**EFEITO DO PROCESSO DE CONSERVAÇÃO SOBRE OS
COMPONENTES DA PAREDE CELULAR E A DIGESTIBILIDADE
in vitro DE BAGAÇO DE CANA HIDROLISADO**

MARIA ALEJANDRA DUREVICH

Engenheira Agrônoma

Orientador: PROF. DR. WILSON ROBERTO SOARES MATTOS

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Ciência Animal e Pastagens.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Julho - 1991

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da Divisão de
Biblioteca e Documentação - PCAP/USP**

I92e Iurevich, Maria Alejandra
Efeito do processo de conservação sobre os componentes
da parede celular e a digestibilidade *in vitro* de bagaço de cana
hidrolisado. Piracicaba, 1991 51 p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado na alimentação
animal - Conservação 2. Bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado
na alimentação animal - Digestibilidade 3. Ruminante -
Alimentação I. Escola Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", Piracicaba.

CDD 636.084

OFREZCO

*A mi adorado abuelo Bebe,
del cual su amor, sabiduría y alegría
llevaré siempre conmigo,
como el mejor ejemplo de vida*

DEDICO

*A mis queridos padres
Margarita y Antonio,
por su abnegado amor
y esfuerzos dedicados a
mi educación.*

*A mi esposo Enrique
que con su ayuda
y amor logré concretar
éste trabajo.*

*A mi hijo Federico y
sobrina Julieta*

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Wilson Soares Mattos, pela sua orientação.
- À Dr^a. Dorinha Miriam Silber S. Vitti, pelo incentivo, apoio e amizade otorgados.
- Aos Professores do Departamento de Zootecnia, pelo ensino brindado.
- À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudos.
- Às minhas avós Baba (*in memorian*) e Adolfina e a minha tia Evelia (*in memorian*), pelo seu eterno amor.
- A Marisa Camargo, por seu carinho, constante apoio e sua amizade sem limites.
- Aos Srs. Celina Antonio de Camargo e Octavio Camargo (*in memorian*), por ter-me acolhido como uma filha.
- Às famílias Camargo Duarte e Camargo Bisetti, pelo seu carinho e amizade.
- Ao Eng^o. Agrônomo Andrés Enrique Lai Reyes, pela sua ajuda nas análises estatísticas e amizade.
- Às Sr^{as}. Irma Iurevich e María Evelia Lagranda, pelo incentivo, carinho e amor que sempre me ofereceram.

- Às minhas colegas do Curso de Pós-Graduação Cecília do Carmo, Sandra Santos e Tina Withaker, pela sua amizade.
- Às minhas amigas Estela Robaldo, Teresa Repetto e Lillian Antonacci, por ter-me mostrado que a amizade supera a distância.
- Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação, pela atenção e amizade.
- À Técnica de Laboratório Ana Maria Zani de Moura, pela orientação nas análises laboratoriais.
- Ao funcionário Carlos Cesar Alves, pelo auxílio no preparo dos ensaios "in vitro".

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Constituinte Celular dos Vegetais	4
2.1.1. Estrutura molecular e macromolecular da celulose na parede celular	6
2.2. Uso de Resíduos Celulósicos na Alimentação de Ruminantes	9
2.2.1. Tratamento com pressão e vapor	11
2.3. Conservação de Bagaço de Cana Hidrolisado ..	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1. Local	24
3.2. Material	24
3.3. Tratamentos	24
3.4. Período Experimental	25
3.5. Análises	25
3.6. Delineamento Experimental	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
APÊNDICE	47

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Representação esquemática das mudanças na composição química do vegetal com o avanço da maturidade.	5
2	Representação esquemática do agrupamento dos filamentos moleculares de celulose, mostrando sua área transversal aproximada.	7
3	Representação esquemática das diferentes camadas da parede celular.	8
4	Digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do bagaço hidrolisado em função da pressão e do tempo de tratamento. .	19
5	Variação nos teores de celulose no bagaço hidrolisado durante o período de conservação ..	29
6	Variação nos teores de lignina no bagaço hidrolisado durante o período de conservação. .	30
7	Variação nos teores de fibra detergente neutro (FDN) no bagaço hidrolisado durante o período de conservação.	32
8	Variação nos teores de fibra detergente ácido (FDA) no bagaço hidrolisado durante o período de conservação.	33
9	Variação na digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) no bagaço hidrolisado durante o período de conservação.	34

Figura	Página
10 Variação na parede celular e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) de bagaço hidrolisado, submetido a diferentes tratamentos de conservação: Silo de PVC, Monte Compactado e Monte sem Compactar.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Valores médios (base seca) das variáveis da Parede Celular e Digestibilidade <i>in vitro</i> , em bagaço hidrolisado durante 128 dias de conservação.	28
2 Valores médios (base seca) das variáveis (celulose, lignina, FDN, FDA e digestibilidade <i>in vitro</i>), em bagaço hidrolisado submetido a diferentes processos de conservação.	38
3 Coeficiente de correlação entre a digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca e a parede celular do bagaço hidrolisado conservado durante 128 dias.	37

EFEITO DO PROCESSO DE CONSERVAÇÃO SOBRE OS
COMPONENTES DA PAREDE CELULAR E A DIGESTIBILIDADE
in vitro DE BAGAÇO DE CANA HIDROLISADO

Autora: MARIA ALEJANDRA IUREVICH

Orientador: PROF. DR. WILSON ROBERTO SOARES MATTOS

RESUMO

Este estudo teve por objetivo verificar as mudanças ocorridas sobre os componentes da parede celular e a digestibilidade *in vitro* no bagaço hidrolisado ao longo de 128 dias de conservação sob três diferentes métodos: silo de PVC, monte compactado e monte sem compactar.

Observaram-se mudanças significativas ($P \leq 0,01$) ao longo do período de conservação em todas as variáveis, celulose (4,5 %), lignina (9,2 %), FDN (4,8 %), FDA (5,3 %); porém sendo elas quantitativamente mínimas e iniciando-se a partir do 3º período.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) teve uma variação de somente 2,3 % ao longo do período.

Concluiu-se que o bagaço de cana hidrolisado após 128 dias de conservação, sofreu pequenas mudanças, podendo ser usado sem inconvenientes na composição de rações para ruminantes.

EFFECT OF CONSERVATION PROCESS ON CELULAR
WALL COMPONENTS AND *in vitro* DIGESTIBILITY
OF HYDROLIZED SUGAR CANE BAGASSE

Author: MARIA ALEJANDRA IUREVICH

Adviser: PROF. DR. WILSON ROBERTO SOARES MATTOS

SUMMARY

The objective of this research was to find out the changes that occur in the celular wall components on *in vitro* digestibility of hydrolized bagasse during the conservation for 128 days using three different methods: PVC silo, compacted pile and non compacted pile.

Significant changes were observed ($P \leq 0,01$) during the conservation period in all variables; cellulose (4,5 %), lignin (9,2 %), FDN (4,8 %), FDA (5,3 %); however their were quantitatively minimal, beginning on 3^o period.

The dry matter *in vitro* digestibility (DIVMS) showed a variation of 2,3 % during this period.

It was concluded that hydrolized sugar cane bagasse after 128 days of conservation, nearly did not change, and it might be used without any inconvenience in ration composition for ruminants.

1. INTRODUÇÃO

A demanda progressiva por alimentos força, não só o aumento da produtividade vegetal como também de áreas cultivadas. Como consequência, um dos resultados do crescimento da produção agrícola, tem sido o aumento dos resíduos vegetais de culturas e de subprodutos industriais.

Estes são geralmente ricos em celulose, hemicelulose e pobres em proteína, lípidios e alguns elementos minerais. As fibras desses materiais são geralmente lignificados e com diferentes graus de incrustações com sílica.

Devido a sua composição química e à natureza da fibra, esses resíduos não são adequados à alimentação de animais monogástricos, mas podem ser utilizados na alimentação de ruminantes.

Considerando-se as produções brasileiras das principais culturas e a relação planta/grão destas, pode-se estimar que pelo menos 102 milhões de toneladas de resíduos estariam disponíveis anualmente para a alimentação animal (Anuário Estatístico do Brasil, 1990).

Existem países que são líderes mundiais no uso racional de alguns subprodutos da cana-de-açúcar, tal é o caso do Brasil, Cuba, México, Perú e Argentina (GEPLACEA,

1986).

A utilização do bagaço de cana no Brasil foi evidenciado já no início deste século, quando os produtores de açúcar passaram a usá-lo em substituição à lenha para gerar vapor nas caldeiras.

Assim, atualmente, com uma produção de 260 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, onde o bagaço corresponde aproximadamente a 30 % desta produção e considerando-se que 50% são utilizados na própria indústria como fonte energética, existe então um excedente de 39 milhões de toneladas de bagaço para o ano de 1989 (Anuário Estatístico do Brasil, 1990), provocando um sério problema de estocagem e posterior descarte pelas indústrias.

Desta maneira, uma saída para o aproveitamento deste material vem sendo o uso para: papel e celulose, metano, aglomerados de fibra, produção de carvão, geração de eletricidade, adubo e como suplemento na ração de animais ruminantes.

Considerando-se a sua utilização como uma alternativa importante na alimentação de ruminantes, o bagaço é intensamente estudado como ingrediente potencial em rações de bovinos de carne e leite, alimentados na entressafra. Isto é de fato observado em nossas condições, quando a sua grande disponibilidade acontece principalmente nas épocas secas do ano, e quando há uma diminuição da massa verde nas pastagens, refletindo diretamente sobre a nutrição do rebanho bovino.

Todavia, estes resíduos têm um baixo valor nutritivo, quando fornecidos como único alimento ao ruminante, e não permitem ao animal atingir consumo suficiente de matéria seca, proteína e energia digestível para a sua manutenção (PRATES & LEBOUTE, 1980).

Tomando como referência as considerações anteriores, várias tentativas tem sido feitas visando melhorar o valor nutritivo dos resíduos agro-industriais através de processos físicos, químicos e biológicos, que possibilitem a degradação dos carboidratos estruturais potencialmente fermentecíveis.

Em virtude da falta de informações existentes no que se refere à digestibilidade do bagaço hidrolisado durante o processo de conservação, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a digestibilidade *in vitro* e a composição bromatológica do bagaço de cana hidrolisado submetido a diferentes processos de conservação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Constituinte Celular dos Vegetais

No material celular dos vegetais pode ser feita uma divisão entre o conteúdo e a parede celular.

Segundo CZERKAWSKI (1986), o conteúdo celular é formado pelo núcleo, citoplasma e plastídeos, os quais contêm proteínas, peptídeos, aminoácidos, ácidos nucleicos e lipídios, além de minerais, ácidos orgânicos e carboidratos não estruturais tais como glucose, frutose, frutanas e amidos.

Apesar de todos estes compostos terem composição química diferente, o conteúdo da célula é nutricionalmente semelhante no sentido de serem quase que totalmente digeridos pelas enzimas do sistema digestivo dos ruminantes.

A parede celular contém substâncias pécticas que formam a lamela média, funcionando como um cimento intercelular (CZERKAWSKI, 1986), e de polissacarídeos estruturais, hemicelulose e celulose os quais são incorporados dentro da parede celular aumentando sua espessura com a maturidade da planta (Figura 1).

Em plantas maduras, a lignina é depositada na parede celular conferindo rigidez, sendo extremamente estável e degradada lentamente por organismos aeróbicos (saprófitos).

Figura 1. Representação esquemática das mudanças na composição química do vegetal com o avanço da maturidade (HOLMES, 1982).

VAN SOEST (1968), constatou que o menor valor nutritivo dos produtos celulósicos sem tratamento, é devido à pequena digestibilidade da fração hidrocarbonada desses materiais, podendo-se atribuir, em grande parte, a seu conteúdo de lignina, que pode ser de até 15 % nas forragens maduras.

A parede celular é dividida em 3 regiões: lamela média, parede primária e parede secundária.

A lamela média é a região amorfa entre as células contíguas, composta basicamente de pectina, que também se infiltra e está ligada à celulose e hemicelulose da parede primária, permitindo a aderência das células adjacentes (NOBEL, 1983).

A parede primária apoia-se interiormente na lamela média, e é a primeira a formar-se, sendo muito dinâmica. Durante o tempo em que a célula vai aumentando de tamanho, esta parede é relativamente fina e elástica, espessando-se e tornando-se rígida a partir do momento em que termina o crescimento em tamanho das células.

A partir desse momento inicia-se a formação da parede secundária, proporcionando resistência à célula (DEVLIN, 1980).

2.1.1. Estrutura molecular e macromolecular da celulose na parede celular

A parede celular consiste numa rede de filamentos de celulose de tamanho e complexidade variável.

As moléculas de glicose polimerizadas formam longas cadeias lineares chamadas genericamente de celulose (MAGNANI *et alii*, 1985). A união de aproximadamente 100 cadeias de celulose simples formam as micelas, e estas, reúnem-se em feixes chamados microfibrilas, que se consideram

formadas por umas 20 micelas, em que já há hemicelulose como elemento entre micelas (Figura 2). Embora a microfibrila corresponda somente a uns 20 % do volume da parede primária, considera-se que ela é a sua unidade estrutural básica (Albersheim, citado por DEVLIN, 1980).

Figura 2. Representação esquemática do agrupamento dos filamentos moleculares de celulose mostrando sua área transversal aproximada (DEVLIN, 1980).

O agrupamento de cerca de 250 microfibrilas dá origem a uma fibrila, que forma a parede celular (Figura 3).

Figura 3. Representação esquemática das diferentes camadas da parede celular (MAGNANI *et alii*, 1985).

A estrutura física das fibrilas na parede primária e na secundária é diferente. Na parede primária as fibrilas estão dispostas de forma irregular transversalmente em relação ao eixo da célula, mas apresentam uma orientação longitudinal nos ângulos da célula.

As três camadas da parede secundária são caracterizadas pela disposição diferente das fibrilas.

Quando o crescimento vegetal se acha quase completo, há formação de lignina combinada com a celulose e hemicelulose da parede celular, conferindo-lhe rigidez final, reduzindo a digestibilidade da hemicelulose e principalmente da celulose, já que não são atacados pelas enzimas do rúmen (HOLMES, 1982).

2.2. Uso de Resíduos Celulósicos na Alimentação de Ruminantes

Resíduos da agro-indústria estão disponíveis em imensas quantidades em todo o mundo. Eles são importantes constituintes de dietas em ruminantes, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, as quais são caracterizadas por ciclos anuais de marcadas estações de chuva e seca, porém tais resíduos agrícolas geralmente tem baixo valor alimentício (FEBLES, 1973).

PEARCE *et alii* (1979) observaram em palha de cevada e aveia valores de fibra detergente ácido (FDA) de 45 e 40%, respectivamente, tendo uma digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 54 e 55 %, respectivamente.

Palhas de soja, arroz, milho, aveia e trigo foram avaliadas por PIRES *et alii* (1980), quanto à parede celular e aos coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Foram evidenciados valores acima de 70 % nos

teores de parede celular como também baixo coeficiente de digestibilidade (valores inferiores a 43 %) para todos os materiais estudados.

ERICKSON *et alii* (1982) trabalhando com palha de cevada tiveram valores de FDA entre 49 e 53 %, e a DIVMS variou entre 41 e 43 %.

Esses resíduos podem suprir as necessidades energéticas dos ruminantes, porém o fator limitante do baixo consumo e digestibilidade é o alto conteúdo lignocelulósico (RAI & MUDGAL, 1987).

A viabilização do uso dos resíduos lignocelulósicos para a alimentação de ruminantes sugere a necessidade de submetê-los a tratamentos físicos, químicos ou biológicos, que rompam a estrutura da fração fibrosa e exponham a celulose e hemicelulose ao ataque dos microorganismos do rúmen (JACKSON, 1978).

Em 1923 BECKMAN conseguiu uma solubilização de 50 % da lignina das gramíneas estudadas, quando elas foram tratadas com solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) a 1,5% à temperatura ambiente. Posteriormente, FERGUSON (1942) trabalhou com palha tratada com hidróxido de potássio (KOH) a 1,5%, tendo um aumento na digestibilidade *in vivo* de 33 %. Durante a Segunda Guerra Mundial, que foi uma época crítica pela escassez de alimentos, segundo NORFELDT (1947), animais foram alimentados com subprodutos de madeira tratados quimicamente.

Assim, é grande o número de produtos químicos utilizados, mas somente o hidróxido de sódio e a amônia representam uma alternativa economicamente viável em escala industrial (MATTOS, 1987).

2.2.1. Tratamento com pressão e vapor

O método de hidrólise já foi descrito por Mason em 1931 (citado por MACHADO, 1982). Através deste processo o material é submetido a elevada pressão e temperatura, com a injeção de vapor, ocorrendo a clivagem de radicais acetil da hemicelulose, sendo que sua magnitude depende da pressão e do tempo de tratamento utilizados. Nestas condições, o meio ácido promove a hidrólise da hemicelulose, até às suas hexoses e pentoses formadoras. Ao final do tratamento, através da descompressão abrupta, parte do vapor condensado vaporizará mesmo dentro da fibra, o que provoca a "explosão" da mesma, obtendo-se assim um material que pode sofrer mais facilmente um ataque pelas enzimas das bactérias do rumen.

Este tratamento tem despertado um crescente interesse no Brasil por ser um processo bastante simples, utilizando o vapor em excesso durante a industrialização da cana-de-açúcar e na produção de álcool (MATTOS, 1987).

Na década de '70 foram feitos estudos utilizando esta mesma técnica, sendo o material lignocelulósico a madeira de árvores principalmente o *Populus* ssp.

BENDER *et alii* (1970) informaram que a digestibilidade da madeira pode ser aumentada por tratamento sob pressão. Observou-se que houve a liberação de ácido acético durante o processo que foi suficiente para causar a hidrólise do complexo lignocelulose resultando num aumento da digestibilidade do álamo tratado.

AL RABBAT & HEANEY (1978) estudaram a resposta em ovelhas alimentadas com cavaco de álamo tratado com pressão e vapor a $16,2 \text{ kg/cm}^2$ durante 15 minutos, indicando que pode ser usada em rações de manutenção, em substituição a uma substancial proporção de feno. A igual conclusão chegaram SHARMA *et alii* (1979), embora a inclusão de mais de 30 % de cavaco de álamo tratado na ração não tenha sido efetiva.

SHARMA *et alii* (1980), trabalhando com novilhos em terminação, tendo a composição da ração 30 % de silagem de milho (testemunha), e os outros 2 tratamentos 15 e 30 % de cavaco de álamo tratado com pressão de $15,5 \text{ kg/cm}^2$ durante 6 minutos, observaram ganhos de peso nos novilhos de 0,56; 0,76 e 1 kg/diário, respectivamente.

Paralelamente foram também desenvolvidos trabalhos aplicando como tratamento, em forma conjunta, o efeito de pressão e a adição de substâncias químicas, na digestibilidade de resíduos agrícolas.

KLOPFENSTEIN *et alii* (1967) testaram diferentes resíduos fibrosos (talo de alfafa, feno de capim, palha de trigo e sabugo de milho), com uma pressão de 28 kg/cm^2 , e alguns produtos químicos, como ácido clorídrico (HCl), peró-

xido de oxigênio (H_2O_2), e água.

O tratamento com H_2O_2 obteve os maiores acréscimos na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), sendo eles respectivamente para talo de alfafa, feno de capim, palha de trigo e sabugo de milho, de 12, 15, 21 e 22 unidades porcentuais. Houve uma redução dos constituintes da parede celular em todos os resíduos agrícolas testados.

Posteriormente, KLOPFENSTEIN & BOLSEN (1971), pesquisaram palha e sabugo de milho e palha de trigo, utilizando pressões de 7 a 28 kg/cm^2 e ácido clorídrico (HCl) ou hidróxido de sódio (NaOH) como aditivos químicos. As pressões ótimas para aumentar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) estiveram na faixa de 7 a 10 kg/cm^2 com adição dessas substâncias químicas para todos os resíduos agrícolas.

GUGGOLZ *et alii* (1971) trabalhando com palhas de gramíneas, obtiveram um aumento na digestibilidade de mais de 50 % em média, com uma pressão de 28 kg/cm^2 durante 3 minutos. A digestibilidade do material foi aumentada em duas vezes quando solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 3 % foram adicionados ao tratamento de pressão e vapor.

SHIROMA (1974, 1979, 1981) trabalhou com bagaço de cana usando 3 diferentes pressões (atmosférica, 10,54 kg/cm^2 e 21,08 kg/cm^2), com tempos de 5, 15 e 25 minutos e com emprego ou não de NaOH. O material foi amplamente afetado pela pressão, já que o conteúdo de hemicelulose decresceu de 40 % para 26 % e 14 % quando as pressões foram aumentadas

da atmosférica para 10,54 kg/cm² e 21,08 kg/cm² respectivamente, tendo para os tratamentos com NaOH e tempo também uma pequena diminuição do conteúdo de hemicelulose, porém apresentando diferenças não significativas.

OJI & MOWAT (1978) estudaram o valor nutritivo de palhas de milho tratadas com 16,2 kg/cm² de pressão durante 15 minutos e verificaram que houve um decréscimo na fibra detergente neutro (FDN) (de 73 para 54 %) e na hemicelulose (de 28 para 4 %), e um aumento na fibra detergente ácido (FDA) (de 44 para 50 %), indicando uma possível produção de "lignina artificial" proveniente da reação não enzimática ou de Maillard. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) aumentou como consequência da solubilização da hemicelulose pelo tratamento.

OJI & MOWAT (1979) compararam palha de milho, tratada à pressão de 16,2 kg/cm² durante 4 minutos, com a palha tratada com 3 % de amônia (NH₃) com temperaturas de 21 e 90°C. Os autores observaram que o tratamento de pressão e vapor causou uma redução na fibra detergente neutro (FDN) de 46,5 %, sendo o valor da testemunha 70,7 %, produzindo-se maior solubilização da fração hemicelulose. Já nos tratamentos com amônia, pouca diferença foi observada na fibra detergente neutro (FDN) em relação à testemunha; o aumento da fibra detergente ácido (FDA) foi observado em todos os tratamentos, podendo ter sido causado pela formação de "lignina artificial" devido à reação não enzimática ou de Maillard. O tratamento com amoniação a 90°C causou uma maior digestibi-

lidade da matéria seca (67,4 %), quando comparado com pressão e vapor (60,9 %), sendo isto provavelmente devido à maior quantidade de fibra detergente ácido (FDA) existente na amostra tratada com pressão e vapor.

HART *et alii* (1981) utilizando palha de arroz, bagaço e ponta de cana, aplicaram tratamentos a pressões variáveis de 7 até 42,2 kg/cm², com tempos de 10 segundos até 10 minutos, com e sem a adição de substâncias químicas (NaOH, NH₃ e uréia). Em geral, um aumento da pressão ou do tempo do tratamento produziu aumento na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). As maiores digestibilidades foram alcançadas a 21,1 kg/cm², com e sem aditivos, após 1,5 minutos de tratamento. A adição de 4 % de NaOH produziu um aumento na digestibilidade, sendo ela superior aquela sem aditivos, sob condições comparáveis de tratamento.

IBRAHIM & PEARCE (1982) trabalharam com palha de cevada e ervilha, bagaço de cana e casca de girassol, tratados com pressão e vapor 1,06; 2,85 e 7,03 kg/cm² com temperaturas de 120, 140 e 170°C durante 90 minutos, e 7,03 kg/cm² a 170°C durante 60 minutos, com e sem agregado de NaOH. O tratamento a 120°C durante 90 minutos não produziu mudanças em quase todos os materiais, mas no bagaço de cana houve um aumento na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 6 pontos percentuais em comparação ao bagaço *in natura*. O tratamento a 170°C durante 90 minutos obteve uma grande resposta em todos os resíduos agrícolas, tendo no bagaço pouco efeito. Comparando os dois períodos (60 e 90

minutos) à temperatura de 170°C, os autores observaram que com menor tempo de tratamento (60 minutos) se obteve menor teor de fibra detergente neutro (FDN), sendo a hemicelulose mais degradada e menor o teor de fibra detergente ácido (FDA), favorecendo assim uma maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). O tratamento sob pressão proporcionou poucas mudanças na composição química, comparado como o mesmo tratamento de pressão e NaOH, sendo neste último o valor da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) semelhante ou menor.

PATE (1982) observou mudanças no bagaço de cana tratado a uma pressão de 19,4 kg/cm² durante 4,3 minutos, existindo grande redução da fibra detergente neutro (FDN) (de 83 para 51 %) em relação ao bagaço de cana *in natura*, e pequenas mudanças na fibra detergente ácido (FDA), celulose e lignina indicando que este tratamento modifica acentuadamente a fração hemicelulose. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) aumentou 5 pontos percentuais após o tratamento.

RANGNEKAR *et alii* (1982) trabalhando com resíduos agrícolas a pressões de 5, 7 e 9 kg/cm², durante 30 e 60 minutos, observaram decréscimos no conteúdo de hemicelulose através dos decréscimos de fibra detergente neutro (FDN), sendo que a maior solubilização ocorreu com a maior severidade do tratamento. O aumento de fibra detergente ácido (FDA) e lignina, observado em palha de arroz tratada em condições extremas (9 kg/cm² durante 60 minutos), possível-

mente ocorreu devido à reação não enzimática ou de Maillard. A maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em bagaço de cana e palha de sorgo ocorreu com o tratamento de 7 kg/cm² durante 30 minutos. Já no caso de palha de arroz, foi preciso maior pressão (9 kg/cm² por 30 minutos), existindo decréscimo na digestibilidade dos constituintes da parede celular quando o tratamento foi mais severo.

IBRAHIM & PEARCE (1983) testaram palha de cevada e ervilha, e bagaço de cana com vários produtos químicos: hidróxido de sódio (NaOH), clorito de sódio (NaClO₂), hidróxido de amônia (NH₄OH), dióxido sulfúrico (SO₂), colocados antes, durante ou depois do tratamento sob pressão de 7 kg/cm² durante 80 minutos. Geralmente o tratamento só de pressão produziu uma diminuição maior da fração fibra detergente neutro (FDN) em relação aos tratamentos químicos ou de pressão e químico, indicando uma maior degradação da hemicelulose. O tratamento sob pressão teve melhor resposta na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) comparado com os químicos, exceto NaOH. Em palha de cevada, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) passou de 37,6 % para 53,9 % após a hidrólise, e com a adição de NaOH antes do tratamento sob pressão obteve-se a maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) (71 %). Na palha de ervilha a DIVMS de 40 % foi para 54,7 %, sendo este o melhor tratamento.

Já no bagaço de cana, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 27,2 % foi para 49,4 %

quando tratado com pressão e vapor, obtendo-se o maior valor de digestibilidade (66,5 %), com adição de NaOH durante o tratamento de pressão. Houve poucas diferenças entre o tratamento sob pressão e as outras substâncias químicas.

VITTI (1984), tratando o bagaço de cana com pressões de 7, 14 e 21 kg/cm² durante 5 minutos, observou que com 14 kg/cm² a digestibilidade *in vivo* da matéria seca (DIVMS) atingiu valor máximo, apresentando uma pequena diminuição a 21 kg/cm². Já no tratamento do bagaço a 14 kg/cm² em tempos que variavam de 5 a 20 minutos, observou a maior digestibilidade *in vivo* da matéria seca (DIVMS) (66,62 %) com um período de 10 minutos, indicando a existência de uma relação entre a pressão e o tempo de tratamento, relacionando isto ao processo de polimerização que pode ocorrer com altas temperaturas.

BÜRGI (1985), tentando padronizar o tratamento em bagaço de cana, utilizou pressões que variavam de 9, 11, 14, 17 e 19 kg/cm² com períodos de 2, 4, 6, 10 e 14 minutos, obtendo a maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) no tratamento de 17 kg/cm² durante 5 minutos (Figura 4). Esta combinação se situa na área ótima do gráfico, obtendo um incremento de 32 pontos percentuais em relação ao bagaço *in natura*.

Figura 4. Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do bagaço hidrolisado em função da pressão e do tempo de tratamento (BÜRGI, 1985).

HAGEMEISTER & AHRENS (1986) comparando diferentes resíduos agrícolas (bagaço de cana, palhas de trigo, de milho, de arroz, folhas de abacaxi e de banana) tratados com pressão e vapor com temperaturas entre 170 e 190°C, durante 10 a 16 minutos, observaram que o bagaço de cana e

as palhas de trigo e de milho tiveram um aumento na digestibilidade *in vivo* de 13, 19 e 12 pontos percentuais respectivamente, sendo que os três resíduos restantes tiveram pouco incremento na digestibilidade após o tratamento (menores que 6 pontos percentuais).

Dados publicados por GARCIA & ROSSELL (1987), em bagaço tratado a uma pressão de 17 kg/cm^2 durante 15 minutos obtiveram valores de fibra detergente neutro (FDN) de 52,77 %, fibra detergente ácido (FDA) de 50,60 %, hemicelulose 5,50 % e celulose 38,39 %, todos eles menores que os encontrados por outros autores, sendo superior a quantidade de lignina (20,78 %).

RAI & MUDGAL (1987) publicaram um extenso estudo sobre o tratamento em diferentes proporções de NaOH sobre a palha de trigo, e a sua efetividade no aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), sendo o tratamento ótimo com 12 % NaOH, com 84,95 % de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), podendo o responsável por esse aumento de digestibilidade ser a solubilização da hemicelulose, lignina e sílica. Em outro trabalho com essa mesma palha e tratada com baixas pressões (1 e 2 kg/cm^2) por grandes períodos de tempo (1 a 4 horas), observaram que o tratamento mais efetivo foi o extremo (2 kg/cm^2 durante 4 horas), tendo uma digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 48,35 %. Isto mostrou que a resposta do tratamento com alcali sobre a digestibilidade foi mais evidente que o tratamento físico.

SHAH & UR-REHMAN (1987), tratando espiga de milho e casca de semente de algodão a uma pressão muito baixa (1 kg/cm^2) durante 15, 30 e 45 minutos, obtiveram a máxima digestibilidade *in vivo* (22,20 %) com o tempo de 30 minutos.

Em outro experimento com NaOH e KOH em proporções que variavam de 1 a 6 % durante 30 minutos, obtiveram a maior digestibilidade *in vivo* (46,67 %) com 4 % NaOH, sendo a digestibilidade do material tratado com KOH, muito menor devido pelo fato dele ser um álcali mais fraco que NaOH.

Devido às características dos diferentes materiais a serem testados e às variáveis condições de pressão e tempo em que foram conduzidos os tratamentos, existem respostas numa ampla faixa, tendo elas um ponto ótimo, para os diferentes materiais, quebrando as ligações lignina-celulose e sendo alterada a fração hemicelulose, tornando o material mais aproveitável para o animal.

Torna-se necessário padronizar este tipo de tratamento, já que com maior severidade do mesmo ele pode resultar num produto com características não desejáveis (produção de compostos fenólicos e furfurais), e com consequente diminuição da digestibilidade.

No Brasil, este tratamento é o mais comum nas usinas de cana-de-açúcar, já que o excesso de vapor de água é usado para tratar o bagaço.

2.3. Conservação de Bagaço de Cana Hidrolisado

Poucos são os trabalhos que relatam sobre a conservação de bagaço, e nenhum deles mostra as mudanças químicas ocorridas, tendo apenas como base o estudo do ataque microbiano sobre as características do bagaço para alimentação animal.

CUSI (1980) faz referência às transformações que ocorrem pela ação de microorganismos, sobre a estocagem de bagaço *in natura*, para ser posteriormente usado na produção de papel. Existe uma série de reações simultâneas, sendo as leveduras os organismos mais ativos e os primeiros em atuarem à temperatura ambiente, proliferando rapidamente e desdobrando a sacarose em glicose e frutose com formação de CO_2 e etanol, seguido de outros tipos de microorganismos (predominantemente fungos) devido às mudanças que ocorrem no substrato. A geração de calor é um indicador da grande atividade microbiana.

PATE (1982), armazenou bagaço hidrolisado em pilhas cobertas durante os dois meses anteriores ao início do período de alimentação dos animais e indicou que o bagaço assim conservado não apresentou alterações evidenciadas pela falta de calor, cheiro ou fungos, devido aparentemente às condições ácidas do material (pH 3,5).

GARCIA & ROSSELL (1987) indicaram que o bagaço de cana após a hidrólise é estável, podendo ser armazenado a granel, sem dificuldades durante um período de 6 meses, já

que o tratamento elimina os esporos de fungos e bactérias existentes.

Por outro lado, BÜRGI (1985) observou que o bagaço hidrolisado conservado na forma de silo de superfície e coberto com lona plástica apresentava fungos nos primeiros 30 cm e temperaturas no centro da pilha de até 50°C, supondo com isso a presença de atividade biológica.

Da mesma forma, CONCEIÇÃO *et alii* (1986) comparando a digestibilidade do bagaço hidrolisado após o tratamento e após conservação como silagem em superfície durante 8 meses, encontraram um aumento na fibra detergente neutro (FDN) de 61% para 66% e uma diminuição da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 49% para 38%, provocada por algum tipo de deterioração.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O presente trabalho foi realizado nas dependências e laboratório do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

3.2. Material

Utilizou-se o bagaço de cana hidrolisado à pressão de 17 kg/cm^2 por 5 minutos e com temperatura oscilando entre $200 - 220^\circ\text{C}$. Após o tratamento, o produto foi espalhado no chão até a temperatura decrescer de 40 a 50°C .

3.3. Tratamentos

Os tratamentos para a conservação do bagaço consistiram de:

Tratamento 1: 48 silos de tubos de PVC, de 10 cm de diâmetro e 40 cm de altura, hermeticamente fechados. Conservados em lugar sombrio e coberto.

Tratamento 2: monte de aproximadamente 1 tonelada, compactado manualmente e coberto com lona plástica preta, ficando ao ar livre.

Tratamento 3: monte de aproximadamente 1 tonelada, sem compactar e coberto com lona plástica preta, ficando ao ar livre.

3.4. Período Experimental

O período experimental teve uma duração de 128 dias. A intervalos de 32 dias foram retiradas 3 amostras de cada tratamento, sendo elas sempre pela manhã. Nos silos de PVC o seu conteúdo total correspondeu à amostra sendo a amostra retirada da parte superior do silo. Nos montes, as amostras foram retiradas por intermédio de um trado de caneco, em três profundidades diferentes (30, 60 e 90 cm).

3.5. Análises

As amostras foram secas em estufa a 58°C durante 48 horas, moídas em moinho Wiley, peneira nº 1, e estocadas em recipientes de vidro para posterior análises.

Fibra detergente neutro (FDND), fibra detergente ácido (FDA) e lignina foram analisadas pelo método pro-

posto por GOERING & VAN SOEST (1970). Celulose foi obtida pelo método proposto por CRAMPTON & MAYNARD (1938). A técnica de digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi efetuada segundo TILLEY & TERRY (1963).

3.6. Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com esquema fatorial 3 x 4 (3 tratamentos e 4 períodos). O esquema da análise de variância é mostrado a seguir:

C. V.	G. L.
Períodos	3
Tratamentos	2
Períodos x Tratamentos	6
Resíduo	60
Total	71

Utilizou-se o S.A.S. (Sistema de Análises Estatísticas, 1986) para os cálculos das análises de variância.

O teste Tukey foi usado para comparar as médias de períodos e tratamentos.

Para comparar as médias das interações (período x trat.) foi utilizado o método de quadrados mínimos, testados pelo teste de T.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os respectivos resultados das análises bromatológicas encontram-se no Apêndice 1, e as análises de variância para todos os parâmetros estudados no Apêndice 2.

Analisando-se os dados do Apêndice 2, verificou-se que todas as variáveis (celulose, lignina, FDN, FDA e digestibilidade) foram afetadas significativamente ($P \leq 0,01$) pelos períodos. Houve também diferenças significativas para tratamentos no caso de fibra detergente ácido (FDA) ($P \leq 0,01$) e celulose ($P \leq 0,05$). Foram observadas interações (período x tratamento) significativas ($P \leq 0,01$) para fibra detergente ácido (FDA), lignina e celulose.

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados médios das variáveis da Parede Celular e Digestibilidade durante os 128 dias de conservação.

Tabela 1. Valores médios (base seca) das variáveis da Parede Celular e Digestibilidade *in vitro*, em bagaço hidrolisado durante 128 dias de conservação.

PERÍODO* (DIAS)	CELULOSE	LIGNINA	FDN	FDA	DIGESTIB.
32	46.011 c	15.109 b	59.114 b	58.520 c	64.458ab
64	46.220 c	15.635 b	60.290ab	59.470 bc	64.861 a
96	47.125 b	19.767a	60.135ab	60.523ab	63.755ab
128	48.106a	13.718 b	61.990a	61.647a	62.944 b
Média Geral (%)	46.085	16.057	60.382	60.040	64.004

médias na mesma coluna seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 1 %.

* cada período corresponde a 32 dias, totalizando 128 dias nos 4 períodos.

Analisando-se os dados da Tabela 1, verificou-se que a fração celulose teve um acréscimo gradual, significativo ($P \leq 0,01$) a partir do 3º período, porém quantitativamente mínimo entre o 3º e 4º período. A Figura 5 ilustra essas variações.

Isto foi provavelmente favorecido pelas condições existentes no bagaço de cana hidrolisado, que apresentou um valor baixo de pH (GARCIA & ROSSELL, 1987), provocando assim condições pouco favoráveis para a ação de microorganismos celulolíticos (BARRICHELO¹).

¹ BARRICHELO, L.E.G. (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, SP). Comunicação pessoal, 1991.

Figura 5. Variação nos teores de celulose no bagaço hidrolisado durante o período de conservação.

Da mesma forma, AUER (1986) quando trabalhou com "picado" de *Eucaliptus* spp. em uma estocagem de 4 meses, não constatou ataque de microorganismos celulolíticos.

Verificou-se um acréscimo significativo ($P \leq 0,01$) na fração lignina no 3º período, e logo após os valores decresceram, isto é mostrado na Figura 6.

Figura 6. Variação nos teores de lignina no bagaço hidrolisado durante o período de conservação.

Este comportamento possivelmente é causado pela reação de Maillard, onde seus produtos são o resultado da condensação entre carboidratos e proteínas, sendo estas últimas possivelmente resultantes da atividade microbiana. Esta reação é influenciada por estocagens prolongadas (MAYNARD *et alii*, 1984), e também favorecida por alta temperatura e umidade (VAN SOEST, 1982). Os produtos resultantes se apresentam da maneira conhecida como "lignina artificial" o que provocaria uma interferência da estimativa da lignina (UDÉN, 1984). Sugere-se a realização da análise de N insolú-

vel em Detergente Ácido (% MS, % N) para verificar se realmente ocorre o fenômeno da reação Maillard durante o processo de conservação.

Não se pode também deixar de considerar o fato de poder ter existido erro de amostragem, influenciando o aumento notório da lignina.

A redução da fração lignina no 4º período (Figura 6), possivelmente foi devida à existência de fungos lignolíticos (BARRICHELO¹), sendo favorecida esta ação pelo pH baixo existente no bagaço de cana após o tratamento de hidrólise.

Observou-se que a fibra detergente neutro (FDN) teve diferença significativa ($P \leq 0,01$) só no 4º período (Figura 7); durante o processo de hidrólise se produz a degradação da hemicelulose a açúcares solúveis, o que explica os valores tão próximos entre fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA), e as mudanças que ocorrem na lignina e celulose se refletem nos valores de FDN e FDA.

Verificou-se que a fibra detergente ácido (FDA) apresentou um aumento significativo ($P \leq 0,01$) a partir do 3º período (Figura 8), sendo que a fibra detergente ácido (FDA) é composta de celulose e lignina, as mudanças que ocorreram na fração lignina ao longo do período de esto-

¹ BARRICHELO, L.E.G. (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP, Piracicaba, SP). Comunicação pessoal, 1991.

cagem explicam esse aumento.

De forma semelhante, CONCEIÇÃO *et alii* (1986) observaram um aumento na fibra detergente ácido (FDA) no bagaço hidrolisado armazenado durante 8 meses.

Figura 7. Variação nos teores de fibra detergente neutro (FDN) no bagaço hidrolisado durante o período de conservação.

Figura 8. Variação nos teores de fibra detergente ácido (FDA) no bagaço hidrolisado durante o período de conservação.

Através destes valores pode ser observado que a partir do 3º período, existem algumas mudanças, apesar delas serem mínimas.

No caso da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), observou-se que existiram pequenas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) ao longo dos 4 períodos de estocagem, ocorrendo apenas uma diminuição na DIVMS de 2,3 % após a conservação. Isto sugere que o processo de estocagem não afetaria tanto a digestibilidade, podendo ser o bagaço armazenado, utilizado para o consumo animal (Figura 9).

Figura 9. Variação na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) no bagaço hidrolisado durante o período de conservação.

Uma diminuição da digestibilidade *in vivo* (23 %) do bagaço hidrolisado e após 8 meses de conservação foi observada no trabalho de CONCEIÇÃO *et alii* (1986).

Na Tabela 2 apresentam-se os valores médios das variáveis, em bagaço hidrolisado submetido a diferentes processos de conservação.

Tabela 2. Valores médios (base seca) das variáveis (celulose, lignina, FDN, FDA e digestibilidade *in vitro*), em bagaço hidrolisado submetido a diferentes processos de conservação.

TRATAM.	CELULOSE	LIGNINA	FDN	FDA	DIGESTIB.
Silo PVC	46.663 b	15.064a	59.969a	58.952 b	64.448a
Monte Compact.	47.236a	16.930a	60.886a	61.188a	63.446a
M. sem Compact.	46.698 b	16.177a	60.292a	59.981 b	64.119a
Média Geral (%)	46.865	16.057	60.382	60.040	64.004

médias na mesma coluna seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5 %.

Na Tabela 2 constatou-se pequena mudança devido aos diferentes tratamentos de conservação adotados ($P \leq 0,05$), tendo o tratamento de monte compactado, um pequeno acréscimo na fração celulose, sendo essa diferença de 0,8 % em relação à média geral. Este acréscimo está refletido na

fibra detergente ácido (FDA). Conclui-se portanto, que não houve efeito dos tratamentos sobre a conservação. Para caracterizar o comportamento dos tratamentos foi elaborada a Figura 10.

Figura 10. Variações na parede celular e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de bagaço hidrolisado, submetido a diferentes tratamentos de conservação: Silo de PVC, Monte Compactado e Monte sem Compactar.

Não foi possível estabelecer comparações quanto aos valores destes parâmetros, uma vez que não existem trabalhos em conservação de bagaço de cana sobre este aspecto.

Verificando-se ainda os resultados da análise de variância (Apêndice 2), ve-se que houve 3 interações (período x tratamento) significativas ($P \leq 0,01$), sendo que as representativas neste estudo foram as dos períodos dentro de tratamentos, demonstrando que foi o efeito dos períodos que influenciou no processo de conservação (Apêndice 3).

Portanto, verificou-se que o efeito da conservação não comprometeu o valor nutricional do bagaço de cana hidrolisado.

De maneira a examinar os mecanismos que influenciaram o aumento ou diminuição da digestibilidade no bagaço de cana na conservação, foram estudadas correlações com todas as variáveis (celulose, lignina, FDN, FDA). Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficiente de correlação entre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e a parede celular do bagaço hidrolisado conservado durante 128 dias.

	COEF. DE CORREL.	PROB > F
DIVMS x Celulose	- 0,362	0,0018 **
DIVMS x Lignina	0,001	0,9926
DIVMS x FDN	- 0,357	0,0021 **
DIVMS x FDA	- 0,494	0,0001 **

O coeficiente de correlação entre a digestibilidade e a celulose, FDN e FDA foram negativos e altamente

significativos ($P \leq 0,01$) indicando que o aumento desses 3 parâmetros causaram uma diminuição na digestibilidade do bagaço hidrolisado durante o período de conservação.

A correlação obtida entre DIVMS x LIGNINA não foi significativa $r = 0,001$ ($P \geq 0,05$), mostrando que a lignina não influenciou sobre a digestibilidade do material estudado.

5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos no presente trabalho permitiram concluir que:

1. O bagaço hidrolisado pode ser conservado até 96 dias sem apresentar mudanças, podendo ser utilizado na alimentação de ruminantes.
2. Os três tratamentos utilizados não tiveram diferenças quanto à conservação, portanto a sua escolha vai depender dos fatores de planejamento e econômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-RABBAT, M.F. & HEANEY, D.P. The effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw and steam cooking of aspen wood on their feeding value and on ruminal microbial activity. Feeding value assessment using sheep. *Can. J. Anim. Sci.*, 58: 443-451, 1978.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - IBGE - RJ, v 50: 784p, 1990.
- AUER, C.G. Levantamento de fungos termófilos associados a pilhas de cavacos de *Eucalyptus* spp.. Piracicaba, 1986. 87p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BECKMAN, E. Conversion of grain straw and lupins into feeds of high nutrient value. *Holz - und Stroharten Biochem*, 139: 491, 1923.
- BENDER, F.; HEANEY, D.P. & BOWDEN, A. Potential of steamed wood as a feed for ruminants. *For. Prod. J.*, 20: 36,41, 1970.
- BÜRGI, R. Produção do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado e avaliação do seu valor nutritivo para ruminantes. Piracicaba, 1985. 61p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- CONCEIÇÃO, M.N.; LACÔRTE, M.C.F.; BÜRGI, R & BOSE, M.L.V. Determinação da digestibilidade do bagaço de cana-de-açú-

car hidrolisado com carneiros. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 23a., Campo Grande, 1986. Anais, SBZ, p. 156, 1986.

CRAMPTON, E.W. & MAYNARD, L.A. The relation of cellulose and lignin content to the nutritive value for animal feeds. *J. Nut.*, 15: 383-395, 1938.

CUSI, D.S. Conservación y almacenaje del bagazo. *Sugar y Azúcar*, 9: 127-140, 1980.

CZERKAWSKI, J.W. An introduction to rumen studies. Pergamon Press, N.Y., 236p., 1986.

DEVLIN, R.M. Fisiología Vegetal. Ediciones OMEGA, S.A., Barcelona, 517p., 1980.

ERICKSON, D.O.; MEYER, D.W. & FOSTER, A.E. The effect of genotypes on the feed value of barley straw. *J. Anim. Sci.*, 55: 1015-1026, 1982.

FEBLES, G. Some important limitations to animal production of natural tropical grassland. *Cuban J. Agric. Sci.*, 7: 265-276, 1973.

FERGUSON, W.S. The digestibility of wheat straw and wheat pulp. *Biochem. J.*, 36: 768, 1942.

GARCIA, M.V.D. & ROSSELL, C.E.V. Auto-hidrólise de bagaço (BPH) visando ao preparo de rações para bovinos. Parte II. Dados complementares do processo e avaliação do valor nutritivo do BPH. *Boletim Técnico Copersucar*, 39: 3-7, 1987.

GEPLACEA. Productos y subproductos del bagazo en los países miembros del Geplacea. *Boletín GEPLACEA*, México, 3(2) 71p., 1986.

- GOERING, H.K. & VAN SOEST, P.J. Forage fiber analyses (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, D.C. Agricultural Research Service, USDA. 19p. Agriculture Handbook, 1970.
- GUGGOLZ, J.; KOHLER, G.O. & KLOPFENSTEIN, T.J. Composition and improvement of grass straw for ruminant nutrition. J. Anim. Sci., 33: 151-155, 1971.
- HAGEMEISTER, V.H. & AHRENS, F. Digestibility and feed intake of pressure-steam treated sugarcane bagasse, wheat-, rice-, maize-straw, banana and pineapple leaves in ruminants. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 55: 134-143, 1986.
- HART, M.R.; WALKER, H.G.; GRAHAM, R.P.; HANNI, P.J.; BROWN, A.H. & KOHLER, G.O. Steam treatment of crop residues for increased ruminant digestibility. I. Effects of process parameters. J. Anim. Sci., 51: 402-408, 1981.
- HOLMES, W. Grass its production and utilization. British Grassland Society by Blackwell Scientific Publications. 295p., 1982.
- IBRAHIM, M.N.M. & PEARCE, G.R. The effects of boiling and of steaming under pressure on the chemical composition and *in vitro* digestibility of crop by products. Agricultural Wastes, 4: 443-452, 1982.
- IBRAHIM, M.N.M. & PEARCE, G.R. Effects of chemical treatments combined with high-pressure steaming on the chemical composition and *in vitro* digestibility of crop by products. Agricultural Wastes, 7: 235-250, 1983.
- JACKSON, M.G. Treating straw for animal feeding. Anim. Prod. and Health Paper 10. Roma, Itália, FAO, 81p., 1978.

KLOPFENSTEIN, T.J.; BARTLING, R.R. & WOODS, W.R. Treatments for increasing roughage digestion. *J. Anim. Sci.*, 2: 1492, 1967.

KLOPFENSTEIN, T.J. & BOLSEN, K.K. High temperature pressure treated crop residues. *J. Anim. Sci.* (33) 1: 290, 1971.

MACHADO, O.L.T. Descompressão rápida como pré-tratamento de madeira para hidrólise enzimática. (Mestrado - Universidade Federal Rio de Janeiro/Instituto de Química) 80p., 1982.

MAGNANI, J.L.; CAMPARI NETO, J.; VALLEZZI FILHO, A. & ROSSEIL, C.E.V. Auto-hidrólise do bagaço (BPH) visando preparo de rações para bovinos. Parte I. O processo. *Boletim Técnico Copersucar*, 32: 58-60, 1985.

MATTOS, W.R.S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. *Anais do 6º Congresso Paulista de Agronomia*. Piracicaba, 99-112, 1987.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. & WARNER, R.G. *Nutrição Animal (Animal Nutrition)* Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo Filho. 3 edição. Rio de Janeiro. Freitas Bastos, 736p., 1984.

NOBEL, P.S. *Biophysical Plant Physiology and Ecology*. W.H. Freeman and Company, N.Y., 308p., 1983.

NORFELDT, S. Problems in animal nutrition the use of wood pulp for feeding farm animals. The value of silage made with added acid. *PURE Appl. Chem.*, 3: 391-397, 1947.

OJI, U.I. & MOWAT, D.N. Nutritive value of steam-treated corn stover. *Canadian J. Anim. Sci.*, 58: 177-181, 1978.

- OJI, U.I. & MOWAT, D.N. Nutritive value of thermoammoniated and steam-treated maize stover. I. Intake, digestibility and nitrogen retention. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, 4: 177-186, 1979.
- PATE, F.M. Value of treating bagasse with steam under pressure for cattle feed. *Tropical Agriculture*, 59: 293-297, 1982.
- PEARCE, G.R.; BEARD, J. & HILLIARD, E.P. Variability in the chemical composition of cereal straws and *in vitro* digestibility with and without sodium hydroxide treatment. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 19: 350-353, 1976.
- PIRES, M.B.G.; TRINDADE, D.S. & QUADROS, A.T.F. Composição química e digestibilidade *in vitro* de palhas de soja, arroz, milho, aveia e trigo. *Anu. Téc. do IPZFO, Porto Alegre*, 7: 411-431, 1980.
- PRATES, E.R. & LEBOUTE, E.M. Avaliação do valor nutritivo de resíduos de cultivos e de indústria. *Revista da SBZ, Viçosa*, 9: 248-259, 1980.
- RAI, S.N. & MUDGAL, V.D. Effect of sodium hydroxide and steam pressure treatment on the utilization of wheat straw by rumen microorganisms. *Biological Waster*, 21: 203-212, 1987.
- RANGNEKAR, D.V.; BADVE, U.C.; KHARAT, S.T.; SOBALE, B.N. & JOSHI, A.L. Effect of high-pressure steam treatment on chemical composition and digestibility *in vitro* of roughages. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, 7: 61-70, 1982.
- S.A.S. Statistical Analysis System. User's guide: Statistics. Ed. Cary, NC, 1986.

- SHAH, F.H. & UR-REHMAN, Z. Digestibility of some crop residues after steam/pressure treatments. *Biological Wastes*, 19: 63-67, 1987.
- SHARMA, H.R.; FORSBERG, N.E. & GUENTER, W. The nutritive value of pressure-steamed aspen (*Populus tremuloides*) for mature sheep. *Can. J. Anim. Sci.*, 59: 303-312, 1979.
- SHARMA, H.R.; GUENTER, W.; DEVLIN, T.J.; INGALLS, J.R. & McDANIEL, M. Comparative nutritional value of corn silage and steamed aspen in the diet of wintering calves and finishing beef steers. *Can. J. Anim. Sci.*, 60: 99-106, 1980.
- SHIROMA, S. The effects of treatment of bagasse with sodium hydroxide under steam pressure on chemical changes and digestibility. I. Effect on sample recovery and proximate composition. *Sci. Bull. Coll. Agr., Univ. Ryukyus, Japão*, 21: 281-303, 1974.
- SHIROMA, S. The effects of treatment of bagasse with sodium hydroxide under steam pressure on chemical changes and digestibility. II. Effect on cellulose preparation. *Sci. Bull. Coll. Agr., Univ. Ryokyus, Japão*, 26: 371-378, 1979.
- SHIROMA, S. The effects of treatment of bagasse with sodium hydroxide under steam pressure on chemical changes and digestibility. III. Effect on degree of cellulose crystallinity and solubility. *Sci. Bull. Coll. Agr., Univ. Ryulyus, Japão*, 28: 203-214, 1981.
- TILLEY, J.M.A. & TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. British Grassland Society*, 18: 104-111, 1963.

UDÉN, P. Laboratory methods for evaluating the nutritive value of untreated and treated fibrous by-products. 533-557. In: Sundstol, F. & Owen, E. (ed). Straw and other fibrous by-products as feed. Elsevier Science Publishers, 1984.

VAN SOEST, P.J. Structural and chemical characteristics which limit the nutritive value of forages. In: Harrison, C.M. (ed). Forage economics-quality. Spec. Publ. 13 Amer. Soc. of Agron., Madison, WIS, 13: 63-76, 1968.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis, O. & B. Books, IMC., 374p., 1982.

VITTI, D.M.S.S. Tratamento à pressão de vapor do bagaço de cana-de-açúcar. Energ. Nucl. Agric., Piracicaba, 6: 120-133, 1984.

APÉNDICE

APÊNDICE 1. Médias e respectivos desvios padrões para todos os níveis de tratamento, obtidas das análises bromatológicas.

Level of DIAS	Level of TRAT	N	-----MSECA-----		-----FDN-----	
			Mean	SD	Mean	SD
32	1	6	91.3061333	0.13812395	58.8663333	0.69490982
32	2	6	91.4774000	0.25783415	59.3227500	0.84067020
32	3	6	91.4128667	0.16725156	59.1542000	0.94594810
64	1	6	91.2736167	0.12938019	58.9501000	1.01525759
64	2	6	91.5092333	0.21337237	60.8069833	2.59713798
64	3	6	91.4239833	0.13020110	61.1128333	0.70156952
96	1	6	91.6890500	0.64865388	60.5493000	3.60846856
96	2	6	91.9578167	0.37118458	59.8729167	2.94855694
96	3	6	91.6386333	0.18677588	59.9826167	1.55668918
128	1	6	91.7832333	0.45130127	61.5104500	2.93657141
128	2	6	92.4057000	0.44803834	63.5410667	2.74139050
128	3	6	92.1249333	0.68683173	60.9176833	1.26452596
Level of DIAS	Level of TRAT	N	-----FDA-----		-----LIGNINA-----	
			Mean	SD	Mean	SD
32	1	6	58.0330167	0.26554663	11.3631833	0.33065247
32	2	6	59.0772333	0.56985528	17.0612167	5.61789471
32	3	6	58.4506333	1.00991442	16.9018667	3.01662369
64	1	6	58.3880500	0.42224337	15.3012167	3.29192081
64	2	6	59.7499667	1.35698835	13.7553167	1.66638955
64	3	6	60.2730000	0.39776865	17.8483000	2.14797707
96	1	6	60.0735500	1.45708752	19.4224833	4.01545452
96	2	6	61.7020667	1.84643400	22.9615667	7.53643825
96	3	6	59.7944500	1.10746388	16.9158333	2.89952429
128	1	6	59.3145500	1.77681578	14.1696833	2.33932247
128	2	6	64.2208000	2.07106699	13.9406167	0.62440685
128	3	6	61.4062833	0.64642180	13.0435667	0.53052861
Level of DIAS	Level of TRAT	N	-----CELULOSE-----		-----DIGEST-----	
			Mean	SD	Mean	SD
32	1	6	46.1185667	0.46137870	64.2618167	1.25890304
32	2	6	46.4819333	0.92464636	63.8525167	1.91622707
32	3	6	45.4331667	0.43490034	65.2594500	0.83955011
64	1	6	45.6806833	0.18959492	65.1883500	1.33120801
64	2	6	46.1759833	0.76929612	64.3697167	2.30449376
64	3	6	46.8026333	0.14080248	65.0245833	1.15573271
96	1	6	47.1448333	1.34251807	64.0301333	1.75039114
96	2	6	47.0720000	0.18040337	63.9217000	2.34611386
96	3	6	47.1587333	0.91199423	63.3117833	1.51339551
128	1	6	47.7076000	1.13921858	64.3127000	1.96321032
128	2	6	49.2138000	0.77240589	61.6406333	2.37433507
128	3	6	47.3980833	0.41770253	62.8793500	1.42638405

Tratamentos: 1 - silo PVC; 2 - monte compactado; 3 - monte sem compactar.

Dias: cada 32 dias compreendem um período, totalizando 128 dias para os 4 períodos estudados.

APÊNDICE 2. Análise de variância.

CAUSAS DE VARIÇÃO	G. L.	Q. M.				
		CELULOSE	LIGNINA	FDN	FDA	DIGEST.
Período	3	*** 16,5256	*** 121,8585	*** 25,5663	*** 32,7046	*** 12,7538
Tratam.	2	* 2,4751			*** 30,0404	6,2608
Período x Tratam.	6	*** 2,2658	*** 41,7141	5,1649	*** 6,6784	3,2119
Resíduo	60	0,5533	12,2058	4,3523	1,5180	3,0637
Total	71					
Coef. de Variação(%)		1,58	21,75	3,45	2,05	2,73

* * ($P \leq 0,01$)* ($P \leq 0,05$)

APÊNDICE 3. Interação período dentro de tratamento pelo método de quadrados mínimos.

PERÍODO 1

32 DIAS

TRATAMENTO	FDA	LIG	CEL
PVC	58.033	11.363	46.118
Monte compact.	59.077	17.061	46.481
M. sem compact.	58.450	16.901	45.433
Teste T	4.40 **	3.42 **	4.09 **
CV (%)	2.05	21.75	1.58
$\bar{x}$ geral (%)	60.040	16.057	46.865

PERÍODO 2

64 DIAS

TRATAMENTO	FDA	LIG	CEL
PVC	58.388	15.301	45.880
Monte compact.	59.749	13.755	46.175
M. sem compact.	60.273	17.848	46.802
Teste T	4.40 **	3.42 **	4.09 **
CV (%)	2.05	21.75	1.58
$\bar{x}$ geral (%)	60.040	16.057	46.865