências.	5
TABELA 2 Composição bromatológica dos alimentos <i>in natura</i> , na base da matéria seca.	19
TABELA 3 Composição bromatológica das silagens em função do percentual de aditivo.	26
TABELA 4 Composição bromatológica das silagens em função do tempo de fermentação (dias).	27
TABELA 5 Valores médios de ácidos orgânicos expressos em $\mu\text{M/ml}$ encontrados nas silagens de acordo com o percentual de aditivo (MDPS).	36
TABELA 6 Descrição dos tratamentos para o experimento de degradabilidade.	47
TABELA 7 Distribuição dos tratamentos por fases e por vacas no experimento de degradabilidade.	48
TABELA 8 Valores dos coeficientes a, b e c das equações para degradabilidade da matéria seca e respectivos coeficientes de determinação (R^2) e degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) e fração não-degradada (NP) das silagens de resíduo de cervejaria com diferentes percentuais de aditivos e tempos de fermentação determinados com vacas Nelore.	51
TABELA 9 Valores dos coeficientes a, b e c das equações para degradabilidade da proteína bruta e respectivos coeficientes de determinação (R^2) e degradabilidade potencial e efetiva e fração não-degradada das silagens de resíduo de cervejaria com diferentes percentuais de aditivos e tempos de fermentação determinados com vacas Nelore.	54
TABELA 10 Valores dos coeficientes a, b e c das equações para degradabilidade da fibra em detergente neutro e respectivos coeficientes de determinação (R^2) e degradabilidade potencial e efetiva e fração não-degradada das silagens de resíduo de cervejaria com diferentes percentuais de aditivos e tempos de fermentação determinados com vacas Nelore.	57

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 Representação gráfica da superfície de resposta para o percentual de matéria seca das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e tempo de fermentação (dias).	28
FIGURA 2 Representação gráfica da superfície de resposta para percentual de proteína bruta das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e tempo de fermentação (dias).	29
FIGURA 3 Representação gráfica da superfície de resposta para percentual de fibra em detergente neutro das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e tempo de fermentação (dias).	30
FIGURA 4 Representação gráfica da superfície de resposta para percentual de fibra em detergente ácido das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e tempo de fermentação (dias).	31
FIGURA 5 Representação gráfica da superfície de resposta para percentual de lignina das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e tempo de fermentação (dias).	32
FIGURA 6 Representação gráfica das equações de regressão do teor de matéria mineral, em função do nível de aditivo (%) na silagem de resíduo de cervejaria úmido.	33
FIGURA 7 Representação gráfica das equações de regressão do teor de matéria mineral, em função do tempo de fermentação (dias) da silagem resíduo de cervejaria úmido.	34

- FIGURA 8** Representação gráfica da superfície de resposta para valores de pH das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e tempo de fermentação (dias). 35
- FIGURA 9** Degradabilidade média estimada para matéria seca, em relação ao percentual de MDPS das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas). 53
- FIGURA 10** Degradabilidade média estimada para matéria seca, em relação aos dias de ensilagem das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas). 53
- FIGURA 11** Degradabilidade média estimada para proteína bruta, em relação ao percentual de MDPS das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas). 56
- FIGURA 12** Degradabilidade média estimada para proteína bruta, em relação aos dias de ensilagem das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas). 56
- FIGURA 13** Degradabilidade média estimada para fibra em detergente neutro, em relação ao percentual de MDPS das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas). 59
- FIGURA 14** Degradabilidade média estimada para fibra em detergente neutro, em relação aos dias de ensilagem das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas). 59

RESUMO

ARONOVICH, Marcos. **Composição bromatológica e degradabilidade de silagens de resíduo úmido de cervejaria**. Lavras: UFLA, 1999. 66p. (Dissertação de Mestrado em Nutrição de Ruminantes) *

Devido ao crescimento do setor cervejeiro na Região Sudeste nos últimos anos, à grande disponibilidade de resíduo úmido de cervejaria, houveram mudanças na tecnologia de produção de cerveja, diminuíram os teores de nutrientes desse resíduo fornecido aos setores de produção animal. Dessa forma, o presente trabalho foi desenvolvido, com o propósito de avaliar o uso de aditivo à silagem de resíduo úmido de cervejaria. O aditivo foi escolhido em função do alto teor de matéria seca e da capacidade de fornecer bom conteúdo de carboidratos à massa microbiana, responsável pela fermentação da silagem. O milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS), ou rolão de milho, é um produto difundido na região sudeste e conhecido dos pecuaristas de leite. Dois experimentos foram conduzidos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – MG. O primeiro foi desenvolvido em silos experimentais de 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, e o segundo com três fêmeas Nelore não-lactantes, não-gestantes e fistuladas no rúmen. No primeiro experimento, objetivou-se avaliar o teor ideal de aditivo (MDPS), obtido pela medição de parâmetros nutricionais, pH e conteúdo de ácidos graxos voláteis. No segundo experimento, avaliou-se a cinética da digestão ruminal *in situ* das silagens produzidas no primeiro experimento. Os resultados demonstraram a importância do uso de aditivo com alto teor de matéria seca e bom percentual de carboidratos, que melhorou os parâmetros nutricionais e a fermentação bacteriana, quando ensilado com o subproduto com baixo teor de matéria seca. Os níveis de fermentação adequada para a silagem, mostrados nos altos teores de ácido lático e a diminuição dos teores de ácido butírico quando se introduziu o aditivo, demonstraram que o uso desse aditivo foi eficiente ($P < 0,01$) no experimento 1. O experimento 2 demonstrou que a inclusão do MDPS, melhorou significativamente ($P < 0,01$) os parâmetros ruminais.

* Comitê Orientador: Paulo César de Aguiar Paiva (Orientador), Carlos Alberto Pereira de Rezende, Joel Augusto Muniz, Vera Lúcia Banys, Juan Ramon O. Perez.

ABSTRACT

ARONOVICH, Marcos. Bromatological composition and degradability of wet brewer's grain silages. Lavras: UFLA, 1999. 66 p. (Dissertation – Master in Animal Sciences) *

Due to the growth of the beer-making sector in the Southeastern Region in the last years and to the great availability of brewer's fresh grains, there occurred changes in the beer-making technology, the contents of nutrients of that feed furnished to the sector of animal production decreased. Thus, the present work was developed with the purpose of evaluating the use of additive to the brewer's fresh grain silage. The additive was chosen in terms of the high content of dry matter and the capacity of furnishing a good amount of carbohydrates to the microbial mass responsible for the fermentation of the silage. Ground ears with husks (GEWH) is a very common product in the southeastern region and known to the dairy farmers. Two experiments were conducted in the Department of Animal Sciences of the Universidade Federal de Lavras – MG. The first was developed in experimental silos 50 cm in height and 10 cm in diameter and the second with three, non-pregnant and rumen-fistulated non-lactating Nelore females. In the first experiment, the objective was to evaluate the ideal content of additive (GEWH) obtained by the measurement of nutritional parameters, pH and content of volatile fatty acids. In the second experiment, the kinetics of the *in situ* ruminal digestion of the silages produced in the first experiment was evaluated. The results showed the importance of the use of additive with a high content of dry matter and a good percent of carbohydrates, which improved the nutritional parameters and bacterial fermentation, when ensiled with the by-product with a low content of dry matter. The levels of fermentation suitable for silage, shown in the high contents of lactic acid and decreased contents of butyric acid when the additive was introduced, showed that the use of that additive was efficient ($P < 0.01$) in experiment 1. Experiment 2 showed that inclusion of GEWH significantly improved the ruminal parameters ($P < 0.01$).

* Guidance Committee: Paulo César de Aguiar Paiva (Adviser), Carlos Alberto P. Resende, Joel Augusto Muniz, Vera Lúcia Banys, Juan Ramon O. Perez.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O resíduo de cervejaria (bagaço de brassagem) é resultante do processamento da indústria cervejeira, setor que se encontra em franca expansão no Brasil, principalmente na Região Sudeste, com investimentos previstos até o ano 2000 da ordem de US\$ 758 milhões (FIRJAN, 1996). Calcula-se que a quantidade de bagaço de brassagem produzido passe das 620 mil toneladas atuais para 1150 mil toneladas somente naquela região, tornando urgente a necessidade de buscar um destino produtivo para esse resíduo.

Segundo Schmidt (1989), para cada 100kg de malte utilizado na fabricação de cerveja, são gerados entre 118 e 130kg de bagaço com 79% de umidade.

Esse resíduo tem sido usado normalmente *in natura* para alimentação de ruminantes e é indiscriminadamente chamado de “cevada”. Sua maior parte é bagaço de brassagem (grãos cozidos na sala de brassagem para obtenção do mosto da cerveja), podendo ainda conter pó e palha do beneficiamento do malte, “trub” (coagulado de proteínas, taninos e lipídios) ou resíduo de fermento. Uma das vantagens de se utilizar subprodutos na alimentação animal consiste em diminuir o depósito de resíduos das indústrias e reduzir a quantidade de concentrados que devem ser adicionados à dieta (Clark, Murphy, Crooker, 1987).

No Brasil, as cervejarias utilizavam, como matérias-primas para a fabricação de malte, grãos de arroz quebrados e “gritz” fino de milho, a fim de aumentar os teores de carboidratos no processo de fermentação. O uso de xaropes ricos em carboidratos é uma das tecnologias que vem revolucionando as técnicas usadas na fabricação de cervejas. Como o xarope é adicionado após a retirada do bagaço, que é o resíduo de cervejaria, provavelmente, valores nutricionais diferentes serão obtidos.

Uma das formas mais comuns de uso do resíduo de cervejaria é *in natura*, após armazenagem em tanques de alvenaria, com fornecimento periódico aos animais. Entretanto, nesse processo de fornecimento ocorrem perdas por fermentação e volatilização. Alguns produtores acrescentam água e/ou sal para diminuir a fermentação; porém, desconhecem o que ocorre com o produto com o passar do tempo.

Pode-se também armazenar esse subproduto na forma de silagem. Johnson e Huber (1987) avaliaram o efeito da adição de NH_3 (0,2 e 4,0 % sobre a MS) sobre a qualidade do bagaço úmido armazenado em silos por 7, 14 e 28 dias e em recipientes abertos por 3, 7 e 10 dias. Durante o armazenamento aeróbio, os carboidratos solúveis em água aumentaram na maior dose de NH_3 , porém diminuíram nas demais doses. Para o material ensilado, a adição do NH_3 causou retardamento na formação do lactato. Os teores de carboidratos solúveis em água aumentaram na silagem aos 14 dias, com adição de 4,0 % de NH_3 , enquanto nos demais teores houve uma tendência ao decréscimo de carboidratos. Faltam, porém, estudos e informações sobre o uso de aditivos, a umidade máxima ao ensilar e o tempo mínimo de fermentação.

É possível que a forma de uso que traga maiores vantagens, tanto para o produtor como para o fornecedor de bagaço de brassagem, seja desidratado (seco) e peletizado. No Brasil, porém, ainda não se obteve um produto desse gênero a preços competitivos no mercado, pois é gasta muita energia elétrica para secar e peletizar esse resíduo, sem grandes perdas do valor nutricional, até a obtenção do produto final.

Objetivou-se neste trabalho obter informações sobre a modificação do valor nutricional do resíduo de cervejaria, devido à fermentação na forma de silagem, com ou sem o uso de aditivo nutritivo, em diferentes períodos de fermentação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Obtenção do resíduo de cervejaria

Segundo Neves (1996), os resíduos das indústrias cervejeiras são quatro, sendo que um deles é a água de lavagem. Os outros três poderiam ter como destino a alimentação animal. Pode-se descrevê-los da seguinte forma:

a) “Trub” – espécie de torta composta de resíduos provenientes da coagulação de proteínas oriundas do malte com o tanino do lúpulo, após a lupulagem e fervura do mosto. Esse produto deve ser descartado, mesmo contendo bom teor protéico, por apresentar alta concentração de compostos tóxicos, o que inviabiliza seu uso no arraçoamento de animais.

b) Levedura – retirada no final de cada fermentação por filtragem ou decantação. É recuperada após o término da fermentação, passando por processo de limpeza, sendo utilizada em novos processos fermentativos, geralmente de 5 a 7 vezes, sendo, então, descartada. Seu uso na alimentação animal ainda é objeto de estudo.

c) Resíduo úmido de cervejaria, “cevada” ou bagaço de brassagem, oriundo da filtração do mosto após o processo de maltagem, é o objeto do presente estudo.

O resíduo de cervejaria é um subproduto produzido em grandes volumes por indústrias cervejeiras do mundo todo. Estimativas de Stokes (1977) indicam que para cada 1.000 litros de cerveja são obtidos 52 kg de resíduo de cervejaria seco (89 % de matéria seca (MS), ou 350 kg de resíduo de cervejaria úmido com 13 % de MS). Considerando, no Brasil, uma produção de 55 milhões de

hectolitros de cerveja e utilizando os dados fornecidos por Stokes, citado por Lima (1993), calcula-se uma disponibilidade em torno de 2 milhões de toneladas/ano, um número altamente expressivo, dado o grande potencial desse subproduto para utilização na alimentação animal.

Durante o processo industrial de obtenção do mosto, a fração sólida é lavada com diferentes quantidades de água para a extração dos componentes solúveis, empregando-se grande volume de água. O resultado final desse processo é um subproduto com porcentagem variável e geralmente baixa de MS. Praticamente toda a dextrina e maltose são extraídas pelas lavagens e, conseqüentemente, a proteína bruta e os outros nutrientes aumentam, em concentração, no resíduo de cervejaria úmido, em relação aos teores dos grãos que o originaram (Clark, Murphy, Crooker, 1987).

A extração dos componentes solúveis ocasiona também mudanças significativas na composição da fração protéica do resíduo de cervejaria úmido. As globulinas, proteínas solúveis dos grãos de malte, milho e arroz, são extraídas pelas lavagens para a obtenção do mosto, pois esses grãos não contêm ou apresentam baixa concentração de albuminas (Clark, Murphy, Crooker, 1987).

2.2 Composição química do resíduo de cervejaria

A composição do bagaço depende do tipo de cerveja que o originou e do processo utilizado pela fábrica. Grãos de cervejaria e destilaria podem variar no conteúdo de proteína bruta de 3 a 10 %, dependendo do material original a ser processado (Clark, Murphy, Crooker, 1987).

Costa e Mattos (1994) analisaram trinta carregamentos de resíduo úmido de cervejaria proveniente da cervejaria Brahma (unidade produtora de Jacareí - SP), e observaram que o coeficiente de variação para os componentes avaliados

apresentaram valores baixos, exceto para extrato etéreo e para o extrativo não nitrogenado. Entretanto, considerando a natureza biológica do material estudado, os valores dos coeficiente de variação desses dois últimos componentes não são considerados elevados.

Na Tabela 1, observa-se a composição bromatológica do resíduo de quatro indústrias cervejeiras.

TABELA 1 Comparação entre composição bromatológica do resíduo de cervejaria de diferentes procedências.

COMPOSIÇÃO	Indústrias			
	Brahma	Kaiser	Schincariol	Skol
Mat. Seca (%)	15,6	9,2	12,3	14,7
Prot. Bruta (%) ¹	31,8	26,0	27,6	31,7
Fibra Bruta (%)	15,8	18,9	14,1	14,9
ENN (%)	41,1	43,5	49,0	43,5
Extrato Etéreo (%)	6,9	7,8	5,7	6,6
FDA (%)	21,3	26,5	20,9	25,9
FDN (%) ⁴	43,8	54,0	44,5	47,8
CNE (%) ⁴	13,1	7,4	18,6	10,6
N - FDA (% PB) ²	8,8	13,3	14,1	17,0
N - FDN (% PB) ²	56,0	33,0	48,6	41,6
Lignina (%) ³	3,5	4,8	4,5	5,3
NDT (%) ³	74,0	69,4	70,6	68,9
EL ¹ (Mcal/kg) ³	1,69	1,58	1,61	1,56

1 = Valores em % expressos com base em 100% de matéria seca;

2 = Porcentagem da Proteína Bruta ligada à fibra em detergente neutro ou detergente ácido;

3 = Valores calculados conforme propostos por Weiss (1991);

4 = Carboidratos não estruturais, calculado conforme proposto por Van Soest et al. (1991) em que: $CNE = 100 - (PB + EE + FDN + MM)$

Fonte: Lima (1993)

2.3 Utilização do resíduo de cervejaria

Rogers et al. (1986), estudando a influência da utilização do resíduo de cervejaria nas formas úmida e desidratada sobre os parâmetros fisiológicos e microbiológicos do rúmen, encontraram uma porcentagem maior de nitrogênio solúvel, aumento na população microbiana do rúmen e concentrações mais elevadas de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis para as dietas que empregavam o resíduo de cervejaria como principal fonte de proteína, tanto na forma úmida como na forma desidratada, quando comparadas com dietas sem a inclusão do resíduo de cervejaria

Segundo Preston et al. (1993), quando o resíduo de cervejaria participa com 50% ou menos da MS da ração de novilhos confinados, seu valor alimentar é igual ao do milho; sugerem eles que os valores de energia líquida de manutenção (ELm) e energia líquida de ganho (ELg) recomendados pelo National Research Council - NRC (1971) podem estar subestimados em 60%. Sugerem ainda valores de 2,30 Mcal/kg para ELm e 1,42 Mcal/kg para ELg, em lugar dos valores de 1,42 Mcal/kg e 0,83 Mcal/kg para ELm e ELg, respectivamente, propostos pelo National Resarch Council - NRC (1971).

Thompson et al. (1977), revisando os dados disponíveis de estudos de campo sobre a utilização de resíduo de cervejaria em dietas de bovinos de corte confinados, concluíram que o mesmo apresenta valor energético semelhante ao do milho quando incluído entre 10 e 45% da MS da dieta; por outro lado, Zeoula et al. (1985) obtiveram 70 % de nutrientes digestíveis totais (NDT) para o resíduo de cervejaria para ruminantes, quando associado ao feno de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.).

Apoiando-se na diferença da digestibilidade entre o resíduo de cervejaria úmido e o desidratado ou seco encontrada por Conrad e Porter, citados por Lima (1993), Hoffman e Armentano (1988) sugerem valores de NDT para esses

subprodutos de 71 e 77 %, respectivamente. Entretanto, quando compararam o resíduo de cervejaria úmido ou desidratado e o farelo de soja como suplementos protéicos para bovinos leiteiros, esses autores concluíram que, em função da menor digestibilidade da matéria orgânica das dietas com resíduo de cervejaria úmido, o valor de 77 % de NDT proposto é incorreto e sugeriram os valores de 72 e 74 %, respectivamente, para o resíduo de cervejaria úmido e resíduo de cervejaria desidratado, para vacas em lactação.

O resíduo de cervejaria apresenta baixa porcentagem de potássio (Hoffman e Armentano, 1988), exigindo suplementação quando o resíduo substitui alimentos mais ricos nesse elemento mineral, como os farelos de soja e algodão. O resíduo de cervejaria é rico em selênio e, segundo Crickenberger e Johnson (1982), sua utilização pode melhorar os índices reprodutivos de rebanhos que apresentem deficiência desse elemento.

Trabalhos que compararam o resíduo de cervejaria ao farelo de soja como suplementos protéicos para vacas em lactação não encontraram diferenças significativas na produção de leite (Murdock et al., 1981; Davis et al., 1983; Seymour e Polan, 1986 e Johnson e Huber, 1987).

Morita et al. (1991) conduziram no Japão um experimento com bovinos de engorda, visando à redução no custo de produção, utilizando resíduo de cervejaria úmido em duas proporções (33 e 49 %) e dois níveis de proteína na dieta (8 a 8,9 e 13 a 13,9 % na MS), e encontraram redução real nesse custo, obtendo ganhos médios de $0,69 \pm 0,05$ kg /dia para a dieta com baixo nível de proteína, e de $0,66 \pm 0,10$ kg /dia para o grupo controle. Não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à qualidade da carne.

Chee et al. (1992) compararam o valor nutritivo do resíduo de cervejaria e/ou da polpa de beterraba e feno de palha de arroz com o da silagem de milho para vacas em lactação, verificaram que a mistura de resíduo de cervejaria, polpa

de beterraba e palha de arroz forneceu o maior rendimento em leite, sem afetar o peso vivo e o teor de gordura.

Munguer e Jans (1997) afirmam que a silagem do resíduo de cervejaria é uma valiosa fonte de proteína para vacas leiteiras alimentadas com rações baseadas em silagem de milho, feno de *Cynodon* e beterraba forrageira. Quando a silagem do resíduo de cervejaria substituiu a silagem de milho ou o concentrado protéico na ração tradicional, o consumo total não foi afetado, bem como a produção e os sólidos totais do leite.

2.4 Fatores limitantes à utilização do resíduo de cervejaria

Segundo Lima (1993), a elevada porcentagem de umidade encontrada no resíduo de cervejaria úmido constitui-se o principal fator limitante à sua utilização, por três razões básicas: a) nessas condições, o transporte por distâncias muito longas é uma prática geralmente antieconômica; b) limita a participação do subproduto na composição da ração, principalmente quando outros subprodutos com umidade também elevada e alimentos fermentados participam da formulação, podendo constituir fator limitante ao consumo de MS; c) dificulta a conservação do subproduto por períodos prolongados.

Eastridge (1991) sugere que, nas condições de comercialização vigentes nos Estados Unidos, o resíduo de cervejaria úmido não deve ser transportado por distâncias superiores a 100 milhas (160 km). Chandler (1987), também nos EUA, indica que o transporte desse subproduto úmido não deve ultrapassar um raio de 200 milhas da indústria de cerveja, para se obter ganho econômico.

Segundo Lima (1993), o resíduo de cervejaria comercializado no Brasil geralmente apresenta porcentagem de umidade acima da encontrada em outras regiões do mundo. Bath (1981) afirma que algumas indústrias de cerveja dos

Estados Unidos padronizam a MS do resíduo de cervejaria úmido para valores em torno de 25 % antes da comercialização, para obterem melhor remuneração com a venda desse subproduto.

Lima (1993) indica que as indústrias brasileiras, de forma geral, comercializam o resíduo de cervejaria com teores de MS em torno de 16 %, e que, nessa forma, os custos por unidade de MS transportada são mais elevados, impondo restrição mais severa para utilização desse subproduto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATH, L. Feed by-products and utilization by ruminants. In: HURBER, J.T. (ed.). **Upgrading residues and by-products forragem animals**. Boca Raton: CRC, 1981. Cap. 1, p. 1-16.
- CHANDLER, P.T. Wet brewers grain: Its role in dairy cattle feeding. **Feddstuffs**, Minneapolis, v. 59, n. 17, 1987.
- CHEE, S. H.; PARK, C. S.; KIM, J. S. et al. Performance of lactating dairy cows fed brewers grain and beet pulp as a replacement of silage. **Korean Journal of Animal Sciences**, v. 34, n. 5, p. 278-287, 1992.
- CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; CROOKER, B.A. Supplying the protein needs of dairy cattle from by-products feeds. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 70, n. 5, p. 1092-1109, 1987.
- COSTA, J. M. B.; MATTOS, W. R. S. Composição química bromatológica do resíduo úmido de cervejaria. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 51, p. 21-26, 1994.
- CRINCKENBERGER, R.G.; JOHNSON, B.H. Effect of feeding wet brewers' grains to beef heifers on wintering performance, serum selenium and reproductive performance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 54, n. 1, p. 18-22, 1982.
- DAVIS, C.L.; GRENAWALT, D.A.; MCCOY, G.C. Feeding value of pressed brewers' grains forragem lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 66, p. 73-79, 1983.
- EASTRIDGE, M.L. Alternative feeds. **OHIO DAIRY NUTRITION CONFERENCE**, Wooster, 1991. **Proceedings....** Wooster, Ohio State University, 1991. p. 49-63.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO. **Relatório anual**. Rio de Janeiro, 1996.
- HOFFMAN, P.C.; ARMENTANO, L.E. Comparison of brewers wet grains animal soybean meal as supplements forragem dairy cattle. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 38, n. 3, p. 655-663, 1988.
- JOHNSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T. Storage and utilization of brewers wet grains in diets for lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 70, n. 1, p.98-107, 1987.

- LIMA, M.L.M. Resíduo de cervejaria úmido: formas de conservação e efeitos sobre parâmetros ruminais. Piracicaba: ESALQ, 1993. 98 p. (Dissertação-Mestrado em Zootecnia).**
- MORITA, H.; KATO, A.; HAYASHI, K. et al. Reduction of beef production cost: (1). Lowering the protein levels in the feed with brewer's grain. Research Bulletin Of The Aichi-Ken Agricultural Research Center, v. 23, p. 381-388, 1991.**
- MUNGUER, A.; JANS, F. Ensiled brewer's grains as a protein compound for dairy cows. Agrarforschung, v. 4, n. 3, p. 117-119, 1997.**
- MURDOCK, F.R.; HODGSON, A.S.; RILEY JR., R.E. Nutritive value of wet brewers grains forage lactating dairy cows. Journal Dairy Science, Champaign, v. 64, p. 1826-1832, 1981.**
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Atlas of nutritional data on United and Canadá Feeds. Washington: Nat. Academy of Sciences, 1971. 770 p.**
- NEVES, A. L. R. A. Viabilidade técnico-econômica e análise de risco de implantação de microcervejarias no Brasil. Viçosa: UFV, 1996. 82 p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).**
- PRESTON, R.L.; VANCE, R.D.; CAHILL, V.R. Energy evaluation of brewers grains forage growing and finishing cattle. Journal Dairy Science, Champaign, v. 37, n. 1, p. 174-178, 1993.**
- ROGERS, J.A.; CONRAD, H.R.; DEHORITY, B.A. Microbial numbers, rumen fermentation, and nitrogen utilization of steers fed wet or dried brewers grains. Journal Dairy Science, Champaign, v. 69, p. 745-753, 1986.**
- SCHMIDT, H. Katechismus der Brauerei-Praxis. 15.ed. Nürnberg, Doitland: Verlag Hans Carl, 1989.**
- SEYMOUR, W.M.; POLAN, C.E. Dietary energy regulation during gestation on subsequent lactational response to soybean meal or dried brewers grains. Journal Dairy Science, Champaign, v. 69, n. 11, p. 2837-2845, 1986.**
- STOKES, P.T. Animal feeds and brewers industry. Feedstuffs, Mineapolis, v. 49, n. 50, p. 8, 1977.**
- THOMPSON, G.B.; JOHNSON, R.; HUTCHESON, D. Evaluation of brewers dried grains in finishing ration for cattle. Feedstuffs, Mineapolis, v. 49, n. 50, p. 9, 1977.**
- ZEOULA, L. M.; SILVA, J. F. C. da; SILVA, D. J. Valor nutritivo do resíduo seco de cervejaria para ruminantes. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 14, n. 5, p. 551-558, 1985.**

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DA SILAGEM DO RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA COM O USO DE MILHO DESINTEGRADO COM PALHA E SABUGO COMO ADITIVO

...

1 RESUMO

Com o propósito de avaliar a necessidade de utilização de aditivo para a ensilagem do resíduo de cervejaria úmido após a mudança na tecnologia de fabricação da cerveja, foi conduzido um experimento no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – MG. Foram usados 150 silos experimentais, testando-se cinco níveis de adição de MDPS e seis tempos de fermentação, em cinco repetições. Foram realizadas análises laboratoriais bromatológicas de rotina e de ácidos orgânicos. Os resultados mostram a eficácia do uso do MDPS, tanto para elevar o percentual de matéria seca do produto final como para melhorar os parâmetros de ácidos orgânicos.

2 ABSTRACT

Brewer's fresh grain silage evaluation with the use of the ground ears with husks as additive.

With a view to evaluating the need to utilize additive for ensiling brewer's fresh grains after the change in the beer-making technology, an experiment was conducted at the Department of Animal Sciences of the Universidade Federal de Lavras – Mg. One hundred and fifty (150) experimental silos were built, divided into five levels of addition of GEWH, six fermentation times and five replications. Routine laboratory bromathological analyses and of organic acids were performed. The results showed the importance of the use of GEWH to raise the percent of dry matter of the final product and to improve the parameters of organic acids.

3 INTRODUÇÃO

Nos países em desenvolvimento, a baixa produtividade de grãos acentua o problema da competição por alimentos entre o homem e os animais domésticos. Nessas condições, há grande ênfase em pesquisas destinadas a estudar o aproveitamento de alimentos que não são convencionalmente utilizados na alimentação humana. Dessa forma, os resíduos agroindustriais constituem-se numa alternativa para alimentação animal (Lima, 1993). Entre os subprodutos da agroindústria, os originários das indústrias de fabricação de cerveja merecem destaque; dentre eles, principalmente o bagaço de brassagem, por seu valor nutritivo e disponibilidade (Lima, 1993).

O objetivo deste experimento foi conhecer a composição bromatológica e de ácidos orgânicos do resíduo de cervejaria, ensilado com diferentes níveis de MDPS, por diferentes tempos de fermentação

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Conservação do resíduo de cervejaria

Segundo Johnson e Huber (1987), sem o uso de conservantes, o resíduo de cervejaria úmido pode ser estocado por 2 a 3 dias nas condições de temperatura de verão encontradas no Estado de Michigan, EUA, podendo, no inverno, esse período ser prolongado para 8 ou mais dias. Esses resultados permitem inferir que as condições de temperatura e umidade encontradas na maior parte do Brasil favorecem o desenvolvimento de fungos e leveduras no resíduo de cervejaria, podendo ocasionar mudanças nutricionais e diminuição do período de estocagem.

O formaldeído ou aldeído fórmico é um produto químico de custo relativamente baixo, empregado com inúmeras finalidades na nutrição animal. Como exemplo, pode-se citar seu uso no controle da degradação do amido e do nitrogênio no rúmen (Spears et al., 1985) e como aditivo para silagem (Nagel e Broderick, 1992).

Schneider et al. (1995) pesquisaram os efeitos de inoculantes microbianos, ácido propiônico e polpa de beterraba na fermentação do resíduo de cervejaria úmido em longos períodos de estocagem. Quando bactérias produtoras de ácido lático foram adicionadas ao resíduo de cervejaria úmido ensilado por 1, 2, 3, 28 e 57 dias, o pH caiu mais rapidamente, a concentração inicial de lactato foi maior e as concentrações de acetato e butirato foram menores, quando comparados com o controle.

Em outro experimento, os mesmos autores compararam a inoculação de bactérias produtoras de ácido lático com ou sem enzimas ou ácido propiônico adicionados ao resíduo de cervejaria úmido ensilado por 10, 15, 40, 55, e 75 dias

e verificaram que todos os tratamentos tiveram aumentadas a produção de lactato e a taxa de declínio de pH, havendo limitação da produção de butirato em relação ao resíduo de cervejaria úmido *in natura*.

Em um terceiro experimento, Schneider et al. (1995) ensilaram por 60 ou 90 dias o resíduo de cervejaria úmido com polpa de beterraba, na proporção de 15 % do peso úmido, ou com uma de mistura inoculante com alto percentual de grãos, ou ainda com a combinação dos dois tratamentos. O terceiro tratamento apresentou a menor concentração de acetato, NH_3 e N, menor valor do pH e a maior concentração de lactato, após 90 dias de ensilagem. A adição de inoculantes microbianos, ácido propiônico ou polpa de beterraba ao resíduo de cervejaria foi benéfica, pois promoveu fermentação mais efetiva durante períodos longos de estocagem.

Kim et al. (1996) ensilaram o resíduo de cervejaria úmido em condições ambientais, por até 60 dias, na primavera, verão e inverno, e observaram que aos 30 dias a MS decaiu em 6% em todas as estações; porém, acima de 30 dias, a redução da MS foi maior no verão e menor no inverno. O conteúdo de proteína bruta variou de 22,8 a 23,9 % e o teor de celulose aumentou com o tempo de ensilagem em todas as estações, enquanto que o de lignina caiu. As frações rapidamente e lentamente degradáveis foram maiores no verão após 5 dias, na primavera após 10 dias e no inverno após 30 dias de ensilagem; porém, as frações correspondentes de proteína bruta não diferiram entre estações e períodos de ensilagem. Os autores concluíram que o tempo ótimo de ensilagem, com base na digestibilidade da MS, foi de 5, 10 e 30 dias, respectivamente, no verão, primavera e inverno.

4 . 2 Aditivos para a ensilagem

Aditivo é definido como qualquer material adicionado à forragem no momento da ensilagem, apresentando funções de estimulante ou inibidor da fermentação e inibidor da deterioração aeróbica, nutrientes e absorventes (McDonald, 1981).

Os aditivos possibilitam a redução das perdas de nutrientes em maior ou menor extensão, alterando a respiração e a fermentação durante o período de armazenamento (Jardim, 1976; Harrison e Stokes, 1994).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local e condições climáticas

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

O município de Lavras está localizado na Região Sul do Estado de Minas Gerais e é geograficamente definido pelas coordenadas 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste, com altitude média de 910 metros (Castro Neto, Sedyama e Vilela, 1980). O clima é do tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, tendo duas estações definidas: seca, de abril a setembro, e chuvosa, de outubro a março. A precipitação anual média é de 1.493,2 mm, com temperatura média máxima de 25°C e média mínima de 14,6°C (Vilela e Ramalho, 1980).

O resíduo de cervejaria usado foi doado pela unidade de fabricação de cerveja da KAISER no município de Divinópolis, MG (RECON S/A).

5.2 Tratamentos

Foram testados os seguintes tratamentos:

T1- Silagem pura de resíduo de cervejaria

T2- Resíduo + 2,5 % MDPS

T3- Resíduo + 5,0 % MDPS

T4- Resíduo + 7,5 % MDPS

T5- Resíduo + 10,0 % MDPS

Os silos experimentais foram abertos após 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias.

Os dados da composição química dos ingredientes usados para a confecção das silagens apresentados com base da MS estão na Tabela 2.

TABELA 2 Composição bromatológica dos alimentos *in natura*, na base da matéria seca.

Alimento	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	MM (%)
Resíduo de cervejaria	21,41	27,28	59,18	27,53	6,31	7,38
MDPS	85,79	6,89	31,58	15,04	3,31	1,31

5.3 Período experimental e condução do experimento

O experimento foi conduzido de março até junho de 1998. Foram utilizados silos de laboratório feitos em tubos de PVC, com 100 mm de diâmetro e 0,5 m de altura, fechados hermeticamente com tampas e anéis vedantes de borracha, sendo que na tampa superior foi colocada uma válvula para saída de gases. Os silos foram cheios e compactados, para que apresentassem 1t/m^3 .

Os silos foram abertos nos devidos tempos de fermentação e todo o material foi retirado e homogeneizado. Foram retiradas amostras de 2 kg, as quais foram congeladas imediatamente para as análises dos ácidos graxos voláteis (AGVs). Uma outra amostra de 1 kg foi levada para estufa de secagem com ventilação forçada a $65\text{ }^\circ\text{C}$, para moagem e armazenagem para as demais análises laboratoriais.

5.4 Análises laboratoriais

Foram realizadas as análises de matéria seca (MS) em estufa a 105°C e de proteína bruta (PB), pelo método semi-micro Kjeldahl, conforme AOAC (1970); de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (método do permanganato), segundo metodologia de Van Soest e Wine (1968), descrita por Silva (1990), e matéria mineral por incineração a 600°C, conforme descrito por Silva (1990). A análise dos ácidos graxos voláteis, acético, láctico e butírico, determinados por cromatografia gasosa, foi realizada pelo laboratório do Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite da EMBRAPA, pelo método descrito por Wilson (1971). O pH foi determinado em peagâmetro (Silva, 1990).

5.5 Delineamento experimental

Foi usado um delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial 5 x 6, cinco níveis de aditivo (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 % de MDPS) e seis tempos de fermentação (15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias), em cinco repetições.

O modelo estatístico utilizado foi $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$

em que:

Y_{ijk} = valor da parcela que recebeu o nível i do fator percentual de aditivo e o nível j do fator tempo de fermentação na repetição k;

μ = média geral;

α_i = efeito do percentual de aditivo i, sendo i = 1, 2, 3, 4 e 5;

β_j = efeito do tempo de fermentação j, sendo j = 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (tempo de fermentação em dias);

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efeito da interação dos fatores;

e_{ijk} = erro experimental, normalmente distribuído, com média zero, variância constante e independente $\sim N(0, \sigma^2)$.

Como os fatores percentual de aditivo e tempo de fermentação são quantitativos, verificou-se que há viabilidade de decomposição dos efeitos dos fatores sob a forma de superfície de resposta, para MS, PB, FDN, FDA, LIGNINA e pH, em que a interação dos fatores foi significativa.

A equação de regressão foi estimada utilizando-se o software SAS (SAS Institute, 1993), através da qual pode-se estimar os melhores resultados de matéria seca para qualquer combinação de níveis dos fatores percentual de MDPS adicionado (0 – 10%) e tempo de fermentação (15 – 90 dias).

5.6 Descrição da análise estatística

5.6.1 Esquema da análise de variância

Considerando o modelo fixo, o esquema da análise de variância, com suas respectivas E[QM] e aplicação do teste F para o modelo com 2 fatores, segundo Pimentel Gomes (1990), é:

CV	GL	SQ	QM	E[QM]	F
FATOR A	I - 1	SQA	QMA	$\sigma^2 + JK\phi_a$	QMA/QMRES
FATOR B	J - 1	SQB	QMB	$\sigma^2 + IK\phi_b$	QMB/QMRES
INTERAÇÃO AxB	(I - 1)(J - 1)	SQAxB	QMAxB	$\sigma^2 + K\phi_{ab}$	QMAxB/QMRES
RESÍDUO	IJ (K - 1)	SQRES	QMRES	σ^2	
TOTAL	IJK - 1				



em que:

$$\phi_a = \frac{\sum a_i^2}{I-1}; \quad \phi_b = \frac{\sum b_j^2}{J-1}; \quad \phi_{ab} = \frac{\sum ab_{ij}^2}{(I-1)(J-1)}$$

Como os fatores em estudo são quantitativos, verificou-se a viabilidade de decomposição dos efeitos dos fatores sob a forma de superfície de resposta. Foi utilizado, como auxílio computacional, o software SAS (SAS Institute, 1993).

5.6.2 Metodologia empregada para se ajustar à superfície de resposta

O desenvolvimento da metodologia do modelo de superfície polinomial de resposta, linear nos parâmetros, está baseado principalmente em definições, fórmulas e conceitos extraídos de Custódio (1999).

5.6.2.1 Modelo linear

A função polinomial quadrática em duas variáveis X_1 , X_2 será considerada como uma representação da função de produção verdadeira η , dentro da região experimental de interesse. Considerando-se, então, as produções observadas y_1, y_2, \dots, y_n nos n tratamentos

$$\underset{\sim}{X}_i = (X_{1i}, X_{2i})', \quad i = 1, 2, \dots, n$$

escolhidos pelo pesquisador, o modelo linear de regressão para y_i é dado por:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_{11} X_{1i}^2 + \beta_{22} X_{2i}^2 + \beta_{12} X_{1i} X_{2i} + e_i$$

sendo e_i o erro aleatório correspondente à observação y_i , supondo que e_i , com $i = 1, 2, \dots, n$ são não correlacionados e de mesma variância σ^2 .

Uma outra forma de apresentar o modelo que descreve a relação funcional das respostas observadas e as variáveis independentes no experimento, é na forma matricial:

$$\underline{y} = X \underline{\beta} + \underline{e}$$

sendo:

\underline{y} o vetor das observações;

X a matriz de incidência dos parâmetros, obtida de acordo com o delineamento experimental e o modelo usado;

$\underline{\beta}$ o vetor dos parâmetros da equação;

\underline{e} o vetor dos erros aleatórios correspondentes às observações.

Então, os vetores \underline{y} , $\underline{\beta}$, \underline{e} e a matriz X são dados por:

$$\underline{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)'$$

$$\underline{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{12})'$$

$$\underline{e} = (e_1, e_2, \dots, e_n)'$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & X_{11}^2 & X_{21}^2 & X_{11}X_{21} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & X_{12}^2 & X_{22}^2 & X_{12}X_{22} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & X_{1n}^2 & X_{2n}^2 & X_{1n}X_{2n} \end{bmatrix}$$

A submatriz de X formada pelas colunas dois e três é a matriz D de dimensões $n \times 2$, em que a i -ésima linha representa o tratamento $\underline{X}'_i = (X_{1i}, X_{2i})$, $i = 1, 2, \dots, n$. A matriz D é denominada matriz do delineamento. O delineamento é uma parte importante na investigação da superfície de resposta, e sua escolha correta é crucial para a qualidade e para a confiança da informação obtida de um experimento.

5.6.2.2 Estimação dos parâmetros

Considerando-se o modelo de regressão linear, escrito como:

$$\underline{y} = X\underline{\beta} + \underline{e}$$

e o vetor de médias e a matriz de variâncias e covariâncias dos erros e dados por:

$$E(\underline{e}) = \underline{0} \text{ e } \text{Var}(\underline{e}) = I_{(n)}\sigma^2$$

respectivamente, em que $\underline{0}$ é um vetor nulo, $I_{(n)}$ é a matriz identidade de dimensões $(n \times n)$, σ^2 é um número real positivo e n é o número de observações.

Nessas condições, utilizando-se o método dos mínimos quadrados, obtém-se o sistema de equações normais:

$$X'X\hat{\underline{\beta}} = X'\underline{Y}$$

Dado que a matriz X possui posto coluna completo, então $X'X$ é positiva definida; logo, a única solução do sistema é:

$$\hat{\underline{\beta}} = (X'X)^{-1}X'\underline{Y}$$

em que $(X'X)^{-1}$ é a matriz inversa de $X'X$.

Dentre as propriedades do estimador $\hat{\underline{\beta}}$, tem-se que:

$$E(\hat{\underline{\beta}}) = \underline{\beta} \quad V(\hat{\underline{\beta}}) = (X'X)^{-1}\sigma^2$$

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Características das silagens

Todas as silagens produzidas apresentaram cheiro característico e coloração bege-clara, acentuada de acordo com o percentual de aditivo utilizado.

Os dados de composição química são apresentados nas Tabelas 3 e 4, expressos na base da matéria seca.

TABELA 3 Composição bromatológica das silagens em função do percentual de aditivo.

% Aditivo	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	MM (%)	pH
0,0 %	25,40	24,33	59,72	30,03	8,17	5,50	3,84
2,5 %	26,97	21,49	54,78	27,56	7,36	5,07	3,20
5,0 %	27,29	21,17	50,29	26,01	7,41	4,94	3,13
7,5 %	28,22	18,66	48,43	25,92	6,95	4,52	3,15
10,0 %	31,22	18,75	48,93	25,72	6,37	4,21	3,14

TABELA 4 Composição bromatológica das silagens em função do tempo de fermentação (dias).

Tempo	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	MM (%)	pH
15 dias	28,95	22,70	56,70	25,31	7,91	5,98	3,79
30 dias	29,20	21,30	52,76	26,23	6,60	6,84	3,57
45 dias	26,62	20,79	51,00	29,82	5,62	4,95	3,37
60 dias	27,11	19,51	54,09	26,21	7,71	3,65	3,02
75 dias	27,72	20,51	51,22	28,44	6,02	3,83	3,02
90 dias	27,32	20,35	48,82	25,94	9,66	4,09	2,99

6.2 Matéria seca

A análise de variância revelou efeito significativo ($P < 0,01$), tanto para o percentual de aditivo (tratamento) como para o tempo de fermentação e para a interação.

Pela análise da Figura 1, observa-se que os maiores teores de matéria seca (MS) foram alcançados nos pontos de percentual de aditivo igual a 10,0 % e tempo de fermentação de 79 dias.

Na mesma Figura, pode-se visualizar o ponto médio máximo de MS a um nível de 31,2 %.

Os teores de MS apresentados evidenciam que a baixa percentagem de MS apresentada pelo resíduo de cervejaria úmido no momento da ensilagem pode dificultar a obtenção de silagens de boa qualidade (Lima, 1993).

O teor aumentado de matéria seca, além de contribuir para a conservação da massa ensilada, inibindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (Woolford, 1984), é necessário para aumentar a concentração de nutrientes e o consumo destes pelos animais (Pizarro, 1978).

$$\hat{y} = 27,645583 + 0,299198A - 0,085615T - 0,039505A^2 + 0,000757T^2 - 0,003406AT$$

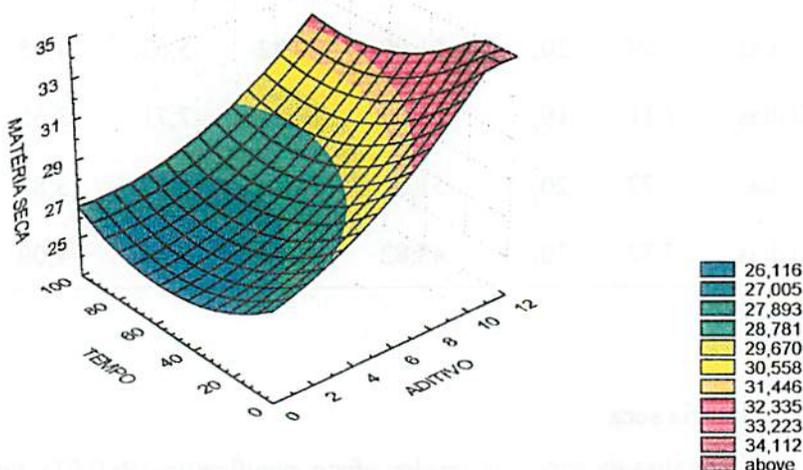


FIGURA 1 Representação gráfica da superfície de resposta para o percentual de matéria seca das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e do tempo de fermentação (dias). UFLA, Lavras, MG, 1999.

6.3 Proteína bruta

A análise de variância revelou significância ($P < 0,01$), tanto para o percentual de aditivo como para o tempo de fermentação e para a interação.

Pela análise da Figura 2, nota-se que há um decréscimo do teor de PB à medida que é aumentado o nível de adição do MDPS. A mesma tendência é observada à medida que é aumentado o período de fermentação da silagem. Os

dados alcançados se assemelham ao de Yan, Pen e Su (1998), que realizaram experimentos com silagens de resíduo de cervejaria úmido adicionadas de grãos de milho.

O decréscimo dos percentuais de PB, à medida que é aumentado o nível de adição de MDPS, se deve, possivelmente, à menor quantidade daquele nutriente no MDPS, bem como à sua utilização pelas bactérias produtoras de ácidos graxos.

$$\hat{y} = 28,212830 - 1,051640A - 0,141240T + 0,039589A^2 + 0,000972T^2 + 0,001982AT$$

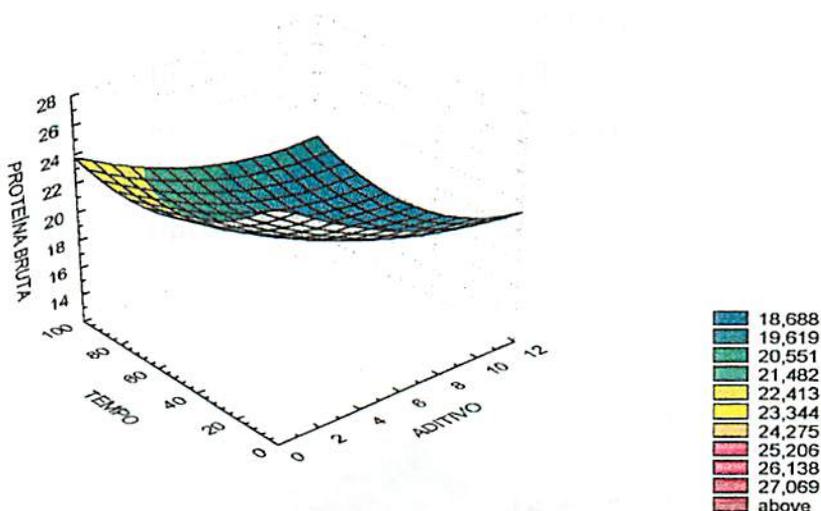


FIGURA 2 Representação gráfica da superfície de resposta para o percentual de proteína bruta das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e do tempo de fermentação (dias). UFLA, Lavras, MG, 1999.

6.4 Fibra em detergente neutro (FDN)

A análise de variância revelou significância ($P < 0,01$), tanto para o percentual de aditivo, como para o tempo de fermentação e para a interação.

Pela Figura 3, observa-se que os resultados mostram redução de FDN à medida que se aumenta o nível de aditivo, apresentando também propriedade semelhante para o tempo de ensilagem.

A queda nos teores de FDN com o aumento do período de ensilagem está de acordo com as teorias de McDonald (1981), que afirma que essas transformações na composição química ocorrem normalmente durante o processo de fermentação, sugerindo desdobramento da hemicelulose até pentoses.

A diminuição de FDN à medida que o nível de inclusão de aditivo cresce, também pode ser conseqüência do seu menor percentual no conteúdo do aditivo (Tabela 3).

$$\hat{y} = 68,241070 - 3,394536A - 0,174680T + 0,154522A^2 + 0,000257T^2 + 0,013955AT$$

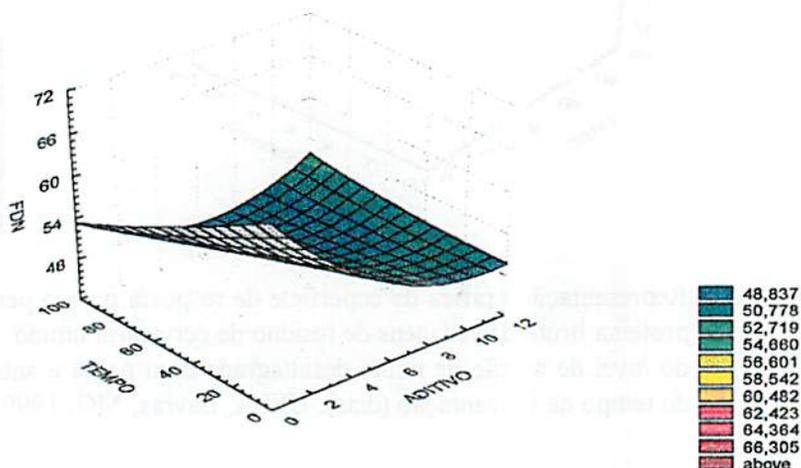


FIGURA 3 Representação gráfica da superfície de resposta para o percentual de fibra em detergente neutro das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e do tempo de fermentação (dias). UFLA, Lavras, MG, 1999.

6.5 Fibra em detergente ácido (FDA)

A análise de variância revelou significância ($P < 0,01$), tanto para o percentual de aditivo como para o tempo de fermentação e para a interação.

Na Figura 4 pode-se observar o que denominamos ponto de sela, que está demarcado pelo percentual de aditivo de 7,5 % de MDPS e do tempo de fermentação próximo aos 50 dias.

$$\hat{y} = 23,512547 - 0,711573A + 0,239849T + 0,071067A^2 - 0,001789T^2 - 0,008056AT$$

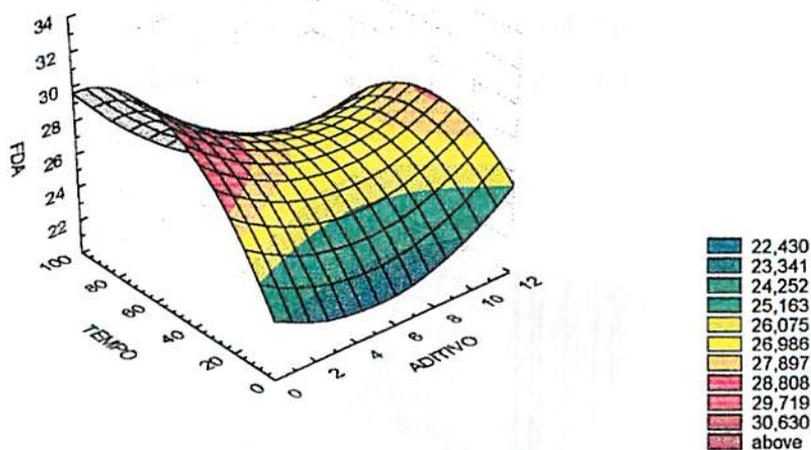


FIGURA 4 Representação gráfica da superfície de resposta para o percentual de fibra em detergente ácido das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e do tempo de fermentação (dias). UFLA, Lavras, MG, 1999.

6.6 Lignina

A análise de variância revelou significância ($P < 0,01$), tanto para o percentual de aditivo como para o tempo de fermentação e para a interação.

Observa-se, na Figura 5, que o ponto de menor percentual de lignina ocorre com 10,0 % de MDPS e 48 dias de ensilagem, podendo ser considerado esse o ponto ideal de fermentação. A lignina é uma macromolécula com estrutura extremamente complexa e heterogênea, diferente, portanto, de todos os outros polímeros naturais. É altamente resistente ao ataque químico e microbiano e encontra-se associada aos polissacarídeos na parede celular dos vegetais, dificultando o acesso dos microrganismos e enzimas à celulose e hemicelulose, prejudicando assim sua degradação e digestão pelos animais.

$$\hat{y} = 10,810261 - 0,161249A - 0,165254T - 0,000556A^2 + 0,001734T^2 + 0,000108AT$$

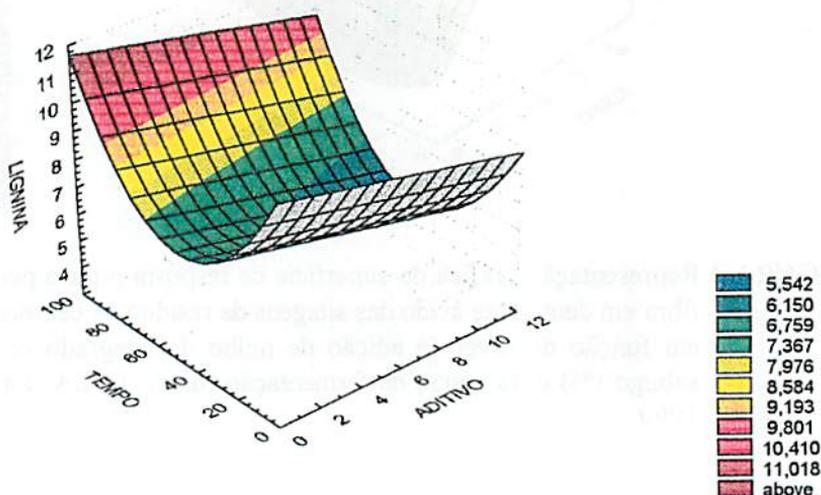


FIGURA 5 Representação gráfica da superfície de resposta para o percentual de lignina das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e do tempo de fermentação (dias). UFLA, Lavras, MG, 1999.

6.7 Matéria mineral

A análise de variância revelou significância ($P < 0,01$), tanto para o percentual de aditivo como para o tempo de fermentação, não havendo efeito para a interação, observando-se efeito linear descendente para o percentual de aditivo e para o tempo de fermentação.

A Figura 6 mostra a representação gráfica das equações de regressão para percentual de matéria mineral e MDPS, e a Figura 7, para tempo de fermentação.

A diminuição desses teores pode ser, em parte, justificada pelo menor percentual de matéria mineral no aditivo e também pelo consumo de alguns minerais pela microbiota responsável pela fermentação na ensilagem (Lima, 1993).

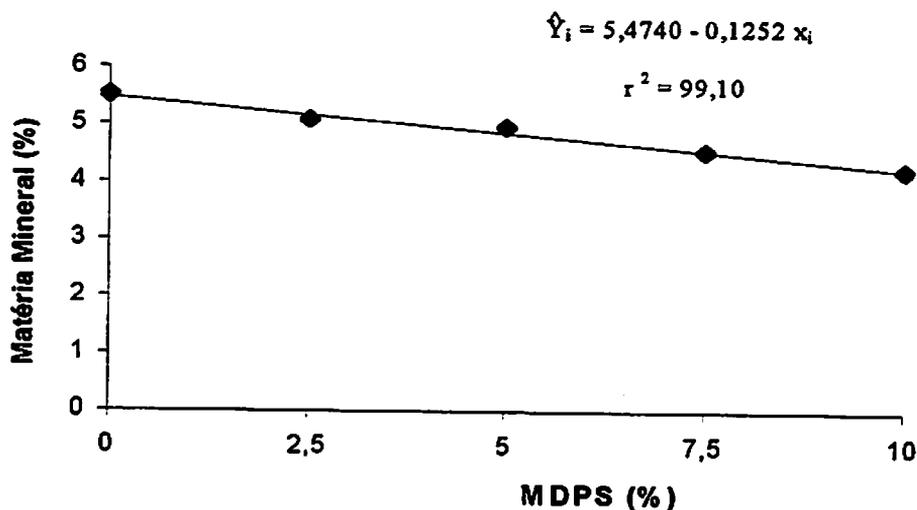


FIGURA 6 Representação gráfica da equação de regressão do teor de matéria mineral, em função do nível de aditivo (%) na silagem do resíduo de cervejaria úmido.

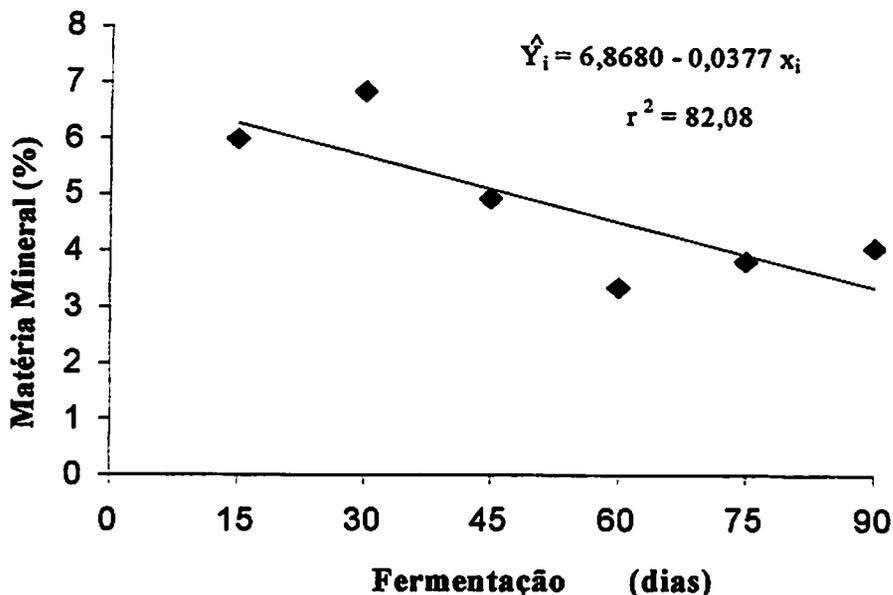


FIGURA 7 Representação gráfica da equação de regressão do teor de matéria mineral, em função do tempo de fermentação (dias) na silagem de resíduo de cervejaria úmido.

6.8 pH

A análise de variância revelou significância ($P < 0,01$), tanto para o percentual de aditivo como para o tempo de fermentação e para a interação.

Pela análise da Figura 8, pode se observar que os valores de pH ficaram excessivamente baixos, demonstrando que praticamente houve ausência de aminoácidos residuais e cátions como K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , os quais devem ter sido extraídos no processo de industrialização da cerveja. A presença dos mesmos possivelmente neutralizaria parte dos ácidos orgânicos formados durante o processo de fermentação no silo e, com o seu poder tampão, contribuiriam para dificultar a redução do pH para níveis tão baixos (McDonald, 1981).

Pode ser observado que, à medida que o nível de inclusão de MDPS aumenta, ocorre uma diminuição do pH. Isso é explicado provavelmente pela diminuição do valor protéico. Conforme Breirem e Ulvelsi (1960), materiais com altos teores protéicos favorecem a formação de bases voláteis, que neutralizam o ácido lático e, conseqüentemente, aumentam o pH.

$$\hat{y} = 4,826 - 0,245A - 0,029T + 0,015A^2 + 0,0001T^2 + 0,001AT$$

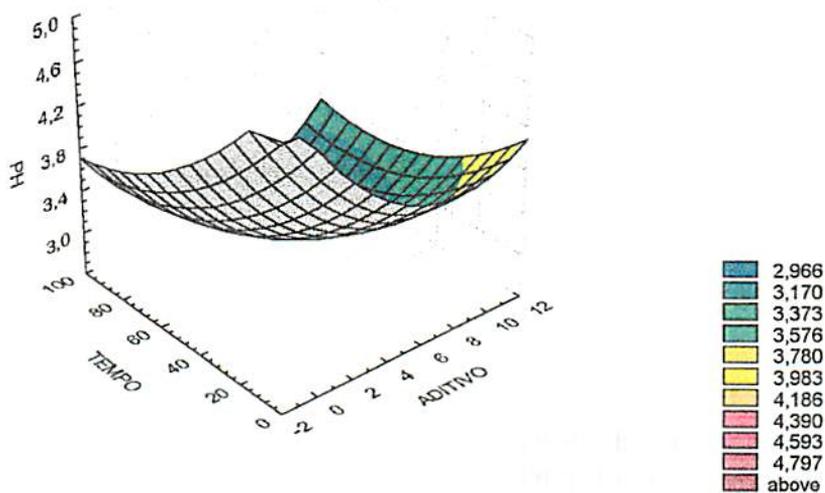


FIGURA 8 Representação gráfica da superfície de resposta para o pH das silagens de resíduo de cervejaria úmido, em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo (%) e do tempo de fermentação (dias). UFLA, Lavras, MG, 1999.

6.9 Ácidos orgânicos

Os dados dos ácidos orgânicos acético, láctico e butírico estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 - Valores médios de ácidos orgânicos expressos em $\mu\text{M/ml}$ encontrados nas silagens de acordo com o percentual de aditivo (MDPS).

Aditivo (%)	Ácido acético ($\mu\text{M/ml}$)	Ácido láctico ($\mu\text{M/ml}$)	Ácido butírico ($\mu\text{M/ml}$)
0	21,91b ¹	4,45b ¹	24,07a ¹
2,5	26,13ab	37,24a	0,12b
5	30,87ab	41,15a	0,00b
7,5	32,38ab	42,44a	0,00b
10	36,58a	48,96a	0,00b

¹ Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey de 1% de probabilidade.

6.9.1 Ácido acético

Pode-se observar na Tabela 4 a tendência de acréscimo nos níveis de ácido acético à medida que sobe o percentual de aditivo (MDPS) na silagem.

A análise de variância revelou superioridade do tratamento 5 (10%) em relação ao tratamento 1 (0%) - $P < 0,01$ - porém, não mostrou significância entre os demais tratamentos.

Observou-se que o aumento de MDPS na silagem contribuiu para a redução da atividade de bactérias, especificamente as responsáveis pela fermentação acética.

6 . 9 . 2 Ácido butírico

Observa-se na Tabela 5 que a inclusão do aditivo foi limitante para esse ácido, deixando-o em valores tão baixos que o equipamento de análise utilizado (cromatógrafo de gás) não conseguiu detectar sua presença. Esses resultados podem ser explicados pelo aumento de MS nas silagens. Assim, a atividade das bactérias produtoras de ácido butírico foi muito limitada. Segundo Whittenbury, McDonald e Bryan (1967), essas bactérias são muito sensíveis às elevadas pressões osmóticas do meio.

6 . 9 . 3 Ácido láctico

Pode-se observar na Tabela 5 que o comportamento do ácido láctico foi o inverso do butírico, o que comprova os dados de Pereira (1995).

A análise de variância mostra igualdade entre os tratamentos 2, 3, 4 e 5 (2,5 a 10%), sendo estes superiores ($P < 0,01$) ao tratamento 1 (0%).

7 CONCLUSÕES

A adição de MDPS ao nível de 2,5 % foi suficiente para melhorar os resultados obtidos de ácido butírico e ácido láctico.

Os tempos de fermentação indicam que o resíduo ensilado pode ser utilizado a partir dos 15 dias de fermentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, 1970. 1094p.
- BREIREM, K.; ULVESLI, O. **Ensiling methods**. *Herbage Abstracts*, Farnham Royal, v. 30, n. 1, p. 1-8, 1960.
- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILELA, E. A probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 4, n. 1, p. 55-65, jan./jun. 1980.
- CUSTÓDIO, T.N. **Superfície de resposta em experimentos com parcelas subdivididas**. Lavras: UFLA, 1999. 81p. (Dissertação - Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica).
- HARRISON, J. H.; STOKES, M.R. **Fermentation and utilization of grass silage**. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 77, n. 3209-3235, 1994.
- JARDIM, W. R. **Alimentos e alimentação do gado bovino**. São Paulo: Ceres. 1976. 338 p.
- JOHSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T. **Aerobic storage and utilization of ammonia-treated distillers wet grains for lactating dairy cows**. *Journal Dairy Science*, Champaign, v. 70, n. 7, p. 1417-1425, 1987.
- KIM, H.S.; YUN, S. G.; KWEON, U. G. et al. **Seasonal difference in aerobic storage, ruminal degradation and chemical composition of wet brewers' grain**. *Journal of Agricultural Science, Livestock*, v. 38, n. 2, p. 605-609, 1996.
- LIMA, M.L.. **Resíduo de cervejaria úmido: formas de conservação e efeitos sobre parâmetros ruminais**. Piracicaba: ESALQ, 1993. 98 p. (Dissertação-Mestrado em Zootecnia).
- MCDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Bath: J. Wiley , 1981. 226p.
- NAGEL, S.A.; BRODERICK, G.A. **Effect of formic acid or formaldehyde treatment of alfafa silage on nutrient utilization by dairy cows**. *Journal Dairy Science*, Champaign, v. 75, n. 1, p. 140-154, 1992.

- PEREIRA, E. S. **Composição química e degradabilidade ruminal de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv. Cameroon com aditivos nutritivos.** Lavras:UFLA, 1995. 73 p. (Dissertação-Mestrado em Zootecnia).
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- PIZARRO, E. A. **Conservação de forragens: 1 – Silagens.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 4, n. 47, p. 20-28, 1978.
- SAS INSTITUTE . **Procedures guide for computers.** 6.ed. Care- NC, 1993.
- SCHNEIDER, R. M.; HARRISON, J. H.; LONEY, K. A. **The effects of bacterial inoculants, beet pulp, and propionic acid on ensiled wet brewers grains.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 78, n. 5, p. 1096-1105, May 1995.
- SILVA, D. J. da. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa: UFV, 1990. 166 p.
- SPEARS, J. W.; CLARK, J.H.; HATFIELD, E.E. **Nitrogen utilization and ruminal fermentation in steers fed soybean meal treated with formaldehyde.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 60, n. 4, p. 1072-1080, 1985.
- VILELA, E. A.; RAMALHO, M. D. A. **Análise das temperaturas e precipitação pluviométrica de Lavras, Minas Gerais.** *Ciência e Prática*. Lavras, v. 4, n. 1, p. 46-55, jan/jun. 1980.
- WHITTENBURY, R. P.; Mc DONALD, P. BRYAN, J. **A Short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage.** *Journal Science of Food Agriculture*, v. 18, p. 441, 1967.
- WILSON, R. K. **A rapid accurate method for measuring volatile fatty acids and lactic acid in silage.** *Research Report*, Dublin, 1971, 7p
- WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation.** *Microbiology Series*, v. 14, 1984.
- YAN, S. S.; PEN, P. W.; SU, A. K. **The cost and the chemical analysis of corn-brewers' grain silage.** *Journal of the Chinese Society of Animal Science*, v. 27, n. 2, p. 295-302, 1998.

CAPÍTULO 3

CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL *IN SITU* DA SILAGEM DO RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA EM VACAS NELORE

1 RESUMO

Considerando a importância do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de bovinos e o aprimoramento dos conhecimentos sobre esse subproduto ensilado, foi conduzido um experimento, com o objetivo de determinar a cinética da digestão ruminal *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro. Foram determinadas as degradabilidades *in situ* de vinte silagens, que variavam de acordo com cinco níveis de um aditivo MDPS (milho desintegrado com palha e sabugo – 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 %) e quatro períodos de fermentação (0; 30; 60 e 90 dias). Foram utilizadas três fêmeas nelore, não lactantes e não-gestantes, providas de cânulas ruminais. Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método Gauss-Newton. Os resultados permitiram avaliar que a inclusão do aditivo (MDPS) sugere uma melhora nos parâmetros ruminais, e que o tempo de fermentação da silagem não afeta a degradabilidade da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro.

2 ABSTRACT

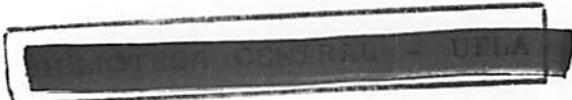
Kinetics of *in situ* ruminal digestion of the brewer's fresh grains silage in Nelore cows.

By taking into account the importance of brewer's fresh grain in cattle feeding and improvement of the knowledge about that ensiled by-product, an experiment was conducted with the objective of determining the kinetics of *in situ* ruminal digestion of dry matter, crude protein and neutral detergent fiber. The *in situ* degradabilities of twenty silages varying according to five levels of an additive GEWH (ground ears with husks - 0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10.0%) and four fermentation periods (0; 30; 60 and 90 days) were determined. Three non-lactating and non-pregnant ruminal fistula-fitted Nelore females were utilized. The data obtained on the degradability were fit to a non-linear regression by the Gauss-Newton method. The results enabled to evaluate that the inclusion of the additive (CEWH) suggests an improvement in the ruminal parameters and that the fermentation time of the silage does not affect the dry matter, crude protein and neutral detergent fiber degradability.

3 INTRODUÇÃO

Para o uso adequado dos resíduos agroindustriais como alimentos para animais domésticos, é necessário conhecer suas características digestivas, de modo a ter suporte para a formulação de rações.

Por essa razão, conduziu-se um experimento no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras – MG, a fim de determinar os parâmetros da cinética ruminal de silagens do resíduo de cervejaria úmido, com diferentes percentuais de aditivo (milho desintegrado com palha e sabugo – MDPS) e tempos de fermentação (dias).



4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Degradabilidade *in situ*

A degradabilidade *in situ* permite determinar a quantidade de amostras que é digerida e a taxa pela qual essa digestão se realiza (Ruiz e Ruiz, 1990). Segundo Teixeira (1997), essa técnica tem sido objeto de vários trabalhos de pesquisa para descrever características de degradação de frações da parede celular e de proteínas dos alimentos, sendo estimada pela incubação de alimentos em sacos de náilon no rúmen.

A degradação do componente nutritivo do alimento analisado é obtida através da expressão $D = ((A-B)/A)*100$, sendo “D” o desaparecimento ou a degradabilidade do componente nutritivo; “A” a porcentagem inicial do componente na amostra; e “B” o resíduo, ou seja, a porcentagem final do componente após incubação da amostra.

A popularidade da técnica está ligada à sua execução rápida e fácil, requerendo pequena quantidade de amostra do alimento e possibilitando o contato íntimo com o ambiente ruminal, apesar de não estar sujeita aos fatores como mastigação, ruminação e passagem para o trato digestivo posterior. Entretanto, os resultados obtidos de uma mesma amostra de alimento podem apresentar diferenças entre laboratórios. Os principais fatores inerentes à técnica, que ocasionam grandes variações na degradabilidade estimada, estão relacionados aos procedimentos no preparo do saco que conterá a amostra (tipo de tecido, tamanho do poro, área superficial e lavagem dos sacos), ao preparo e manipulação da amostra (peso, tamanho de partícula e contaminação microbiana da amostra), ao animal (espécie e estado fisiológico) e à natureza da dieta (Uden e Van Soest, 1984; Nocek, 1985).

4.2 Degradabilidade do resíduo de cervejaria

Chiou et al. (1995) testaram diversos alimentos comumente usados na alimentação de ruminantes e encontraram valores de degradabilidade da proteína para o resíduo de cervejaria de 37,1%, para tempos de incubação de 0, 2, 4, 8, 12 e 24 horas, e de 54,9%, para tempos de incubação de 48 e 72 horas.

Ojowi et al. (1997) compararam a composição química e as características de degradabilidade ruminal *in situ* dos grãos úmidos de destilaria à base de trigo com o resíduo de cervejaria úmido e concluíram que o resíduo de destilaria é mais degradável no rúmen do que o resíduo de cervejaria.

Batajoo e Shaver (1998) determinaram a degradabilidade *in situ* de alguns grãos e subprodutos utilizados em rações de vacas leiteiras, entre eles o resíduo de cervejaria seco. Os autores utilizaram três vacas Holstein fistuladas no rúmen e alimentadas com 55% de silagem de alfafa e 45% de concentrado baseado em milho descascado, na base de matéria seca. Os sacos, contendo 6 g de cada alimento, foram incubados por 2, 6, 12, 24, 48 e 72 horas e os autores encontraram degradabilidade ruminal da MS de 38,3 %, da PB de 48,9 % e do amido de 76,0 %, para o resíduo de cervejaria seco.

5 MATERIAL E METODOS

5.1 Local e animais

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG, no Setor de Bovinocultura Leiteira do Departamento de Zootecnia. Teve a duração de 30 dias, entre os meses de março e abril de 1999, apresentando um período pré-experimental de 15 dias para a adaptação dos animais e 15 dias de período experimental.

Foram utilizadas três fêmeas Nelore, que receberam 2 kg de concentrado balanceado, dividido em duas partes iguais, fornecido às 7 e 16 horas. Durante os períodos pré-experimental e experimental, as vacas receberam a mais 1 kg de silagem de resíduo úmido de cervejaria (a mesma do experimento 1). Além da ração, os animais receberam volumoso duas vezes ao dia: capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) picado e silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) à vontade.

5.2 Preparo das amostras

As amostras foram processadas em moinho de martelo, provido de peneira de 2 mm e, após moagem, foram acondicionadas e identificadas.

5.3 Descrição do processo

Os sacos foram confeccionados em náilon coreano de 120 fios, com porosidade aproximada de 50 μ . A porosidade foi verificada com o auxílio de microscópio eletrônico, retirando-se amostras do tecido de vários locais. Foram

utilizadas as dimensões de 7,5 × 7,5 cm, sendo os sacos fechados em máquina seladora a quente e colocados em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 48 horas, quando, então, foram retirados e colocados em dessecador e pesados. Após o enchimento, foram selados e postos novamente em estufa, para se obter o peso das amostras. A quantidade de amostra obedeceu à relação de 20 mg de MS/cm² de superfície.

Os sacos correspondentes a cada tempo de incubação foram colocados em sacolas de filó medindo 20 × 40 cm, com um peso de chumbo de 100 g. A sacola foi introduzida no rúmen na região do saco ventral. Os 20 tratamentos foram divididos em 3 fases, como mostram as Tabelas 6 e 7.

TABELA 6 Descrição dos tratamentos para o experimento de degradabilidade.

Aditivo	Tempo			
	0	30 dias	60 dias	90 dias
0 %	T1	T2	T3	T4
2,5 %	T5	T6	T7	T8
5,0 %	T9	T10	T11	T12
7,5 %	T13	T14	T15	T16
10,0 %	T17	T18	T19	T20

TABELA 7 Distribuição dos tratamentos por fases e por vacas no experimento de degradabilidade.

ANIMAL	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Vaca 1	T1 a T7	T8 a T13	T14 a T20
Vaca 2	T8 a T13	T14 a T20	T1 a T7
Vaca 3	T14 a T20	T1 a T7	T8 a T13

No total, foram confeccionados 1920 sacos (20 tratamentos \times 4 repetições \times 8 tempos de incubação \times 3 animais).

Após cada fase, constituída de 96 horas de incubação, as sacolas foram retiradas e abertas, e os sacos de náilon, contendo o resíduo da amostra, imediatamente lavados por um período de 20 minutos em lavadora rotacionada com eixo horizontal, com entrada da água límpida corrente por baixo e saída da água com impurezas por cima. Após o processo de lavagem, os sacos foram colocados em estufa a 65 °C, durante 48 horas, resfriados em dessecador e pesados.

Os sacos referentes ao tempo zero foram introduzidos na massa ruminal e imediatamente retirados, recebendo, então, o mesmo tratamento dos demais tempos.

Os valores utilizados para os cálculos foram as médias das 3 vacas.

5.4 Análises laboratoriais

Os resíduos remanescentes das incubações foram destinados às análises de matéria seca, obtida por diferença de peso dos sacos antes e depois da

incubação; proteína bruta, pelo método semi-micro kjedahl conforme Association of Official Agricultural Chemists – AOAC (1970), e fibra em detergente neutro, segundo a metodologia de Van Soest e Wine (1968), descrita por Silva (1990).

5.5 Procedimento de análise

Os dados obtidos nos diferentes tempos de incubação foram ajustados para uma regressão não-linear pelo método de Gauss-Newton (Neter, Wasserman e Kutner, 1985), contido no pacote computacional SAEG, descrito por Euclides (1983), conforme a equação proposta por Orskov e Mc Donald (1979):

$$Y = a + b(1 - e^{-ct})$$

Em que:

Y = degradabilidade acumulada do componente nutritivo analisado, após um tempo **t**;

a = intercepto da curva de degradabilidade quando **t** é igual a 0, que corresponde à fração solúvel em água do componente nutritivo analisado;

b = potencial de degradação da fração insolúvel em água do componente nutritivo analisado;

a + b = degradabilidade potencial do componente nutritivo analisado, quando o tempo não é um fator limitante;

c = taxa de degradação por ação fermentativa de **b**;

t = tempo de incubação;

e = base do logaritmo neperiano.

Uma vez calculados os coeficientes a, b e c, estes foram aplicados à equação proposta por Orskov e Mc Donald (1979).

$$P = a + \frac{b \cdot c}{c + k}$$

Em que:

P = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado;

k = taxa de passagem do alimento.

Assumiui-se uma taxa de passagem da digesta de 5 % por hora, sendo, pois, $k = 0,05$ % (Orskov e Mc Donald, 1979).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Matéria seca

Os valores da fração solúvel (a) e insolúvel potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE), fração não degradada (ND) e coeficiente de determinação (R^2) da matéria seca das silagens experimentais estão apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 Valores dos coeficientes a, b e c das equações para degradabilidade da matéria seca e respectivos coeficientes de determinação (R^2) e degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) e fração não-degradada (ND) das silagens de resíduo de cervejaria com diferentes percentuais de aditivos e tempos de fermentação determinados com vacas Nelore.

Silagens % Aditivo	Coeficientes			R^2	DP	DE	ND
	a	b	c				
0	15,02	57,33	0,0425	0,98	72,34	40,53	27,66
2,5	16,49	60,70	0,0350	0,96	77,19	40,55	22,81
5	18,92	58,94	0,0525	0,99	77,85	43,42	22,15
7,5	19,80	58,01	0,0350	0,97	77,81	43,74	22,20
10	15,45	64,89	0,0450	0,92	80,34	45,11	19,66
Dias de fermentação							
0 Dias	14,13	62,73	0,0440	0,98	76,86	42,19	23,14
30 Dias	15,98	61,60	0,0380	0,96	77,58	41,96	22,42
60 Dias	17,63	58,49	0,0500	0,95	76,13	42,90	23,87
90 Dias	20,79	57,07	0,0360	0,96	77,86	43,62	22,14

As degradabilidades potencial e efetiva da silagem do resíduo de cervejaria sem aditivos, de 72,34 e 40,53 % respectivamente, assemelham-se aos dados de Costa et al. (1995).

Pode-se observar que, aumentando-se o percentual de MDPS, as degradabilidades potencial e efetiva mostram uma tendência de aumento. Do mesmo modo, verifica-se um decréscimo na fração não degradada, indicando que a adição do aditivo beneficia a degradação da matéria seca. Isso pode ser devido ao efeito associativo provocado pelo aditivo na silagem.

Observando-se o tempo de fermentação da silagem, pode-se verificar um maior desaparecimento da fração solúvel (a), à medida que se aumenta esse tempo de fermentação, e um decréscimo na fração insolúvel potencialmente degradável (b). Em relação ao tempo de fermentação, as degradabilidades potencial e efetiva e a fração não degradada não se alteraram.

O resultado de 63,33 % de desaparecimento de MS, considerando o tempo de 48 horas de incubação, é bem próximo dos dados relatados por Costa et al. (1995), que obtiveram 64,41 % para o resíduo de cervejaria úmido no mesmo tempo de incubação.

Na Figura 9, observa-se tendência de aumento da degradabilidade efetiva da MS com o aumento do percentual de MDPS na silagem, sugerindo que as bactérias ruminais provavelmente tiveram maior atividade entre os períodos de 6 e 12 h de incubação.

Em relação às degradabilidades estimadas, pode-se observar na Figura 10 que não há modificações, devido ao tempo de fermentação das silagens experimentais.

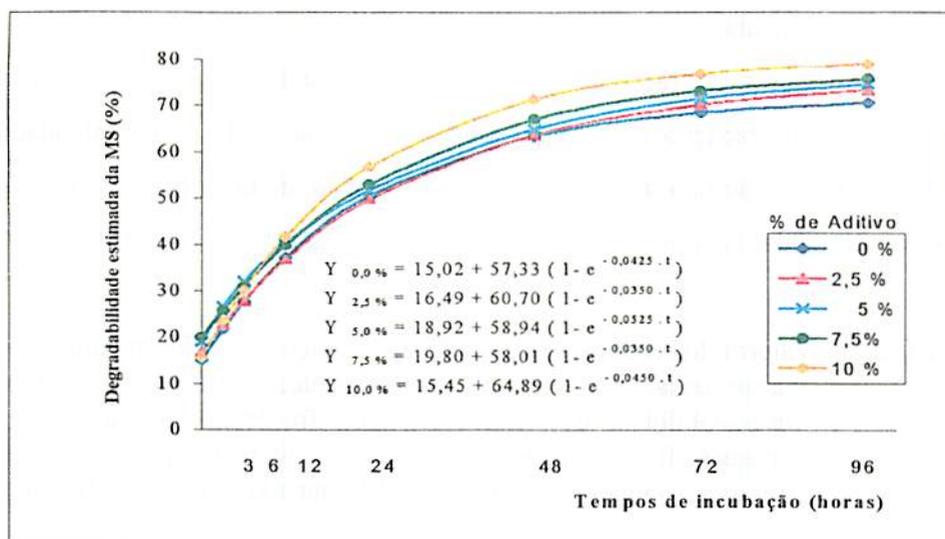


FIGURA 9 Degradabilidade média estimada para a matéria seca, em relação ao percentual de MDPS das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas).

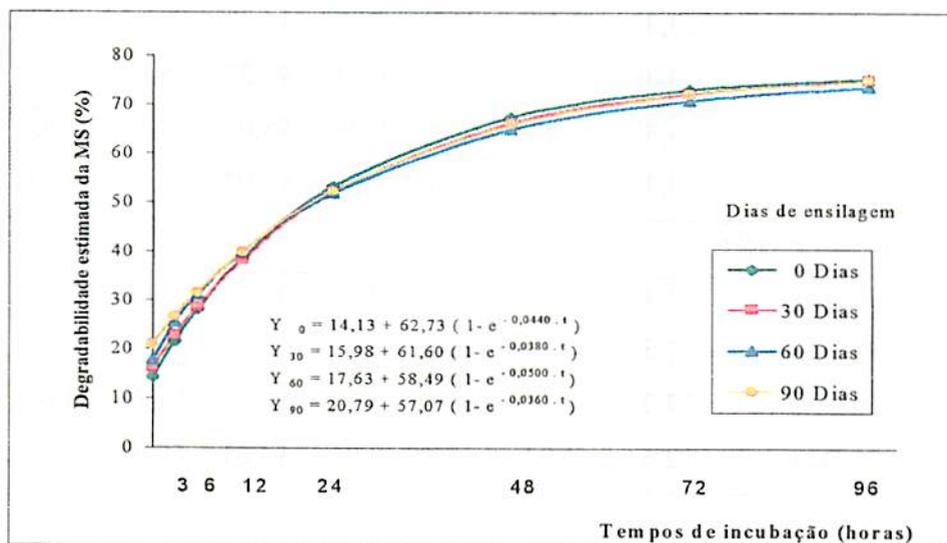


FIGURA 10 Degradabilidade média estimada para matéria seca, em relação aos dias de fermentação das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas).

6.2 Proteína bruta

Os valores da fração solúvel (a) e insolúvel potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE), fração não degradada (ND) e coeficiente de determinação (R^2) da proteína bruta das silagens experimentais estão apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 Valores dos coeficientes a, b e c das equações para degradabilidade da proteína bruta, respectivos coeficientes de determinação (R^2), degradabilidade potencial e efetiva e fração não-degradada das silagens do resíduo de cervejaria com diferentes percentuais de aditivos e tempos de fermentação determinados com vacas Nelore.

Silagens % Aditivo	Coeficientes			R^2	DP	DE	ND
	a	b	c				
0	25,18	69,28	0,1175	0,98	94,47	64,25	5,54
2,5	23,36	71,02	0,0450	0,96	94,38	56,46	5,62
5	29,30	64,07	0,0625	0,95	93,37	55,67	6,63
7,5	26,98	68,10	0,0275	0,96	95,08	50,11	4,93
10	23,37	71,60	0,0350	0,93	94,97	52,19	5,03
Dias de fermentação							
0 Dias	22,39	70,27	0,0440	0,95	92,65	53,77	7,35
30 Dias	20,50	74,73	0,0740	0,97	95,23	54,37	4,77
60 Dias	27,03	68,30	0,0560	0,95	95,32	55,74	4,68
90 Dias	32,64	61,97	0,0560	0,96	94,61	59,05	5,39

Os valores de degradabilidade potencial e efetiva das silagens experimentais sem aditivo, de 94,47 e 64,25 %, respectivamente, se assemelham com os apresentados por Davis, Grenawalt e McCoy (1983) e Costa et al. (1995). Entretanto, esses valores estão acima dos citados por Orskov e McDonald (1979), que descreveram valores para a degradabilidade potencial de 81,39 %.

Não houve diferenças marcantes de degradabilidade das frações solúvel (a) e insolúvel potencialmente degradável (b), em relação ao percentual de aditivo na silagem. Obteve-se, porém, aumento na degradabilidade da fração solúvel e decréscimo na fração insolúvel potencialmente degradável, à medida que se aumentou o tempo de fermentação da silagem.

Nas Figuras 11 e 12 observa-se um declive mais acentuado na curva de degradação entre o período de 3 e 12 horas de incubação, o que pode ser devido à maior solubilidade e degradação do resíduo de cervejaria em relação ao MDPS, sendo que o resíduo de cervejaria apresentou maiores valores para as degradabilidades estimadas nos tempos de incubação até 72 horas.

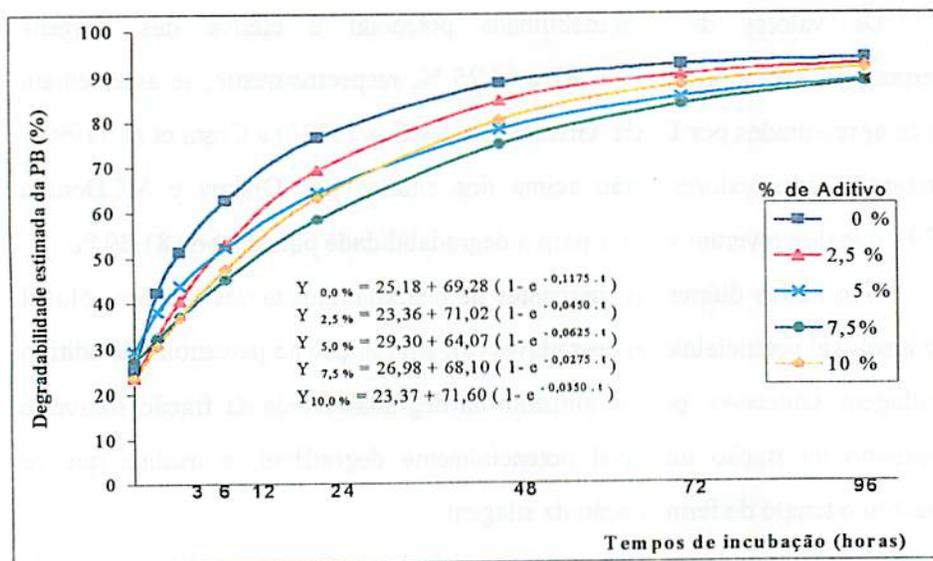


FIGURA 11 Degradabilidade média estimada para a proteína bruta, em relação ao percentual de MDPS das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas).

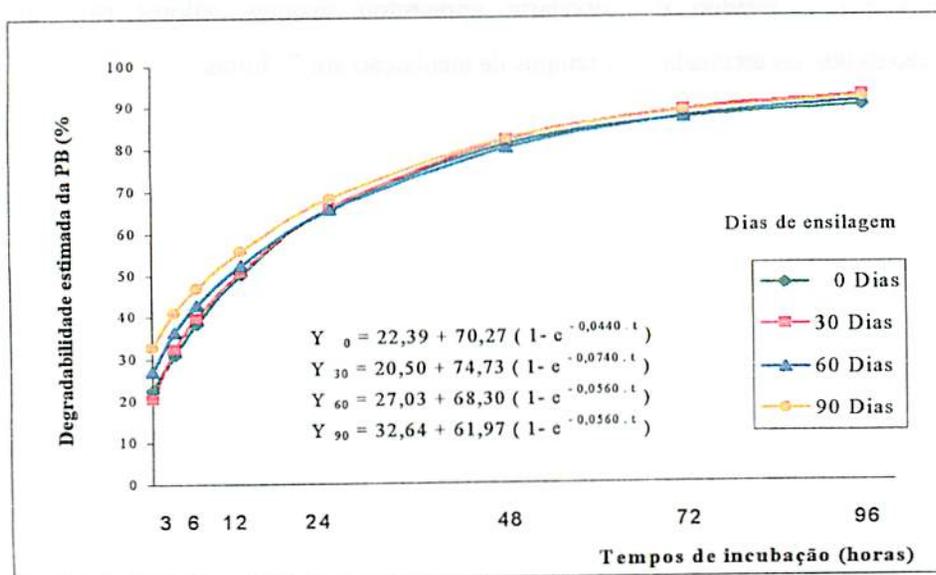


FIGURA 12 Degradabilidade média estimada para proteína bruta, em relação aos dias de fermentação das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas).

6.3 Fibra em detergente neutro

Os valores da fração solúvel (a) e insolúvel potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) e fração não degradada (ND) e coeficiente de determinação (R^2) da fibra em detergente neutro das silagens experimentais estão apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 Valores dos coeficientes a, b e c das equações para degradabilidade da fibra em detergente neutro, respectivos coeficientes de determinação (R^2), degradabilidade potencial e efetiva e fração não-degradada das silagens do resíduo de cervejaria com diferentes percentuais de aditivos e tempos de fermentação determinados com vacas Nelore.

Silagens % Aditivo	Coeficientes			R^2	DP	DE	ND
	a	b	c				
0	63,82	32,86	0,0400	0,71	96,68	78,11	3,32
2,5	56,86	38,53	0,0500	0,78	95,39	75,74	4,61
5	56,92	38,96	0,0300	0,77	95,88	70,47	4,12
7,5	45,87	43,85	0,0625	0,79	89,71	68,06	10,29
10	38,46	50,42	0,0650	0,72	88,88	64,72	11,12
Dias de fermentação							
0 Dias	51,56	42,01	0,0540	0,79	93,57	72,94	6,43
30 Dias	51,95	41,01	0,0460	0,75	92,97	70,62	7,03
60 Dias	53,01	42,86	0,0400	0,75	95,87	70,60	4,13
90 Dias	53,02	37,80	0,0580	0,73	90,82	71,51	9,18

Os valores da fração solúvel (a) da fibra em detergente neutro das silagens tenderam a decrescer com a elevação dos níveis de MDPS, apesar do maior percentual de FDN do resíduo de cervejaria em relação ao MDPS, mostrando uma maior velocidade de degradação do FDN do resíduo de cervejaria em relação ao do MDPS. Houve uma tendência de aumento na fração insolúvel potencialmente degradável (b) à medida em que o nível de MDPS aumentou.

Os valores das degradabilidades potencial e efetiva para a FDN das silagens decaíram com o aumento do percentual de inclusão de MDPS, mostrando uma maior degradabilidade do resíduo de cervejaria em relação ao MDPS.

Nas Figuras 13 e 14 pode-se observar maior incremento na curva de degradação no período entre 3 e 12 horas de incubação, indicando uma atuação mais efetiva das bactérias ruminais no mesmo.

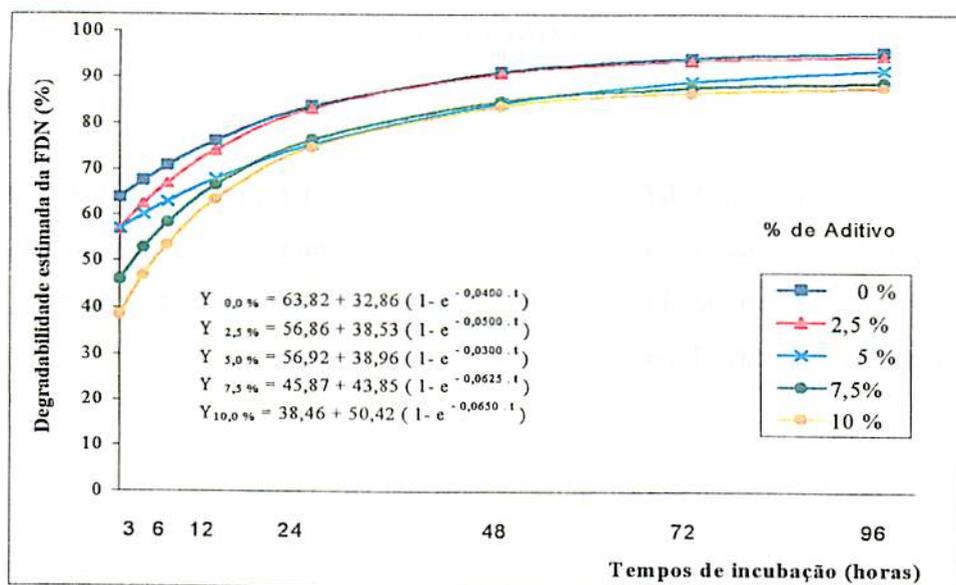


FIGURA 13 Degradabilidade média estimada para a fibra em detergente neutro, em relação ao percentual de MDPS das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas).

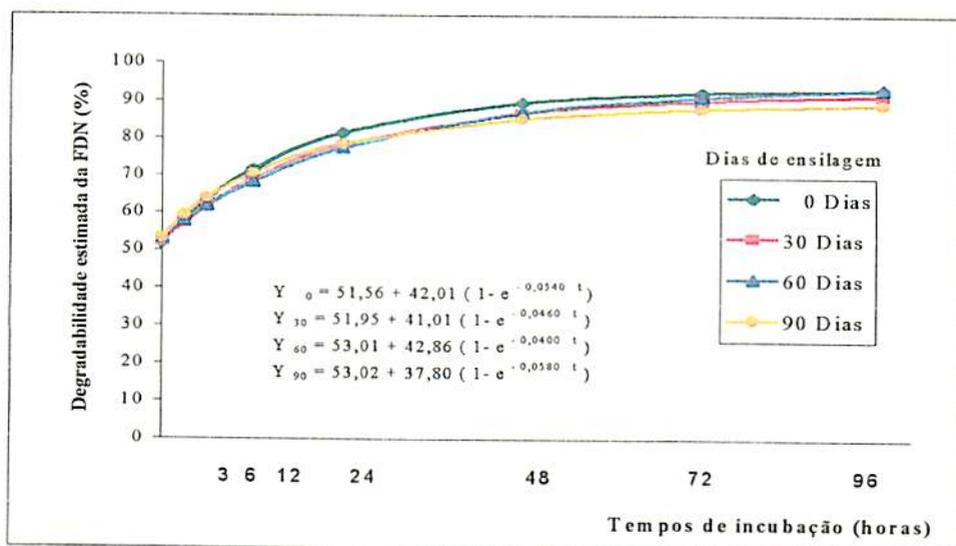


FIGURA 14 Degradabilidade média estimada para fibra em detergente neutro, em relação aos dias de fermentação das silagens experimentais, nos diferentes tempos de incubação (horas).

7 CONCLUSÃO

A inclusão de MDPS nas silagens sugere maior degradabilidade efetiva somente para a matéria seca e os tempos de fermentação não alteraram as degradabilidades potencial e efetiva para matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro das silagens experimentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, 1970. 1094p.
- BATAJOO, K. K.; SHAVER R. D. In situ dry matter, crude protein, and starch degradabilities of selected grains and by-product feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 71, n. 1-2, p. 165-176, Mar. 1998.
- CHIOU, P. W. S.; CHEN, K. J.; KUO, K. S. et al. Studies on the protein degradabilities of feedstuffs in Taiwan. **Animal Feed Science and Technology**, v. 55, n. 3-4, p. 215-226, 1995.
- COSTA, J. M. B.; MATTOS, W. R. S.; BIONDI, P. et al. Composição química bromatológica do resíduo úmido de cervejaria. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 51, p. 21-26, 1994.
- DAVIS, C.L.; GRENAWALT, D.A.; McCOY, G.C. Feeding value of pressed brewers' grains forage lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 66, p. 73-79, 1983.
- EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa: UFV, 1983. 59 p.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M. H. **Linear statistical models: regression analysis of variance and experimental designs**. 2.ed. Washington: Richard D. Irwin, 1985. 1125 p.
- NOCEK, J. E. Evaluation of specific variables affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 5, p. 1347-1358, 1985.
- OJOWI, M.; MCKINNON, J.J.; MUSTAFA, A.; CHRISTENSEN, D.A. Evaluation of wheat-based wet distillers' grains for feedlot cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 77, n. 3, p. 447 - 454, 1997.
- ORSKOV, E. R.; MC DONALD, T. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

- RUIZ, M. E.; RUIZ, A. Nutricion de ruminantes: guia metodologica de investigacion. San Jose: IICA/RISPAL, 1990. 344 p.**
- SILVA, D. J. da. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 1990. 166 p.**
- TELXEIRA, J.C. Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, Lavras, 1997. Anais... Lavras:UFLA - FAEPE, 1997. p.7-28.**
- UDEN, P.; VAN SOEST, P.J. Investigations of the in situ bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. Journal of Animal Science, Champaign, v. 58, n. 1, p. 213-221, Jan. 1984.**

ANEXOS

	Página
TABELA 11 Resumo das análises de variância dos ácidos orgânicos - ácido acético (AA), ácido butírico (AB) e ácido láctico (AL) - das silagens experimentais do resíduo de cervejaria úmido, com os respectivos coeficientes de variação (CV).	64
TABELA 12 Resumo das análises de variância da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria mineral (MM) e pH das silagens experimentais do resíduo de cervejaria úmido, com os respectivos coeficientes de variação (CV).	64
TABELA 13 Resumo dos desdobramentos das análises de variância da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e pH das silagens experimentais do resíduo de cervejaria úmido, com os respectivos coeficientes de variação (CV).	65
TABELA 14 Resumo da análises de variância da superfície de resposta da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e Ph das silagens experimentais do resíduo de cervejaria úmido.	66

TABELA 11 Resumo das análises de variância dos ácidos orgânicos - ácido acético (AA), ácido butírico (AB) e ácido láctico (AL) - das silagens experimentais do resíduo de cervejaria úmido, com os respectivos coeficientes de variação (CV).

Fonte de variação		GL	Quadrado Médio	
Aditivo		4	193,7348**	693,5239**
Tempo		5	267,9863**	2,9407
Erro		20	29,0757	2,9408
C.V.			18,23	35,43

** (P < 0,01)

TABELA 12 Resumo das análises de variância da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria mineral (MM) e pH das silagens experimentais do resíduo de cervejaria úmido, com os respectivos coeficientes de variação (CV).

Fonte de variação		GL	Quadrado Médio						
Aditivo		4	139,2049**	158,6235**	685,8388**	105,0502**	13,23113**	5,68422**	2,8068**
Tempo		5	26,9977**	28,93261**	188,2186**	76,16134**	55,07666**	41,43093**	2,7866**
A x T		20	3,5030**	13,45763**	45,8273**	21,12104**	6,00354**	0,8708	0,0557**
Erro		120	0,8301	6,6625	13,5713	2,1198	0,64696	0,64898	0,0046
C.V.			3,27%	12,40%	7,03%	5,39%	11,09%	16,50%	2,05%

** (P < 0,01)

TABELA 13 Resumo dos desdobramentos das análises de variância da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e pH das silagens experimentais do resíduo de cervejaria úmido, com os respectivos coeficientes de variação (CV).

Fixando Aditivo		Quadrado Médio						
Fonte de variação		GL	MS	PB	FDN	FDA	LIG	pH
Aditivo	4	139,2049**	158,6235**	685,8388**	105,0501**	13,2311**	2,8068**	1,2544**
Tempo no Ad.1	5	6,9760**	6,0529	209,0198**	30,0186**	22,1023**	1,2544**	1,2544**
Tempo no Ad.2	5	4,2067**	29,9336**	49,7384**	13,1958**	30,4079**	0,5412**	0,5412**
Tempo no Ad.3	5	6,0026**	7,752	24,7031	25,394**	5,0285**	0,4768**	0,4768**
Tempo no Ad.4	5	10,4023**	30,7425**	32,7728**	46,034**	8,5457**	0,3519**	0,3519**
Tempo no Ad.5	5	13,422**	8,2819	55,2934**	46,0027**	13,0062**	0,3850**	0,3850**
Erro	120	0,8301	6,6625	13,5713	2,1198	0,6469	0,0046	0,0046
Fixando Tempo								
Tempo	5	26,9977**	28,93261**	188,2186**	76,1613**	55,0766**	2,7866**	2,7866**
Ad. no Tempo 1	4	46,5615**	26,15274**	317,4847**	14,96396**	1,7291*	1,2770**	1,2770**
Ad. no Tempo 2	4	16,6702**	45,05364**	264,5521**	1,7836	13,9304**	0,5008**	0,5008**
Ad. no Tempo 3	4	31,2849**	9,25781	37,7176	9,5087**	6,7367**	0,3957**	0,3957**
Ad. no Tempo 4	4	23,8236**	77,82755**	39,9874	79,0741**	13,5892**	0,3417**	0,3417**
Ad. no Tempo 5	4	30,1468**	34,62898**	234,2092**	55,9682**	2,668**	0,3210**	0,3210**
Ad. no Tempo 6	4	8,2327**	32,99094**	21,0234	49,3565**	4,595**	0,2487**	0,2487**
Erro	120	0,8301	6,6625	13,5713	2,1198	0,6469	0,0046	0,0046

** (P < 0,01)
* (P < 0,05)

TABELA 14 Resumo da análises de variância da superfície de resposta da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e pH das silagens experimentais do resíduo de cervejaria úmido.

Fonte de variação		Quadrado Médio					GL
		MS	PB	FDN	FDA	LIG	pH
Aditivo Linear	4	139,2049**	158,6235**	685,8388**	105,0502**	13,2311**	2,8068**
Aditivo Quadrático	1	25,6040**	25,7128	391,7323**	82,8593**	0,0051	3,7867**
Desvio	2	16,5600**	19,0342	6,7441	0,2685	2,1145*	0,5751**
Tempo	5	26,9977**	28,9326**	188,2186**	76,1613**	55,0767**	2,7866**
Tempo Linear	1	52,6009**	84,5681**	598,4726**	13,5309*	29,6947**	12,5979*
Tempo Quadrático	1	27,1072**	44,6061*	3,1089	151,2273**	142,0900**	0,8756**
Desvio	3	18,4268**	5,1630	113,1705**	72,0162**	34,5329**	0,1533**
Aditivo x Tempo	20	3,5030**	13,4576**	45,8273**	21,1210**	6,0035**	0,0557**
Aditivo Linear x Tempo Linear	1	14,2772**	4,8330	239,6152**	79,8488**	0,0143	0,5396**
Desvio	19	2,9360**	13,9116**	35,6279**	18,0301**	6,3188**	0,0302**
Erro	120	0,8301	6,6625	13,5713	2,1198	0,64696	0,0046

** (P < 0,01)
* (P < 0,05)