



**ALTERAÇÕES NO RESÍDUO DE LIXADEIRA DO  
ALGODÃO SUBMETIDO A DIFERENTES  
TRATAMENTOS FÍSICOS E QUÍMICOS**

**JULIANA DOS SANTOS**

**2003**

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

Santos, Juliana dos

Alterações no resíduo de lixadeira do algodão submetido a diferentes tratamentos físicos e químicos / Juliana dos Santos. -- Lavras : UFLA, 2003.

51 p. : il.

Orientador: Paulo César de Aguiar Paiva

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Resíduo agroindústria. 2. Degradabilidade. 3. Pressão e vapor. 4. Hidróxido de sódio. 5. Uréia. I Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.20855

**JULIANA DOS SANTOS**

**ALTERAÇÕES NO RESÍDUO DE LIXADEIRA DO  
ALGODÃO SUBMETIDO A DIFERENTES  
TRATAMENTOS FÍSICOS E QUÍMICOS**

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

Orientador

Dr. Paulo César de Aguiar Paiva

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2003**

**JULIANA DOS SANTOS**

**ALTERAÇÕES NO RESÍDUO DE LIXADEIRA DO  
ALGODÃO SUBMETIDO A DIFERENTES  
TRATAMENTOS FÍSICOS E QUÍMICOS**

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

APROVADA em 19 de fevereiro de 2003.

Prof<sup>ª</sup> Vera Lúcia Banys

UNIFENAS

Prof. Juan Ramon Olalquiaga Perez

UFLA

Prof. Roberto Maciel Cardoso

UFLA

Prof. Paulo César de Aguiar Paiva

UFLA

(Orientador)

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL**

**DEDICO E OFEREÇO ESSE MOMENTO DA  
MINHA VIDA**

*Em especial aos meus pais SYLVIO DOS SANTOS e  
MARIA LÚCIA DOS SANTOS, aos meus irmãos e  
adorados sobrinhos pelo carinho, apoio e  
compreensão*

*O tempo é mestre. Faz doer e acalma.  
Ensina e aprende. Aprende e conduz.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar este curso.

Em especial ao professor Paulo César de Aguiar Paiva, por ter sido professor, amigo, colega; pela orientação e ensinamentos transmitidos.

A professora Vera Lúcia Banys pela amizade e incansável vontade em contribuir durante todo curso.

Aos professores Juan Ramón Olalquiaga Pérez e Roberto Maciel Cardoso pelas sugestões, ensinamento e colaboração.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

A Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS) por permitir parte da condução do experimento.

A Companhia Industrial Jauense pelo fornecimento do resíduo de lixadeira do algodão.

Aos alunos de graduação Lílian Naomi, João Irineu, Sandro Guedes, Valério Mendes Rezende, pela grande ajuda na condução dos experimentos e nas análises laboratoriais.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa Animal Eliana dos Santos, Suelba Ferreira, Márcio Nogueira e José Virgílio; aos funcionários Carlos Henrique Souza, Pedro Adão Pereira da Secretaria de Pós-graduação; a Keila Cristina da Secretaria do Departamento de Zootecnia; pela prontidão e disposição em todas as horas.

A todos os funcionários de campo do Departamento de Zootecnia, especialmente José Geraldo pela presteza e colaboração na condução do experimento.

As amigas Paula Perez Ribeiro, Kamilla Ribas Soares e Bhrama Santos Ribeiro; pelo eterno companheirismo e principalmente amizade durante todos esses anos.

A amiga Ana Luisa pela amizade, **paciência**, cumplicidade e disposição para ajudar em todos os momentos.

As amigas Patrícia Castelo Branco e Juliana Miacci Vidal pela longa caminhada e apoio.

Aos colegas Edgar Saenz, Danilo Lozando, Euclides Oliveira e Jocélio Araújo pelo companheirismo, convivência e ensinamentos.

Aos demais colegas do curso de Pós-Graduação.

A minha família pelo apoio incondicional.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, por permitir minha existência, proporcionar sabedoria e força.

**MUITO OBRIGADA !!**

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Caracterização e utilização do resíduo de lixadeira.....	3
2.2 Fatores limitantes.....	5
2.3 Tratamentos para elevar o valor nutritivo.....	6
2.3.1 Tratamentos físicos.....	7
2.3.1.1 Tratamento com pressão e vapor.....	8
2.3.2 Tratamentos químicos.....	9
2.3.2.1 Tratamento com hidróxido de sódio (NaOH).....	10
2.3.2.2 Tratamento com amonização.....	11
2.4. Tratamentos combinados.....	14
2.5. Degradabilidade <i>in situ</i> .....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Local e animais.....	18
3.2. Tratamentos.....	18
3.3. Aplicação dos tratamentos.....	18
3.4. Descrição da técnica <i>in situ</i> .....	19
3.5. Estimativa da degradabilidade ruminal.....	20
3.6. Análises estatísticas.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Composição química.....	24

4.1.1.	Proteína Bruta.....	24
4.1.2.	Fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose.....	25
4.2.	Cinética ruminal da matéria seca.....	26
4.3.	Cinética ruminal da fibra em detergente neutro.....	31
5.	CONCLUSÕES.....	34
6.	SUGESTÕES.....	35
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
	ANEXOS.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS

a	Fração solúvel do nutriente
AFRC	Agricultural and Food Research Council
b	Fração insolúvel, mas potencialmente degradável
c	Taxa de degradação da fração insolúvel (%/h)
DE	Degradabilidade efetiva
DEFDN	Degradabilidade estimada da fibra em detergente neutro
DEMS	Degradabilidade estimada da matéria seca
DP	Degradabilidade potencial
e	Base dos logaritmos neperianos (2,718)
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
GL	Grau de liberdade
k	Taxa de passagem da digesta ao duodeno (%h)
MS	Matéria seca
NaOH	Hidróxido de sódio
ND	Fração não degradável do nutriente
$P > 0,05$	Probabilidade não significativa a 5 %
$P < 0,05$	Probabilidade significativa a 5 %
PB	Proteína bruta
PV	Pressão e vapor ( $127^0$ C/35 min – 1,5 kgf/cm <sup>2</sup> )
QM	Quadrado médio
$R^2$	Coefficiente de determinação
SQ	Soma dos quadrados
t	Tempo de incubação
Y	Degradabilidade estimada do componente nutritivo após tempo “t”
U	Uréia

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1.	Análise bromatológica do resíduo de lixadeira em percentagem na matéria seca.....	3
2.	Degradabilidade ruminal dos resíduos de algodão da indústria têxtil.....	4
3.	Composição do resíduo de lixadeira do algodão <i>in natura</i> e efeito dos tratamentos no percentual dos nutrientes do resíduo de lixadeira, em base de matéria seca.....	24
4.	Valores médios para os coeficientes de degradação (a), (b) e (c), degradabilidades potencial e efetiva da matéria seca e coeficiente de determinação do resíduo de lixadeira.....	27
5.	Valores médios para os coeficientes de degradação (a), (b) e (c), degradabilidades potencial e efetiva da fibra em detergente neutro e coeficiente de determinação do resíduo de lixadeira.....	32

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.	Hidrólise da uréia.....	11
2.	Degradabilidade estimada da matéria seca dos tratamentos para cada tempo de incubação.....	30
3.	Degradabilidade estimada da fibra em detergente neutro dos tratamentos para cada tempo de incubação.....	33

## RESUMO

SANTOS, J. **Alterações no resíduo de lixadeira do algodão submetido a diferentes tratamentos físicos e químicos**. 2003. 51 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG\*.

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e no Laboratório de Alimentos da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), com o objetivo de avaliar o valor nutritivo do resíduo de lixadeira pela composição bromatológica (PB, FDN, FDA e hemicelulose) e pela degradabilidade da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN). Os tratamentos foram: T1 – *in natura* (IN), T2 – ação de pressão e vapor (127<sup>o</sup>C/35 min atingindo 1,5kgf/cm<sup>2</sup>) (PV); T3 – 4 % de hidróxido de sódio (NaOH, por 24 horas); T4 – 3 % de uréia (U, por 28 dias); T5 – 4 % de hidróxido de sódio mais 3 % de uréia (NaOH/U); T6 – ação de pressão e vapor mais 4 % de hidróxido de sódio (PV/NaOH); T7 – ação de pressão e vapor mais 3 % de uréia (PV/U). Para avaliar a composição química do resíduo, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 4 repetições. No experimento de degradabilidade ruminal foram utilizadas três vacas da raça Jersey, providas de cânula ruminal de látex e nove tempos de incubação (0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas). As variáveis obtidas foram submetidas à análise estatística pelo pacote computacional SAEG. Os resultados referentes à composição química permitiram concluir que os tratamentos associados foram mais eficientes em aumentar o valor nutritivo do resíduo, sendo que o tratamento NaOH/U apresentou os melhores resultados para PB, FDN e FDA. Não houve efeito dos tratamentos sobre a hemicelulose. No experimento de degradabilidade os maiores valores para a degradabilidade efetiva da MS foram verificados para o resíduo tratado com PV, U, NaOH/U, PV/NaOH e PV/U, que também apresentaram maior fração solúvel e menor fração insolúvel potencialmente degradável (b). Os maiores valores de degradabilidade efetiva da FDN foram verificados para o resíduo tratado com U, PV/NaOH e PV/U, que também apresentaram maior fração solúvel. Concluiu-se que o resíduo de lixadeira *in natura* constitui-se em alimento rico em constituintes de parede celular porém, de baixa degradabilidade. A associação de PV, NaOH e U, permitiu melhorar a degradabilidade e a composição química do resíduo.

---

Comitê de Orientação: Paulo César de Aguiar Paiva – UFLA (Orientador), Vera Lúcia Banys – UNIFENAS, Juan Ramón Olalquiaga Pérez – UFLA e Roberto Maciel Cardoso – UFLA.

## ABSTRACT

SANTOS, J. **Chemical composition and ruminal degradability of the cotton textile mill waste submitted to physical and chemical treatments.** 2003. 51 p. Dissertation (Master in Animal Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG\* .

The experiment was carried out at the Department of Animal Science of the Universidade Federal de Lavras and at the Food Laboratory of the Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS) with objective to evaluate the chemical composition (CP, NDF, ADF and hemicellulose) and ruminal degradability of dry matter and neutral detergent fiber. The treatments were: T1 – *in natura* residue (IN); T2 – residue submitted to the pressure and steam ( $127^{\circ}\text{C}/1,5\text{kgf}/\text{cm}^2/35\text{ min}$ ; PS); T3 – 4 % hydroxide sodium treated residue (for 24 hours, NaOH); T4 – 3 % urea treated residue (for 28 days, U); T5 – 4 % NaOH + 3 % urea treated residue (NaOH/U); T6 – pressure and steam + 4 % NaOH treated residue (PS/NaOH); T7 – pressure and steam + 3 % urea treated residue (PS/U). The results showed that the associated treatments (NaOH/U, PS/NaOH, PS/U) were more efficient to increase the nutritive value of the residue. No effects were observed in hemicellulose. The treatments PS, U, NaOH/U, PS/NaOH and PS/U showed greater soluble fraction (a) and less insoluble potential degradable fraction (b). Better values for effective degradability of NDF were verified for residues treated with U, PS/NaOH and PS/U. It can be concluded that the association of chemical and physical treatments were efficient to improve the chemical composition and ruminal degradability of the cotton textile mill waste.

---

Guidance Committee: Paulo César de Aguiar Paiva – UFLA (Adviser), Vera Lúcia Banys – UNIFENAS, Juan Ramón Olalquiaga Pérez – UFLA and Roberto Maciel Cardoso – UFLA.

## 1. INTRODUÇÃO

É crescente a preocupação de indústrias e produtores em evitar e/ou minimizar danos ambientais causados pela produção de resíduos culturais e industriais.

Os subprodutos agroindustriais e culturais podem ser considerados alternativas para a alimentação de animais, sendo que os ruminantes, pelas características do seu aparelho digestivo, são os mais aptos a utilizarem tais produtos.

Apesar da alta disponibilidade, os resíduos da agroindústria e da agricultura apresentam baixo valor nutricional, que pode ser aumentado utilizando processos químicos, físicos ou biológicos (Nascimento, 1997).

Entre os vários subprodutos existentes citam-se os resíduos do algodão, que são aproveitados devido ao seu valor biológico na suplementação do rebanho na forma de farelo, caroço, casca de algodão e os resíduos da indústria têxtil, os menos utilizados.

O resíduo de lixadeira, resultante do beneficiamento têxtil do algodão, é um alimento rico em constituintes de parede celular, tem baixa digestibilidade e é pobre em proteínas e minerais. Representa sério problema para a indústria têxtil devido ao grande excedente acumulado no pátio das indústrias e pelo fato de ser altamente poluidor do meio ambiente devido à baixa taxa de decomposição no meio.

Tendo em vista as limitações citadas, e para que seja viável sua utilização na alimentação dos ruminantes, esse resíduo deve ser submetido a tratamentos prévios que promovam a melhoria do seu valor nutritivo para que possa ser utilizado na alimentação de ruminantes.

Objetivou-se avaliar o valor nutritivo do resíduo do beneficiamento têxtil do algodão, na forma de resíduo de lixadeira, tratado com pressão e vapor

e/ou hidróxido de sódio e/ou uréia, pela composição bromatológica e a degradabilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Caracterização e utilização do resíduo de lixadeira

A cultura do algodoeiro no Brasil teve início com os primeiros colonos portugueses. Atualmente, a cultura ocupa 887,5 mil hectares (Agriannual, 2002), concentrando-se na região Centro – Oeste, com 65 % da produção nacional. Os principais estados produtores são o Paraná, São Paulo, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. O principal destino do algodão é a indústria de fibra e óleo.

Resultante do beneficiamento têxtil do algodão antes do processo de tingimento do tecido, o resíduo de lixadeira é um alimento rico em constituintes de parede celular, porém de baixa digestibilidade e pobre em proteínas e minerais (Tabela 1). Constitui em sério problema para a indústria têxtil devido ao grande excedente acumulado no pátio das indústrias e pelo fato de ser altamente poluidor do meio ambiente devido à baixa taxa de decomposição no meio.

Tabela 1. Análise bromatológica do resíduo de lixadeira em percentagem na matéria seca.

<b>Nutriente</b>	<b>%</b>
Matéria seca (MS)	91,76
Proteína bruta (PB)	1,22
Fibra em detergente neutro (FDN)	94,40
Fibra em detergente ácido (FDA)	91,34
Celulose	89,59
Hemicelulose	3,06
Lignina	1,77
Cinzas	0,0
Sílica	0,0

Fonte: Laboratório de Pesquisa Animal (UFLA, 2001).

Por apresentarem alto conteúdo de celulose, os resíduos de algodão tornaram-se alimento em potencial para ruminantes (Ben-Ghedalia et al. 1983). Apesar da grande disponibilidade desses resíduos, que segundo Luginbuhl et al (1994), na Carolina do Norte é de 70.000 toneladas anuais, trabalhos com o objetivo de explorar o uso na alimentação de ruminantes são escassos. Alguns autores já realizaram experimentos, chegando a resultados satisfatórios que justificam seu uso na alimentação animal.

Banys et al. (1999), ao estudarem os resíduos de algodão cottonea, batedor, batedor 2, borra, willow e lixadeira, obtiveram os resultados de degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE), fração não degradável (ND), fração solúvel (a), fração insolúvel potencialmente degradável (b) e taxa de degradação (c), expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Degradabilidade ruminal dos resíduos de algodão da indústria têxtil.

Resíduo Têxtil	DP %	DE %	ND %	a %	b %	c (%/h)
Matéria Seca						
Cottonea	99,2	38,0	0,8	19,8	79,3	1
Batedor	98,7	42,9	1,3	23,4	75,3	2
Batedor 2	89,1	49,5	10,9	28,1	61,0	3
Borra	99,4	43,8	0,6	25,0	74,3	2
Willow	99,1	41,3	0,8	25,8	73,3	1
Lixadeira	99,8	39,5	0,2	13,4	86,4	2
Proteína Bruta						
Cottonea	73,3	32,5	26,7	8,5	64,8	3
Batedor	97,1	27,7	29,1	8,0	89,1	1
Batedor 2	74,6	49,2	25,4	16,6	59,0	6
Borra	77,2	42,9	22,8	15,2	62,0	4
Willow	73,0	42,7	27,1	16,8	56,1	4
Lixadeira	80,5	59,3	19,5	19,6	61,0	9

Fonte: adaptado de Banys et al. (1999).

Observa-se que os resíduos possuem alto potencial de degradabilidade devido à fração b, porém baixa degradabilidade efetiva.

Conner & Richardson (1987), ao estudarem o resíduo do algodão *Cotton Gin Trash (CGT)* que é o resíduo que fica aderido à semente após a separação, por máquina, do algodão cru da semente, associaram o grande volume produzido à baixa taxa de decomposição no solo e à baixa taxa de inclusão em dietas de animais e viram a necessidade de maiores estudos viabilizando sua utilização.

Poore (2001), adicionando 20 % do resíduo de lixadeira da indústria têxtil de algodão em dietas de novilhas em crescimento, encontrou resultados de desempenhos similares aos obtidos com silagem de sorgo.

## **2.2. Fatores limitantes**

Em revisões feitas por Rabelo (2002) sobre a degradação da forragem no rúmen, o autor cita que as células das plantas são delimitadas por invólucro visível chamado de parede celular, cujo principal componente é a celulose.

A celulose, polímero de D-glicoses unidas por ligações  $\beta$ , 1-4 não quebradas por animais superiores, presente sob a forma de uma malha estrutural denominada microfibrilas, é um dos compostos mais abundantes no reino vegetal, fornecendo energia aos ruminantes (Conner & Richardson, 1987).

A resistência da parede celular à degradação microbiana não está somente relacionada à concentração de agentes inibidores da digestão, detectados quimicamente, mas também à forma e distribuição das microfibrilas, que resultam em diferentes taxas de digestão e disponibilidade de energia com o tempo de fermentação (Rabelo, 2002; Van Soest, 1994).

Segundo Mello Júnior (1987), a celulose pode apresentar-se sob duas formas estruturais, cristalina e amorfa. A celulose na forma cristalina está altamente organizada, formando microfibrilas presentes nas diferentes camadas

da parede celular e, por esse motivo, está menos acessível a agentes químicos e enzimáticos, dificultando sua digestão e conseqüente aproveitamento de energia. A forma amorfa, menos organizada, está presente na matriz da parede celular.

Kleman-Leyer et al. (1996) observaram que “forças de Van der Waals e pontes de hidrogênio interagem dentro e entre as moléculas de celulose originando uma molécula estruturalmente complexa, resultando em feixes conhecidos por microfibrilas e requerendo dos microrganismos que a digerem, um conjunto de enzimas altamente especializadas para converter a celulose em oligômeros solúveis e, finalmente, em glicose”.

A celulose cristalina, segundo Akin (1986), é considerada como fator limitante para a quebra da cadeia em glicose. Segundo o mesmo autor, a celulose da forragem livre de outros componentes, como celulose pura, é completamente degradada pela população microbiana ruminal. Entretanto, os ruminantes não conseguem hidrolisar eficientemente materiais celulósicos presentes nos subprodutos agroindustriais devido à cristalinidade da celulose (Al-Masri e Guenther, 1999).

De acordo com relatos de Almeida (2000), a fibra de algodão é caracterizada pela alta organização estrutural, ou seja, elevado índice de cristalinidade, o que lhe confere alta resistência à degradação por agentes biológicos e químicos.

### **2.3. Tratamentos para elevar o valor nutritivo**

Há grande disponibilidade de subprodutos agroindustriais no Brasil. Estima-se que cerca de 130 milhões de toneladas de resíduos poderiam ser utilizados para fins de alimentação animal (Marques Neto e Ferreira, 1984). Geralmente os resíduos culturais apresentam valores elevados de parede celular composta, principalmente de hemicelulose, celulose, lignina e sílica. Esses

valores, associados aos baixos teores de proteína bruta e minerais, caracterizam a baixa qualidade nutritiva, limitando a digestibilidade e até mesmo o consumo voluntário desses alimentos pelos animais. Dessa forma, sugere-se submetê-los ao tratamento prévio antes da utilização como fonte alimentar para os ruminantes.

Vários métodos têm sido testados visando melhorar o aproveitamento de volumosos de baixa qualidade, tais como os tratamentos químicos, físicos ou biológicos, suplementação ou combinação de dois ou mais tratamentos (Rosa e Fadel, 2001).

### **2.3.1. Tratamentos físicos**

Dentre os tratamentos físicos citam-se o mecânico, térmico ou ação do vapor, elevação da pressão e irradiação. O tratamento mecânico, tal como a moagem e a fragmentação, não melhora a digestibilidade, mas aumenta a ingestão diária, e o tratamento pelo vapor pode aumentar a digestibilidade (Marques Neto e Ferreira, 1984).

A moagem determina o aumento da ingestão pelo aumento da densidade do material e menor tempo de mastigação. Ao mesmo tempo, a velocidade de trânsito no trato digestivo aumenta e a digestibilidade é reduzida. Na digestibilidade *in vitro*, a taxa e a extensão de digestibilidade aumentam. Os elevados custos de equipamento, operacionalidade e os riscos envolvidos durante a irradiação tornam esse tratamento inviável (D'arce et al. 1985).

Comparando irradiação, moagem e aquecimento sob pressão e vapor, os melhores resultados, considerando os custos e a melhora da qualidade do material tratado, foram obtidos com o tratamento sob pressão e vapor (Nussio e Balsalobre, 1993).

### **2.3.1.1. Tratamento com pressão e vapor**

Por ser um processo simples, o aquecimento sob pressão e vapor tem despertado bastante atenção dos pesquisadores. Vários trabalhos têm sido realizados no sentido de melhorar o aproveitamento dos volumosos de baixa qualidade com esse tratamento físico (Mello Júnior, 1987).

A qualidade do produto tratado depende do tempo, da pressão e da temperatura durante o processamento e, normalmente, observa-se perda de 10 a 15 % de matéria seca (D'arce et al. 1985).

Existem três variáveis que devem ser manipuladas: pressão, temperatura e tempo de tratamento. Segundo Mello Júnior (1987) o princípio desse tratamento consiste em submeter o material lignocelulósico a elevadas pressões e temperaturas, durante determinado período de tempo, seguidas de rápida descompressão.

Machado, citado por Mello Júnior (1987), descreve duas etapas que ocorrem durante o processamento de pressão e vapor. A primeira etapa ou aumento da pressão determina a elevação da digestibilidade. A hemicelulose é solubilizada pelo rompimento das ligações do tipo éster com a lignina, proporcionando meio ácido, que promove a hidrólise da hemicelulose, resultando no rompimento da parede celular. A segunda etapa ou “descompressão rápida” promove abertura dos fragmentos pela vaporização da água contida no material, que rompe e afrouxa a estrutura fibrosa da parede celular.

O tratamento com pressão e vapor é o método mais utilizado para elevar o valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar (Manzano et al. 2000). O efeito mais notável na composição química do bagaço tratado com pressão e vapor é a redução dos componentes da fração fibrosa (Mello Júnior, 1987).

Lima e Zanetti (1996), estudando a utilização do bagaço hidrolisado como alimento volumoso para bovinos confinados, concluíram que o bagaço tratado sob pressão e vapor mais 2 % de aditivos tamponantes pode ser usado em até 50 % como fonte de volumoso único.

Pela a aplicação de pressão e vapor no bagaço de cana-de-açúcar, em revisão feita por Liu et al. (1999), cerca de 60 % da fração de hemicelulose foi hidrolisada e a susceptibilidade da celulose ao ataque enzimático foi aumentada. Almeida (2000), avaliando os constituintes da parede celular do resíduo de lixadeira sem tratamento e tratado com pressão e vapor (130°C/35 minutos atingindo 3 Kgf/cm<sup>3</sup>), não encontrou diferenças nas frações de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e hemicelulose.

### **2.3.2. Tratamentos químicos**

Segundo Bose e Martins Filho (1984) os tratamentos químicos consistem em utilizar substâncias capazes de dissolver os componentes da forragem mais resistentes à digestão ruminal. Além de existirem vários compostos químicos, estes devem apresentar determinadas características para que seu uso possa ser recomendado em larga escala. O composto deve promover o aumento efetivo na digestibilidade e/ou o consumo do material, e o custo do tratamento em relação ao aumento do valor nutritivo deve ser viável e, principalmente, o resíduo químico no material tratado não pode ser tóxico ao animal e as fezes e a urina não devem ser fonte de poluição dos solos e cursos d'água. O composto químico deve ser nutriente exigido pelo animal ou possuir valor fertilizante (D'arce, et al., 1985).

Diante desses requisitos, são poucos os componentes químicos que podem ser utilizados em escala industrial ou mesmo por produtores, os quais, talvez, possam ser resumidos ao hidróxido de sódio, amônia e uréia.

#### **2.3.2.1. Tratamento com hidróxido de sódio (NaOH)**

Um dos produtos mais eficientes no tratamento químico de volumosos é o hidróxido de sódio (Schmidt, 2002). Em revisões feitas por Al-Masri e Guenther (1999), o tratamento químico com hidróxido de sódio tem sido utilizado para quebrar o composto lignocelulósico das forragens e aumentar proporcionalmente seus componentes nutritivos.

Segundo D'arce et al. (1985) e Burgi, citado por Nussio e Balsalobre (1993), os níveis de hidróxido de sódio recomendados variam de 3 a 6 % na matéria seca e o nível de umidade do material antes do tratamento deve estar entre 17 e 20 %.

Marques Neto e Ferreira (1984) registraram relatos de outros autores que obtiveram aumentos de 30 % na digestibilidade de resíduos culturais tratados com hidróxido de sódio.

Quando a celulose cristalina é tratada com hidróxido de sódio, as microfibrilas dilatam-se, ocasionando desorganização em sua estrutura e originando mais celulose amorfa pela amorfogênese, o que aumenta a susceptibilidade às enzimas e à fermentação (Correia, 1980; Church, 1988).

Almeida (2000), avaliando os constituintes da parede celular do resíduo de lixadeira sem tratamento e tratado com 4 % de hidróxido de sódio, verificou redução nas concentrações de fibra em detergente neutro de 94,4 para 86,0 %, fibra em detergente ácido de 91,3 para 84,3 %, celulose de 89,5 para 82,5 % e hemicelulose 3,0 para 1,7 %, respectivamente. Quanto à degradação efetiva da

matéria seca (MS) do resíduo de lixadeira, o tratamento com hidróxido de sódio propiciou aumento de 72,6 para 74,4% em relação ao sem tratamento.

### 2.3.2.2. Tratamento de amonização

Existem relatos de que a amonização de volumosos de baixa qualidade promove o aumento das degradabilidades da matéria seca e dos constituintes da parede celular (Pires, 2000). O processo de amonização de volumosos de baixa qualidade pode ter custo reduzido com a utilização de uréia. Durante a hidrólise da uréia e da enzima urease, obtém-se a  $\text{NH}_3$  (Figura 1) (Dolberg, 1992). Segundo D'arce et al. (1985), a utilização da uréia é método menos perigoso e menos oneroso para as condições brasileiras, comparado ao tratamento com amônia.

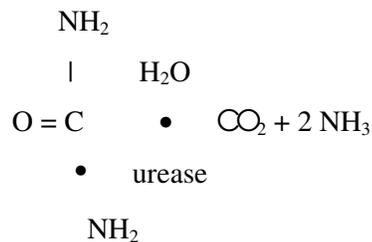


Figura 1. Esquema da hidrólise da uréia (Fonte: Dolberg, 1992).

O sucesso do tratamento com amônia, segundo Pires (2000), envolve inúmeros fatores e, principalmente a umidade, as características químicas do volumoso, o período de tratamento e a temperatura ambiente.

A eficiência do tratamento com amônia é menor quando comparada com o NaOH. Apesar dos efeitos benéficos do uso em concentrações entre 5,5 e 7 %,

os níveis econômicos parecem estar entre 2,5 e 3 % de amônia, na matéria seca (D'arce et al., 1985).

O efeito da amônia sobre a parede celular das forrageiras pode ser explicado por duas teorias. A primeira, denominada “amoniólise” é baseada na reação entre a amônia e um éster, produzindo amida. As ligações ésteres entre a amônia e a lignina com grupos de carboidratos são rompidas, com a conseqüente formação da amida. A segunda teoria baseia-se na característica da amônia em apresentar alta afinidade com a água, resultando na formação de hidróxido de amônia (NH<sub>4</sub>OH) durante o tratamento de material úmido com esse composto, quando ocorre a hidrólise alcalina resultante da reação do hidróxido com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais (Pires, 2000).

Para obter maior eficiência do tratamento com a uréia, o volumoso deve apresentar teor de umidade entre 28 e 30 %, e a uréia deve ser aplicada em doses de 4 - 8 % da matéria seca do volumoso (Dolberg, 1992; Nascimento et al., 1997). Palhadas de arroz submetidas ao tratamento com doses de 0, 3 e 4 % de uréia na base de MS apresentaram valores de degradabilidade da matéria orgânica de 58,1 % para a testemunha, sem tratamento e, 66,4 e 67,2 % para as dose de 3 e 4 % de uréia, respectivamente (Rahal et al., 1997).

Guzmán et al. (1996) relataram que a maioria dos trabalhos que utilizaram tratamentos com amônia têm mostrado elevação do teor de proteína, em função do nitrogênio adicionado na forma de nitrogênio não protéico. Não são conhecidos casos de intoxicação de animais alimentados com forragens amonizadas devido à perda de nitrogênio por volatilização durante o processamento do material, à abertura dos silos ou medas e à lenta ingestão pelos animais.

De acordo com Minson, citado por Almeida (2000), palhadas tratadas com amônia ou uréia tiveram digestibilidade da matéria seca aumentada, causada tanto pelas modificações estruturais como pelo aumento do conteúdo de

nitrogênio. A inclusão da uréia na casca de algodão pode ser fonte prontamente disponível de nitrogênio para os microrganismos celulolíticos ruminais, prevenindo a queda na digestão das fibras e, sugerindo que quantidades limitadas de uréia são efetivas na manutenção da atividade dos microrganismos celulolíticos, aumentando a digestibilidade do material tratado (Bernard et al, 1999).

Cândido et al. (1999), tratando o bagaço de cana-de-açúcar com 8 % de uréia, na base da MS, observaram valores de 1,2 % de PB para o controle e 18,0 % de PB para o tratado. O efeito da amonização sobre os constituintes da parede celular tem mostrado algumas contradições. A fração da FDN, normalmente diminui em razão da solubilização parcial da hemicelulose. Entretanto, algumas vezes esses efeitos não são relatados (Fahmy e Klopfenstein, 1994).

Almeida (2000), avaliando os constituintes da parede celular do resíduo de lixadeira sem tratamento e tratado com 3 % de uréia, verificou valores para fibra em detergente ácido de 91,3 e 92,0 %, para fibra em detergente neutro de 94,4 e 93,7 %, para celulose de 89,5 e 88,6 % e para hemicelulose 3,0 e 1,6 %, respectivamente.

Fischer et al. (1996), estudando doses de 0 e 4 % de uréia na base da MS no tratamento da palhada de arroz armazenada por 95 dias, verificaram redução na fração de FDN de 77,8 para 75,2 %. A dose de 4 % de uréia é equivalente a 2,1 % de amônia anidra e esse valor é baixo quando se pretende melhorar o valor nutritivo de forragens de baixa qualidade.

Madrid et al. (1997), avaliando os constituintes da parede celular da palhada de cevada sem tratamento, tratada com 4 % de uréia e 4 % de uréia mais 1 % de hidróxido de sódio armazenadas por 30 dias, encontraram redução da fração de FDN (82,7; 79,7; e 78,9 %), constância para FDA (52; 51,5; e 50 %) e redução na lignina (9,0; 7,5; e 6,9 %), respectivamente.

Goto e Yokoe (1996), estudando o efeito da celulose cristalina e a retenção de água na palha de cevada submetida ao tratamento com 3 % de amônia anidra na base de MS, relataram que a amonização produz dois efeitos que resultam no aumento da degradabilidade do material tratado. O primeiro está relacionado ao poder do álcali de quebrar as ligações éster interpolímeros, resultando em afrouxamento na estrutura da parede celular, que é observado pelo maior grau de hidratação da parede. O segundo é referente à habilidade da amônia em formar complexo com a celulose, reduzindo a cristalinidade. Embora essa redução da cristalinidade tenha influenciado a taxa da digestão enzimática, o efeito mais importante é a fragilidade da estrutura. A fragmentação mais rápida do material ingerido pode elevar a superfície específica disponível para os microrganismos do rúmen, aumentando a taxa de passagem da palha tratada através do trato digestivo.

#### **2.4. Tratamentos combinados**

A combinação do tratamento químico com físico traz como vantagem a possibilidade de reduzir o nível de pressão e temperatura, podendo reduzir a produção de substâncias potencialmente tóxicas formadas durante o processo (Manzano et al., 2000).

Segundo Hart et al. (1981), o uso concomitante de 4 % de NaOH no bagaço de cana tratado sob pressão e vapor elevou a digestibilidade *in vitro*, quando comparada ao material que sofreu apenas o tratamento físico, de 41,1 para 46,8 %; de 35,1 para 47,3 %; e de 35,1 para 44,8 %, respectivamente para as pressões 28,1; 35,2 e 42,2 kgf/cm<sup>2</sup> por 1,5 minutos.

A adição de álcali ao resíduo, aliada ao tratamento mecânico, melhora a digestibilidade e, conseqüentemente, a qualidade do material (D'arce, Boin e Mattos, 1985).

Almeida (2000), verificou que os tratamentos com pressão e vapor (130<sup>0</sup>C/35 min atingindo 3,0 kgf/cm<sup>2</sup>), hidróxido de sódio (4 % de NaOH em relação a MS) e uréia (3 % de uréia em relação a MS), utilizados individualmente, não foram eficientes em alterar a degradabilidade do resíduo de lixadeira, sugerindo a necessidade de avaliação de outros tratamentos físicos, químicos ou biológicos e suas combinações.

Os tratamentos álcalis combinados podem remover algumas ligações ésteres, proporcionando maior degradabilidade da matéria seca do resíduo. De acordo com Pires (2000), o aumento na digestibilidade em materiais fibrosos, por meio do tratamento com uréia, está relacionado ao acréscimo do teor de nitrogênio e à sua capacidade de romper ligações ésteres entre constituintes da parede celular.

## **2.5. Degradabilidade *in situ***

A técnica *in situ* para estimar a degradabilidade no rúmen não é nova, foi descrita primeiro por Quin, Van Der Wath e Myburg, em 1938 para estudar a degradação de alimentos no rúmen de ovinos fistulados. Esta técnica é idêntica à técnica *in sacco*, também chamada técnica de nylon-bag (Orskov, 2000). Segundo Santos (2001), a técnica *in situ*, por apresentar metodologia simples e rápida, tem sido adotada como método padrão de caracterização da degradabilidade ruminal da proteína do alimento, podendo também ser utilizada para descrever as características de degradação das frações fibrosas; além disso, a técnica *in situ* tem a vantagem de propiciar estimativa rápida e simples da degradação dos nutrientes no rúmen, além de permitir o acompanhamento da degradabilidade ao longo do tempo (Merhrez e Orskov, 1977).

Nocek (1988) alerta para alguns fatores que podem levar a resultados variáveis devido à falta de padronização da metodologia, tais como tamanho da partícula da amostra do alimento, porosidade do náilon e tempos de incubação.

A porosidade do saco deve permitir a entrada normal dos microrganismos ruminais para promoverem a degradação do alimento no saco e limitar a saída da amostra não degradada. Nocek (1988) aconselha porosidade de 40 a 60 µm de diâmetro. Para a degradação microbiana o mesmo autor recomenda partículas de 5 mm para volumosos e 2 mm para concentrados. O ideal seria a obtenção de alimentos pré-mastigados pelo animal, pois os materiais mais grosseiros podem estar associados a menores taxas de digestão e maior variabilidade, enquanto os materiais finamente moídos estão sujeitos a grandes perdas físicas e variabilidade menor.

A variação dos tempos de incubação depende da natureza do alimento a ser incubado. De acordo com as recomendações de Mehrez e Orskov (1977), para alimentos concentrados recomenda-se de 12 a 36 horas, 24 a 60 horas para forragens de alta qualidade e 48 a 72 horas para as forragens de baixa qualidade. Sampaio (1994) estabeleceu, como regra geral, períodos de incubação entre 6 e 96 horas, com três a quatro períodos intercalados. Outros aspectos da técnica sofrem interações naturais e podem influenciar a interpretação dos resultados.

A degradação do componente nutritivo do alimento analisado é obtida pela expressão:

$$D = [(A-B)/A]*100$$

Sendo:

D = desaparecimento ou a degradabilidade do componente nutritivo;

A = porcentagem inicial do componente na amostra;

B = porcentagem final do componente, após a incubação da amostra.

A característica da degradabilidade do alimento é descrita pela fração solúvel (a), a fração insolúvel potencialmente degradável (b) e a fração c, que é a taxa com que a fração b é degradada (Orskov, 2000).

A fração solúvel (a) corresponde à parte solúvel do alimento mais as partículas eliminadas através da malha dos sacos, quando são imersos no líquido ruminal e posteriormente lavados em água corrente. A fração insolúvel potencialmente degradável (b) é aquela dependente do tempo de permanência do alimento no rúmen e a fração (c) é a taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável (b).

A degradabilidade potencial é aquela que seria alcançada pelo alimento se o fator tempo não fosse limite. Toda a matéria com potencial de ser degradada desapareceria do rúmen se o alimento permanecesse lá indefinidamente. A degradabilidade efetiva é aquela que realmente acontece em função da taxa de passagem e degradação.

A popularidade dessa técnica está ligada à sua rápida e fácil execução, à necessidade de pequena quantidade de amostra do alimento e à possibilidade do contato íntimo da amostra com o ambiente ruminal, apesar de não estar sujeita aos fatores como a mastigação, a ruminação e a passagem para o trato digestivo posterior (Orskov, 2000).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local e animais

O experimento foi conduzido no período de junho a dezembro de 2002. A aplicação dos tratamentos foi realizada no Laboratório de Alimentos da Universidade José do Rosário Velano (UNIFENAS), município de Alfenas, Minas Gerais. O experimento de degradabilidade e análise bromatológica do resíduo foi realizado no Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), município de Lavras, Minas Gerais.

#### 3.2. Tratamentos

Utilizou-se, no experimento, o resíduo da tecelagem do algodão, conhecido como 'resíduo de lixadeira', proveniente da Companhia Industrial Jauense, Jaú – São Paulo, cuja composição bromatológica se encontra na Tabela 1.

O resíduo foi submetido aos seguintes tratamentos:

T1 – *in natura* (IN);

T2 – ação de pressão e vapor ( $127^{\circ}\text{C}/35$  min atingindo  $1,5\text{kgf}/\text{cm}^2$ ) (PV);

T3 – 4 % de hidróxido de sódio (NaOH);

T4 – 3 % de uréia (U);

T5 – 4 % de hidróxido de sódio mais 3 % de uréia (NaOH/U);

T6 – ação de pressão e vapor mais 4 % de hidróxido de sódio (PV/NaOH);

T7 – ação de pressão e vapor mais 3 % de uréia (PV/U).

#### 3.3. Aplicação dos tratamentos

Cada tratamento teve quatro repetições com 1 kg de material por repetição, perfazendo 28 parcelas (7 tratamentos x 4 repetições).

Para o tratamento com PV, o resíduo foi colocado em autoclave com temperatura de 127°C por 35 minutos, atingindo a pressão de 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>. Após a autoclavagem, o material foi separado para receber os outros tratamentos.

Para os tratamentos NaOH e U, o material foi espalhado em lona e pulverizado com solução de 4 % de hidróxido de sódio ou 3 % de uréia, base na matéria seca. A diluição das soluções foi feita na relação de 1:1 (V/P em L/kg). O tratamento U foi acondicionado em silos de PVC durante 28 dias e o tratamento com NaOH foi acondicionado em sacos negros de PVC de 100 litros durante 24 horas.

Para o tratamento com NaOH/U, primeiro foi feita a aplicação do hidróxido de sódio, e após 24 horas, a aplicação da uréia e o acondicionamento em silos de PVC por 28 dias.

Para o tratamento PV/NaOH e PV/U, o material, já autoclavado, foi espalhado em lona e pulverizado com solução de 4 % de NaOH ou 3 % de uréia, seguindo a diluição dos tratamentos com apenas NaOH e U.

Decorrido o prazo de ação dos tratamentos, foram tomadas amostras do resíduo para a análise bromatológica. O material foi submetido às análises de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (por diferença entre FDN e FDA) e proteína bruta (PB) de acordo com as técnicas descritas por Silva (1990).

### **3.4. Descrição da técnica *in situ***

Para a determinação da degradabilidade ruminal *in situ* foi utilizada a técnica do saco de náilon segundo Mehrez e Ørskov (1977).

Após o material estar seco e moído, foi feita a homogeneização das repetições e amostras compostas foram retiradas e colocadas em sacos medindo 8 x 6 cm, confeccionados com tecido de náilon, com porosidade média de 50

µm, selados em máquina seladora a quente. Foram confeccionados 3 sacos/tratamento/tempo/animal totalizando 567 sacos.

O peso dos sacos vazios foi obtido após secagem em estufa a 65° C por 24 horas. As amostras foram colocadas nos sacos em quantidade de MS suficiente para manter a relação, proposta por Huntington e Givens (1995), de 25 mg/cm<sup>2</sup>.

Foram utilizadas três vacas da raça Jersey fistuladas, não gestantes, não lactantes, providas de cânula ruminal de látex, e nove tempos de incubação, 0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas.

Os sacos foram colocados em sacolas de nailón telado provida de zíper medindo 20 x 35 cm com de peso de chumbo de aproximadamente 100 g e alojadas na região ventral do rúmen em períodos decrescentes de incubação de forma que, no final de 96 horas, todos os sacos foram retirados simultaneamente. Decorridos os tempos de incubação, os sacos foram lavados em água corrente por 15 minutos e secos em estufa com ventilação forçada de ar a 65° C por 72 horas. Os sacos referentes ao tempo zero utilizados para a obtenção da fração solúvel (fração a) foram introduzidos na massa ruminal e imediatamente retirados, recebendo posteriormente o mesmo tratamento dos demais tempos.

Após a incubação foram realizadas as análises de MS e FDN no resíduo. Os valores de matéria seca foram obtidos por diferença entre as pesagens antes e após a incubação ruminal e expressos em porcentagem. Para a FDN, o desaparecimento foi obtido pela diferença entre o teor obtido nas análises no alimento a ser incubado e no resíduo.

### **3.5. Estimativa da degradabilidade ruminal**

Os coeficientes de degradabilidade (a, b, c) da equação de degradação do resíduo, para os diferentes tempos de incubação, foram obtidos a partir da

regressão não linear pelo método de Gauss-Newton, contido no programa estatístico SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) descrito por Euclides (1997) conforme a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979).

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

em que:

Y = degradabilidade acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo t (%);

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

b = degradabilidade potencial da fração insolúvel, do componente nutritivo analisado;

a + b = degradabilidade potencial (DP) do componente nutritivo quando o tempo “t” não é fator limitante;

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

t = tempo de incubação (0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas).

A degradação efetiva (DE) foi calculada segundo o modelo matemático proposto por Ørskov e McDonald (1979).

$$DE = a + ((b * c) / (c + k))$$

em que:

DE = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado;

k = taxa de passagem em %/h.

Utilizou-se a taxa de passagem de 5 %/hora, de acordo com prescrição do ARC (1984).

Para o desaparecimento em função do tempo de incubação (degradabilidade estimada), foram obtidos os coeficientes das equações os quais, em seguida, foram plotados em gráfico em função dos tempos de incubação.

### 3.6. Análises estatísticas

O efeito dos tratamentos de hidrólise sobre os nutrientes do material, bem como o efeito nos parâmetros de degradabilidade da MS e da FDN foram avaliados pela análise de variância utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições.

O modelo matemático que descreve o efeito dos tratamentos sobre os nutrientes do resíduo é:

$$y_{ij} = \mu + T_i + e_{(ij)}$$

em que:

$y_{ij}$  = concentração do componente da parede celular que recebeu o tratamento i na repetição j;

$\mu$  = constante associada a todas as observações;

$T_i$  = efeito do tratamento i (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7);

$E_{(ij)}$  = erro aleatório associado a cada observação que recebeu o tratamento i na repetição j (j = 1, 2, 3, 4).

Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre a degradabilidade da MS e da FDN do resíduo, o delineamento foi o inteiramente casualizado. O modelo matemático que descreve o efeito da degradabilidade da MS e da FDN é:

$$y_{ij} = \mu + T_i + e_{(ij)}$$

em que:

$y_{ij}$  = coeficiente de degradabilidade do nutriente que recebeu o tratamento  $i$  na repetição  $j$ ;

$\mu$  = média geral do experimento;

$T_i$  = efeito do tratamento  $i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ );

$e_{(ij)}$  = erro associado a cada observação que recebeu o tratamento  $i$  na repetição  $j$ .

Observado o efeito significativo entre os tratamentos na análise de variância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Scott e Knott, contido no programa estatístico SAEG (Euclides, 1983), ao nível de 5 % de probabilidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Composição química

A análise de variância detectou efeito significativo ( $P < 0,01$ ) dos tratamentos sobre a composição química do resíduo (Tabela 3).

Tabela 3. Composição do resíduo de lixadeira do algodão *in natura* e efeito dos tratamentos no percentual dos nutrientes, em base de matéria seca.

Tratamentos	Nutrientes (%) <sup>*</sup>				
	MS	PB	FDN	FDA	HEMI
<i>IN (in natura)</i>	96,50	0,87 <sup>d</sup>	95,17 <sup>a</sup>	91,51 <sup>a</sup>	3,66
PV (pressão e vapor)	97,18	2,18 <sup>c</sup>	93,38 <sup>a</sup>	90,17 <sup>a</sup>	3,21
NaOH (hidróxido de sódio)	96,96	0,73 <sup>d</sup>	92,54 <sup>a</sup>	86,23 <sup>b</sup>	6,31
U (uréia)	97,94	2,56 <sup>c</sup>	92,76 <sup>a</sup>	87,85 <sup>a</sup>	4,90
NaOH/U (NaOH + uréia)	97,01	9,53 <sup>a</sup>	88,99 <sup>b</sup>	82,89 <sup>b</sup>	6,10
PV/NaOH (Pressão e vapor + NaOH)	94,58	2,50 <sup>c</sup>	89,42 <sup>b</sup>	84,32 <sup>b</sup>	5,09
PV/U (Pressão e vapor + uréia)	97,19	6,31 <sup>b</sup>	91,28 <sup>b</sup>	87,91 <sup>a</sup>	3,37
CV (%)	1,063	7,509	2,371	3,036	49,68

\* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

#### 4.1.1. Proteína Bruta (PB)

Observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos sobre os teores de proteína bruta. O tratamento NaOH/U (6,53 %) foi superior aos demais sendo seguido pelo tratamento PV/U (6,31 %). O tratamento U (2,56 %) não

diferiu estatisticamente dos tratamentos PV (2,18 %) e PV/NaOH (2,5 %). O tratamento com NaOH (0,73 %) não foi eficiente ( $P > 0,05$ ) em alterar o percentual de PB em relação ao tratamento *in natura*.

O aumento no teor de PB do resíduo pode ser atribuído ao nitrogênio não-protéico oriundo da amônia liberada como resultado da hidrólise da uréia adicionada. Esse resultado está de acordo com a revisão de Guzmán et al. (1996) que avaliaram tratamentos com amônia e verificaram que a elevação no teor de PB é decorrente do nitrogênio não protéico adicionado sob forma de uréia.

O NaOH é um composto inorgânico e, de acordo com Butterworth (1985), a adição deste álcali resulta na redução não apenas da porcentagem de PB, mas também do conteúdo de matéria orgânica e de energia bruta devido ao efeito de diluição.

#### **4.1.2. Fibra em detergente neutro (FDN), Fibra em detergente ácido (FDA) e Hemicelulose (Hemi)**

As frações da FDN e FDA do resíduo também foram afetadas pelos tratamentos ( $P < 0,05$ ). Os tratamentos associados tiveram maior efeito na redução dos valores percentuais da FDN. Os resultados indicaram que os tratamentos associados (NaOH/U, PV/NaOH, e PV/U) reduziram a fração FDN do resíduo *IN* (91,51 %) em 4 a 6 unidades percentuais.

Embora não tenha diferido estatisticamente ( $P > 0,05$ ) observou-se tendência de superioridade numérica do tratamento NaOH/U em relação aos outros dois tratamentos associados.

Segundo Butterworth (1985) e Mattos (1992), nos vegetais os carboidratos potencialmente digestíveis, como celulose e hemicelulose, se complexam com a lignina. Os tratamentos com álcalis atuam modificando o complexo formado, tornando-o mais solúvel e mais acessível à hidrólise

enzimática. Dessa forma o declínio na concentração de FDN pode ser explicado pela ação desses compostos (Granzin e Dryden, 2003).

No presente trabalho o tratamento com U não alterou a concentração da FDN, comparado ao resíduo *in natura*. Resultados semelhantes foram encontrados por Fischer et al. (1996) com doses de 0 e 4 % de uréia, em base de MS, no tratamento da palhada de arroz armazenada por 95 dias.

Os tratamentos com NaOH/U, PV/NaOH e NaOH alteraram ( $P < 0,05$ ) a concentração da fração FDA em relação aos demais tratamentos. Observou-se que o tratamento com NaOH/U, embora não tenha diferido estatisticamente dos demais tratamentos ( $P > 0,05$ ) apresentou tendência de superioridade numérica em relação aos tratamentos PV/NaOH e NaOH (82,89 %, 84,32 % e 86,23 %, respectivamente).

A ineficiência dos tratamentos com PV e U em reduzir as frações da FDN e FDA pode estar relacionada à baixa pressão utilizada no tratamento PV e à baixa alcalinidade da uréia, como observou Almeida (2000) em experimento semelhante.

Os tratamentos não foram efetivos ( $P > 0,05$ ) em alterar o percentual de hemicelulose do resíduo de lixadeira (Tabela 3).

#### **4.2 – Cinética ruminal da matéria seca**

Os valores médios obtidos para os coeficientes de degradação, degradabilidades potencial e efetiva e coeficiente de determinação podem ser verificados nos dados da Tabela 4.

As frações solúvel “a” e insolúvel potencialmente degradável “b” e a degradabilidade efetiva foram afetadas significativamente pelos tratamentos ( $p < 0,05$ ).

Tabela 4. Valores médios para os coeficientes de degradação “a” (fração solúvel), “b” (fração insolúvel potencialmente degradável) e “c” (taxa de degradação da fração b), degradabilidades potencial e efetiva e coeficiente de determinação da matéria seca do resíduo de lixadeira submetido aos tratamentos físicos e químicos.

Tratamentos	Coeficientes*			Degradabilidade (%)		R <sup>2</sup> (%)
	a (%)	b (%)	c (%/h)	DP	DE*	
<i>In natura</i>	8,04 <sup>d</sup>	90,00 <sup>a</sup>	3,33	98,04	43,87 <sup>b</sup>	95,63
Pressão e vapor	19,63 <sup>b</sup>	78,33 <sup>c</sup>	3,00	97,97	49,01 <sup>a</sup>	93,85
NaOH (hidróxido de sódio)	12,57 <sup>c</sup>	83,33 <sup>b</sup>	3,33	95,90	45,67 <sup>b</sup>	95,83
Uréia	21,47 <sup>b</sup>	76,67 <sup>c</sup>	3,33	98,13	51,95 <sup>a</sup>	93,15
NaOH + uréia	23,32 <sup>a</sup>	75,00 <sup>c</sup>	3,33	98,32	53,18 <sup>a</sup>	92,85
Pressão e vapor + NaOH	23,75 <sup>a</sup>	75,00 <sup>c</sup>	3,00	98,75	51,38 <sup>a</sup>	94,63
Pressão e vapor + uréia	23,72 <sup>a</sup>	75,00 <sup>c</sup>	3,00	98,72	51,85 <sup>a</sup>	94,30
CV (%)	9,66	3,38	18,09	1,59	6,58	1,20

\* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

Nos tratamentos combinados, os valores para a fração “a” foram superiores aos demais (P < 0,05). O valor da fração (a) de 8,04 % para o tratamento IN encontrado neste trabalho foi diferente do encontrado por Banys et al. (1999), de 13,4 %. De acordo com Nocek (1988), pequenas variações podem ser atribuídas à composição do alimento. Porém, grandes diferenças podem estar relacionadas a outras fontes de variação, como a perda de partículas

durante a lavagem dos sacos junto com a fração solúvel, o que explica a diferença entre os valores encontrados nos trabalhos.

Tomando por base a composição química do resíduo IN (Tabela 3), observa-se que os principais responsáveis pela menor fração solúvel são as frações fibrosas, principalmente o maior percentual de FDN e FDA, e o menor percentual de PB.

A fração insolúvel potencialmente degradável ‘b’ dos tratamentos PV, U, NaOH/U, PV/NaOH e PV/U apresentaram efeito significativo ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos.

O tratamento com NaOH não influenciou ( $P < 0,05$ ) no valor da fração insolúvel potencialmente degradável ‘b’ em relação aos demais tratamentos, mas foi eficiente em relação ao *in natura*.

A superioridade dos tratamentos PV, U, NaOH/U, PV/NaOH e PV/U na diminuição da fração insolúvel potencialmente degradável ‘b’ pode estar associada ao teor de proteína bruta. Segundo Van Soest (1994), a elevação no teor de nitrogênio pode modificar o conteúdo e a proporção dos constituintes da parede celular pela ação desagregadora dos álcalis, contribuindo para o aumento na digestibilidade pela diminuição dos teores da FDN e da hemicelulose.

A baixa eficiência do tratamento NaOH sobre a fração ‘b’ também foi relatada por Almeida (2000) devido à quase totalidade desta ser composta, na fibra do resíduo, por celulose com alto grau de cristalinidade, tornando-a resistente ao tratamento. Segundo Van Soest (1994), as regiões cristalinas da celulose apresentam-se menos acessíveis à hidrólise, e por isso, são menos degradáveis por agentes químicos.

Outra explicação para a baixa eficiência do tratamento NaOH poderia estar relacionada ao baixo teor de nitrogênio apresentado pelo resíduo após tratamento. Preston (1995) relatou que a amônia gerada pela hidrólise da uréia atua nas ligações físicas e químicas entre a lignina, a celulose e a hemicelulose

da parede celular. A hidrólise dessas ligações faz com que a celulose e a hemicelulose tornem-se mais acessíveis ao ataque dos microrganismos do rúmen, aumentando, assim, a degradabilidade.

A taxa de degradação da fração potencialmente degradável (c) variou de 3,0 – 3,3 % h, mas não foi afetada pelos tratamentos ( $P > 0,05$ ).

A pequena diferença encontrada na taxa de degradação pode estar relacionada à utilização da pressão e vapor (Tabela 3). Almeida (2000), trabalhando com resíduo de lixadeira tratado com pressão e vapor, também observou diminuição taxa de degradação da fração potencialmente degradável, causada possivelmente pela ocorrência da reação de Maillard, que indisponibilizou parte dessa fração à ação microbiana. De acordo com Van Soest (1994), a reação de Maillard ocorre quando alimentos são aquecidos ou autoclavados em excesso, provocando a complexação da lignina com outros compostos da parede celular, reduzindo a digestibilidade dos mesmos.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para os dados de degradabilidade potencial ( $P > 0,05$ ). No entanto, a análise de variância mostrou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos PV, U, NaOH/U, PV/NaOH e PV/U para a degradabilidade efetiva em relação aos tratamentos IN e NaOH.

O tratamento com NaOH não influenciou ( $P < 0,05$ ) no valor da degradabilidade efetiva em relação aos demais tratamentos.

O aumento na degradabilidade efetiva poder ser atribuído ao efeito dos tratamentos sobre a parede celular do resíduo, principalmente pelo aumento no percentual de PB. Segundo Goto e Yokoe (1996), o tratamento com amônia quebra as ligações éster interpolímeros resultando em afrouxamento na estrutura da parede celular. De acordo com os relatos de Preston (1995), a amônia gerada pela hidrólise da uréia atua nas ligações físicas e químicas entre a lignina, a celulose e a hemicelulose da parede celular. A hidrólise dessas ligações faz com que a celulose e a hemicelulose tornem-se mais acessíveis ao ataque dos

microrganismos do rúmen, aumentando, assim, a degradabilidade. As curvas da degradabilidade estimada da matéria seca dos diferentes tratamentos nos diversos tempos de incubação são apresentadas na Figura 2.

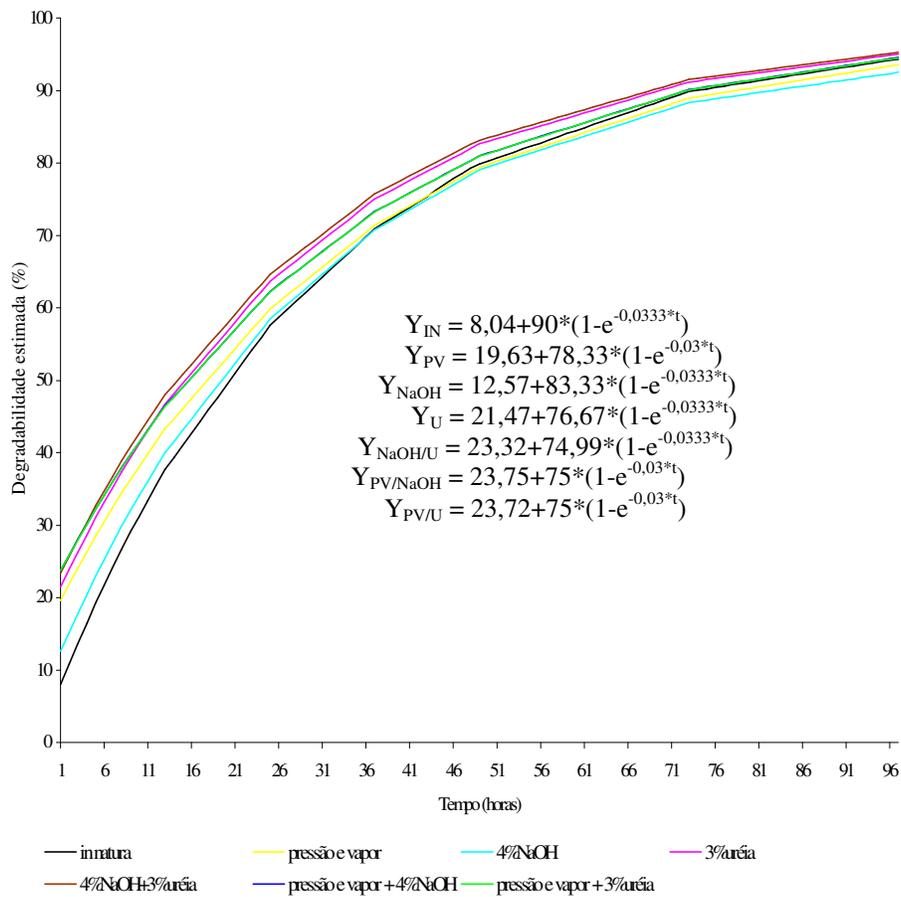


Figura 2. Degradabilidade estimada da matéria seca dos tratamentos para cada tempo de incubação.

O tempo máximo de incubação considerado para estimar a degradabilidade potencial foi de 96 horas. Pelos dados calculados, os tratamentos atingiram, às 96 horas, valores entre 95,5 % e 96,9 %. A matéria seca efetivamente degradada foi atingida por volta das 17 horas de incubação em todos os tratamentos; o tratamento com NaOH/U obteve a maior degradabilidade estimada, 55,9 %.

#### **4.3. Cinética ruminal da fração fibra em detergente neutro (FDN)**

Os valores médios obtidos para os coeficientes de degradação, degradabilidades potencial e efetiva e coeficiente de determinação podem ser verificados nos dados da Tabela 5.

Observou-se efeito significativo ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos para as variáveis fração solúvel (a) e degradabilidade efetiva quanto ao desaparecimento da fração FDN.

A fração solúvel (a) para os tratamentos U (11,38 %), PV/NaOH (12,42 %) e PV/U (10,32 %) não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) e mostraram-se superiores em relação aos demais. Os maiores valores de degradabilidade efetiva foram encontrados para os tratamentos U (23,43 %), PV/NaOH (23,38 %) e PV/U (25,47 %), que foram significativamente superiores aos demais ( $P < 0,05$ ) tratamentos, refletindo o aumento da fração solúvel e a redução, ainda que não significativa, da fração insolúvel.

Tabela 5. Valores médios para os coeficientes de degradação “a” (fração solúvel), “b” (fração insolúvel potencialmente degradável) e “c” (taxa de degradação da fração b), degradabilidades potencial e efetiva e coeficiente de determinação da fibra em detergente neutro do resíduo de lixadeira submetido aos tratamentos físicos e químicos.

Tratamentos	Coeficientes		c (%h)	Degradabilidade (%)		R <sup>2</sup> (%)
	a (%) <sup>*</sup>	b (%) <sup>*</sup>		DP	DE	
<i>In natura</i>	3,98 <sup>b</sup>	93,33	0,9	97,32	17,55 <sup>b</sup>	73,08
Pressão e vapor	6,62 <sup>b</sup>	91,67	0,8	98,28	19,19 <sup>b</sup>	75,10
NaOH (hidróxido de sódio)	5,52 <sup>b</sup>	91,67	0,7	97,19	17,07 <sup>b</sup>	67,96
Uréia	11,38 <sup>a</sup>	68,67	1,3	80,05	23,43 <sup>a</sup>	39,44
NaOH + uréia	6,93 <sup>b</sup>	90,00	0,8	96,93	19,66 <sup>b</sup>	60,97
Pressão e vapor + NaOH	12,42 <sup>a</sup>	85,00	0,8	97,42	23,38 <sup>a</sup>	47,89
Pressão e vapor + uréia	10,32 <sup>a</sup>	88,33	1,0	98,65	25,47 <sup>a</sup>	70,66
CV (%)	28,92	14,44	32,875	12,7	11,26	15,75

<sup>\*</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

A eficiência do tratamento com uréia em aumentar a degradabilidade da FDN confirma relatos da literatura (Mattos, 1992; Pires, 2000) que associam a melhoria da digestibilidade à solubilização parcial da hemicelulose e afrouxamento da parede celular, proporcionando aumento na superfície específica da fibra e, conseqüentemente, na área de agregação dos microrganismos ruminais, aumentando a digestibilidade.

Na Figura 3 são apresentadas as curvas de degradabilidade estimada da FDN para os tratamentos, nos diversos tempos de incubação.

As curvas de degradabilidade estimada da fração FDN até 96 horas de incubação apresentaram comportamento linear, sem tendência à estabilização, sugerindo degradabilidade estimada superior a 96 horas em todos os tratamentos.

Os tratamentos atingiram, às 96, horas valores entre 51,83 % e 75,38 % da degradabilidade potencial. A FDN foi efetivamente degradada em todos os tratamentos por volta de 19 horas de incubação, sendo o tratamento U o que obteve a maior degradabilidade estimada de 26,25 %.

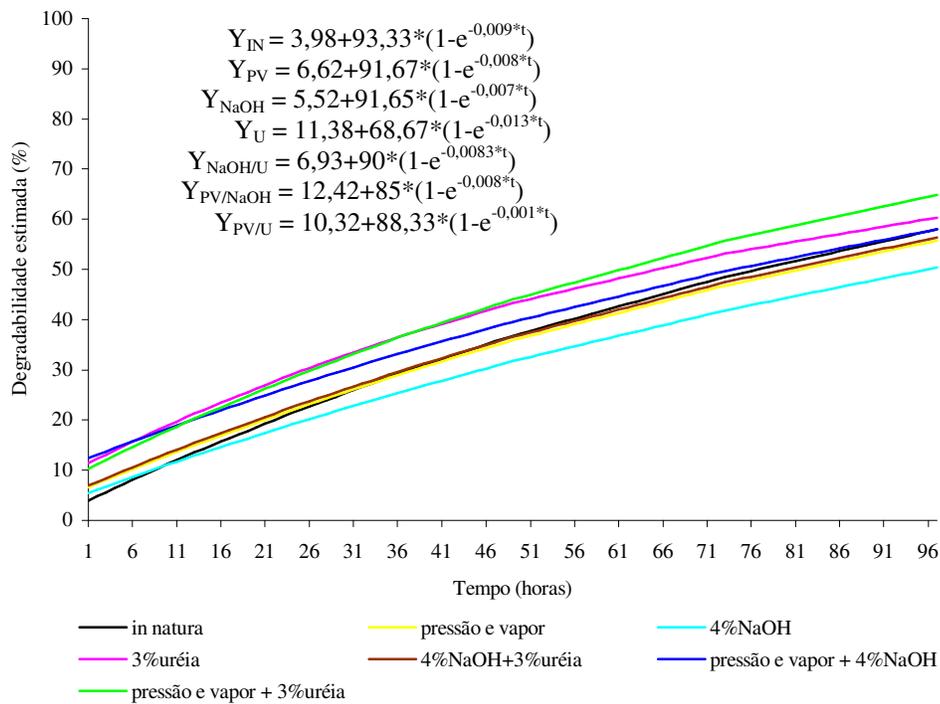


Figura 3. Degradabilidade estimada da fibra em detergente neutro dos tratamentos para cada tempo de incubação.

## 5. CONCLUSÃO

- ♣ Com base nos resultados, os tratamentos associados foram eficientes em melhorar a degradabilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro e o valor nutritivo do resíduo de lixadeira do algodão, sendo que as associações com uréia foram as mais eficientes.
- ♣ A associação de hidróxido de sódio/uréia proporcionou o maior aumento nos teores de PB, FDN, FDA e na degradabilidade efetiva da matéria seca (43,87 % para 53,18 %, em relação ao *in natura*), porém não foi eficiente em elevar a degradabilidade da fibra em detergente neutro.
- ♣ A associação de pressão e vapor/uréia proporcionou a maior elevação na degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro, aumentando de 17,55 % para 25,47 % em relação ao tratamento *in natura*.

## 6. SUGESTÕES

- ♣ Período de incubação com hidróxido de sódio superior a 24 horas;
- ♣ Utilização de um hidrolisador ao invés de autoclave para obter maiores condições de pressão e vapor;
- ♣ Para os tratamentos associados, fazer primeiro a aplicação dos tratamentos (hidróxido de sódio ou uréia) e posterior aplicação da pressão e vapor;
- ♣ Comparação do resíduo de lixadeira do algodão com outros resíduos;
- ♣ Sugerem-se ensaios de produção para avaliação do desempenho de animais alimentados com os resíduos tratados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2002 – Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Editora Agros Comunicação, 2002.

AKIN, D. E. Interaction of ruminal bacteria and fungi with southern forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 3, p. 962-977, Sept. 1986.

AL-MASRI, M. R.; GUENTHER, K. D. Changes in digestibility and cell-wall constituents of some agricultural by-products and urea treatments. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 55, n. 3, p. 323-329, July 1999.

ALMEIDA, O. C. de. **Caracterização e cinética ruminal de resíduos têxtil da fibra de algodão submetido a diferentes tratamentos**. 2000. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BANYS, V. L.; PAIVA, P. C. de A.; REZENDE, C. A. P.; SANTOS, V. B. dos.; SANTOS, R. A. dos. Composição bromatológica e degradabilidade de resíduo da indústria têxtil em bovinos. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1999, Porto Alegre. **Anais....** Porto Alegre: SBZ, 1999. CD-ROM.

BEN-GHEDALIA, D.; SHEFET, G.; DROR, Y. Chemical treatments for increasing the digestibility of cotton straw. 1. Effect of ozone and sodium hydroxide treatments on rumen metabolism and on the digestibility of cell walls and organic matter. **Journal Agriculture Science**, Cambridge, v. 100, n. 2, p. 393-400, Apr. 1983.

BERNARD, J. K.; CALHOUN, M. C.; MARTIN, S. A. Effects of coating whole cottonseed on performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Campaign, v. 82, n. 6, p. 1296-1304, June 1999.

BOSE, M. L.; MARTINS FILHO, J. G. O papel dos resíduos agro industriais na alimentação dos ruminantes. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 119, p. 3-7, nov. 1984.

BUTTERWORTH, B. **The straw manual**: a practical guide to cost-effective straw utilization and disposal. New York, 1985. 212 p.

CANDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M.; PIMENTEL, J. C. M.; VASCONCELOS, V. R.; SAMPAIO, E. M.; NETO, J. M. Avaliação do valor

nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5. p. 928-935, set./out. 1999.

CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1988. 564 p.

CONNER, M. C.; RICHARDSON, C. R. Utilization of cotton plant residues by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, n. 4, p. 1131-1138, Oct. 1987.

CORREIA, A. A. D. **Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980. 789 p.

D'ARCE, D. R.; BOIN, C.; MATTOS, W. R. **SUtilização de resíduos agro industriais da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes**. Piracicaba: FEALQ, 1985. 71 p.

DOLBERG, F. Progress in the utilization of urea-ammonia treated crop residues: Nutritional dimensions and application of the technology on small farm. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 130-145.

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para análise estatísticas e genéticas)**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 150 p.

FAHMY, S. T. M.; KLOPFENSTEIN, T. J. Treatment with different chemicals and their effects on the digestibility of maize stalks. 2. Intake and in vivo digestibility as affected by chemical treatment and monensin supplementation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 45, n. 3/4, p. 309-316, Feb. 1994.

FISCHER, V.; PRATES, E. R.; MUHLBACH, P. R. F.; PÖTTER, W. J. Efeito do tratamento a campo da palha de arroz com uréia sobre a conservação, composição química e digestibilidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25. n. 5, p. 837-844, set./out. 1996.

GOTO, M.; YOKOE, Y. Ammoniation of barley straws: effects on cellulose crystallinity and water-holding capacity. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 58, n. 3/4, p. 239-247, May 1996.

GRANZIN, B. C.; DRYDEN, G. MCH. Effects of alkalis, oxidants and urea on the nutritive value of Rhodes grass (*Chloris gayana* cv. Callide). **Animal feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 103, n. 1/4, p. 113-122, Jan. 2003.

GUZMÁN, J. L.; GARRIDO, A.; GÓMEZ-CABRERA, A.; GUERRERO, J. E.; MURRIA, I. Use of NIRS to estimate the improvement in digestibility after ammonia treatment of cereal straws. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 1/2, p. 149-157, Jan. 1996.

HART, M. R.; WALKER JR., H. G.; GRAHAM, R. P.; HANNI, P. J.; BROWN, A. M; KOHLER, G.O.; Steam treatment of crops residues for increased ruminant digestibility. I. Effects of process parameters. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 51, n. 2, p. 402-413, Aug. 1981.

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. The in situ technique for standing the ruminal degradation of feeds: A review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews, Serie B**, Wallingford, v. 65, n. 2, p. 63-90, Feb. 1995.

KLEYMAN-LEYER, K.; SIIKA-AHO, M.; TEERI, T. T.; KIRK, T. K. The cellulases endoglucanase I and cellobiohydrolase II of *Trichoderma reesei* act synergistically to solubilize native cotton cellulose but not to decrease its molecular. **Applied and Environmental Microbiology**, New York, v. 58, n. 4, p. 1266-1270, Apr. 1992.

LIMA, M. L. P.; ANETTI, M. A. Utilização do bagaço hidrolisado como alimento volumoso para bovinos confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 540-552, mar./jun. 1996.

LIU, J. X.; ØRSKOV, E. R.; CHEN, X. B. Optimization of steam treatment as a method for upgrading rice straw as feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 76, n. 3/4, p. 345-357, Jan. 1999.

LUGIMBUHL, J. M.; POND, K. R.; BURNS, J. C. et al. Short fiber cotton textile mill waste as a feed resource for cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 382, July 1994. Supplement, 1.

MADRID, J.; HERNÁNDEZ, F.; PULGAR, M. A. CID, J. M. In vivo digestibility of treated and untreated barley straw: results of direct and by-difference digestibility trials. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 65, n. 1/4, p. 129-138, Apr. 1997.

- MANZANO, R. P.; FUKUSHIMA, R. S.; GOMES, J. D. F.; GARIPPO, G. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão e vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1196-1204, jul./ago. 2000.
- MARQUES NETO, J.; FERREIRA, J. J. Tratamento de restos de cultura para alimentação dos ruminantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 119, p. 38-42, nov. 1984.
- MATTOS, W. Alimentos volumosos: tratamentos para elevar o valor nutritivo. In: CURSO DE ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS, 2002, Piracicaba. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 207-224.
- MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for determination of the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 88, n. 1, p. 645, Mar. 1977.
- MELLO JÚNIOR, C. A. **Efeito do tratamento com pressão e vapor sobre a fermentação “in vitro” do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum sp. L.*)**. 1987. 100 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- NASCIMENTO, H. T. S.; BONA, M. P. S. Tratamento de resíduos agro industriais com uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997. **Anais....** Juiz de Fora: SBZ; 1997. p. 433-434.
- NOCEK, J. E. In situ and others methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2051-2059, Aug. 1988.
- NUSSIO, L. G.; BALSALOBRE, M. A. Utilização de resíduos fibrosos da industrialização da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 127-150.
- ØRSKOV, E. R. The *in situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: OWEN, E.; AXFORD, R. F. E.; OMED, H. M. (Ed.). **Forage evaluation in ruminant nutrition**. New York: CAB International, 2000. p. 175-188.

ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 499-503, Apr. 1979.

PIRES, A. J. V. **Bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia e, ou, sulfeto de sódio para novilhas em crescimento**. 2000. 65 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

POORE, M. H. Whole cottonseed and cotton textile mill waste in sorghum silage-based diets for developing heifers. Disponível em: <[http://cals.ncsu.edu/an\\_sci/ann\\_reo94/mhpoo46.html](http://cals.ncsu.edu/an_sci/ann_reo94/mhpoo46.html)>. Acesso em: 25 jan. 2003.

PRESTON, T. R. Technologies for improving the use of renewable natural resources. In: **Tropical animal feeding: a manual for research workers**. FAO, 1995. 124 p.

RAHAL, A.; SINGH, A.; SINGH, M. Effect of urea treatment and composition on, prediction of value of straw of different cultivars. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 68, n. 1/2, p. 165-182, Sept. 1997.

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de uréia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá, 2001. p. 40-63.

RABELO, M. M. A. **Efeitos de fontes de fibra íntegra, em dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado sob pressão e vapor, sobre a digestibilidade, desempenho e comportamento ingestivo de bovinos de corte**. 2002. 61 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, SP.

SAMPAIO, I. B. M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliadas *in situ*. In: Simpósio Internacional de Produção de Ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais....** Viçosa: SBZ, 1994. p. 81-88.

SANTOS, A. R. dos. **Comparação das técnicas “in situ” e produção de gás na avaliação de alimentos para ruminantes**. 2001. 100 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SCHIMIDT, P. **Efeito da incubação com uréia ou inoculação com *Pleorotus ostreatus* no valor nutritivo do feno de braquiária.** 2002. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, D. J. **Análises de alimentos:** métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG: UFV. Imprensa Universitária, 1990. p. 165.

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

## ANEXOS

### ANEXO A

Tabela	Página
TABELA 1A. Valores médios da degradabilidade estimada da matéria seca para cada tempo de incubação.....	45
TABELA 2A. Valores médios da degradabilidade estimada da fibra em detergente neutro para cada tempo de incubação..	45

### ANEXO B

TABELA 1B. Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual da matéria seca.....	46
TABELA 2B. Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de proteína bruta.....	46
TABELA 3B. Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual fibra em detergente neutro.....	46
TABELA 4B. Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual fibra em detergente ácido.....	47
TABELA 5B. Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual da hemicelulose.....	47

## ANEXO C

TABELA 1C.	Análise de variância da fração solúvel (a) da equação de degradação da matéria seca.....	48
TABELA 2C.	Análise de variância da fração insolúvel potencialmente degradável (b) da equação de degradação da matéria seca .....	48
TABELA 3C.	Análise de variância da taxa de degradação (c) da fração potencialmente degradável (b) da matéria seca.....	48
TABELA 4C.	Análise de variância da degradabilidade potencial (DP) da matéria seca .....	49
TABELA 5C.	Análise de variância da degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca .....	49

## ANEXO D

TABELA 1D.	Análise de variância da fração solúvel (a) da equação da fibra em detergente neutro.....	50
TABELA 2D	Análise de variância da fração insolúvel potencialmente degradável (b) da equação de degradação da fibra em detergente neutro.....	50
TABELA 3D	Análise de variância da taxa de degradação (c) da fibra em detergente neutro.....	50
TABELA 4D.	Análise de variância da degradabilidade potencial (DP) da fibra em detergente neutro.....	51
TABELA 5D	Análise de variância da degradabilidade efetiva (DE) da fibra em detergente neutro.....	51

## ANEXO A

**TABELA 1A.** Valores médios da degradabilidade estimada da matéria seca (DEMS) para cada tempo de incubação.

TRAT	DEMS (%)								
	0	4	8	12	24	36	48	72	96
IN	8,04	19,26	29,08	37,68	57,56	70,90	79,84	89,85	94,36
PV	19,63	28,49	36,35	43,31	59,84	71,36	79,40	88,93	93,57
NaOH	12,57	22,96	32,06	40,02	58,43	70,77	79,05	88,33	92,50
U	21,47	31,03	39,40	46,72	63,66	75,01	82,63	91,16	94,99
NaOH/U	23,32	32,67	40,86	48,02	64,59	75,70	83,15	91,50	95,25
PV/NaOH	23,75	32,23	39,76	46,43	62,25	73,28	80,98	90,10	94,54
PV/U	23,72	32,20	39,73	46,40	62,22	73,25	80,95	90,07	94,51

**TABELA 2A.** Valores médios da degradabilidade estimada da FDN (DEFDN) para cada tempo de incubação.

TRAT	DEFDN (%)								
	0	4	8	12	24	36	48	72	96
IN	3,98	7,28	10,46	13,53	22,11	29,81	36,72	48,49	57,97
PV	6,62	9,51	12,30	15,01	22,63	29,56	35,85	46,76	55,76
NaOH	5,52	8,05	10,51	12,90	19,69	25,94	31,67	41,80	50,37
U	11,38	14,86	18,16	21,30	29,78	37,05	43,26	53,12	60,34
NaOH/U	6,93	9,87	12,71	15,46	23,19	30,18	36,50	47,42	56,36
PV/NaOH	12,42	15,10	17,69	20,20	27,27	33,69	39,52	49,64	57,99
PV/U	10,32	13,78	17,11	20,31	29,17	37,02	43,99	55,66	64,83

## ANEXO B

**TABELA 1B.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de matéria seca.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	26,62603	4,437672	4,194	0,00631
Resíduo	21	22,21940	1,058067		
Total	27	48.84543			

CV = 1,1 %

**TABELA 2B.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual de proteína bruta.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	249,8638	41,64397	594,278	ns.
Resíduo	21	1,471573	0,700749		
Total	27	251,335373			

CV = 7,5 %

**TABELA 3B.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual da fibra em detergente neutro.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	111,3051	19,38418	4,079	0,00724
Resíduo	21	99,79462	4,752125		
Total	27	216,09972			

CV = 2,37 %

**TABELA 4B.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual da fibra em detergente ácido.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	224,4545	37,40909	5,331	0,00177
Resíduo	21	147,3663	7,017441		
Total	27	371,8208			

CV = 3,0 %

**TABELA 5B.** Análise de variância do efeito dos tratamentos no percentual da hemicelulose.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	39,24771	6,541285	1,218	ns.
Resíduo	21	112,8113	5,371968		
Total	27	152,05901			

CV = 49,69

## ANEXO C

**TABELA 1C.** Análise de variância da fração solúvel (a) da equação de degradação da matéria seca (MS).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	694,6691	115,7782	34,626	0,00000
Resíduo	14	46,81128	3,343663		
Total	20	741,48038			

CV = 9,66 %

**TABELA 2C.** Análise de variância da fração insolúvel potencialmente degradável (b) da equação de degradação da matéria seca (MS).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	581,0334	96,83890	13,557	0,00004
Resíduo	14	99,99982	7,142844		
Total	20	681,03322			

CV = 3,38 %

**TABELA 3C.** Análise de variância da taxa de degradação da fração insolúvel (c) da equação de degradação da matéria seca (MS).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	0.5714286	0.9523809	0.286	ns.
Resíduo	14	0.4666666	0.3333333		
Total	20	1.03809527			

CV = 18.10 %

**TABELA 4C.** Análise de variância degradabilidade potencial (DP) da matéria seca (MS).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	16,80980	2,801634	1,151	ns.
Resíduo	14	34,07126	2,433661		
Total	20	50,88106			

CV = 1,59 %

**TABELA 5C.** Análise de variância da degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	230,5988	38,43313	3,605	ns.
Resíduo	14	149,2724	10,66231		
Total	20	379,8712			

CV = 6,58 %

## ANEXO D

**TABELA 1D.** Análise de variância da fração solúvel (a) da equação de fibra e detergente neutro (FDN)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	184,2908	30,71513	5,506	0,00408
Resíduo	14	78,09178	5,577984		
Total	20	262,38258			

CV = 28,92 %

**TABELA 2D.** Análise de variância da fração insolúvel potencialmente degradável (b) da equação de degradação da fibra em detergente neutro (FDN).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	1302,756	217,126	1,378	ns.
Resíduo	14	2205,555	157,5397		
Total	20	3507,756			

CV = 14,44 %

**TABELA 3D.** Análise de variância da taxa de degradação da fração insolúvel (c) da equação da fibra em detergente neutro (FDN).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	0,00007	0,00001	0,888	ns.
Resíduo	14	0,00024	0,00001		
Total	20	0,00031			

CV = 39,36 %

**TABELA 4D.** Análise de variância degradabilidade potencial (DP) da fibra em detergente neutro (FDN).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	801,3614	133,5602	0,8888	ns.
Resíduo	14	2043,184	145,9417		
Total	20	2844,5454			

CV = 12,7 %

**TABELA 5D.** Análise de variância da degradabilidade efetiva (DE) da fibra em detergente neutro (FDN).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	6	191,3551	31,89252	5,802	0,00323
Resíduo	14	76,95441	5,496742		
Total	20	268,30951			

CV = 11,26 %