

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DIGESTÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR TRATADO SOB PRESSÃO E VAPOR⁽¹⁾

FERNANDO BASILE DE CASTRO⁽²⁾ e PAULO FERNANDO MACHADO⁽³⁾

RESUMO: Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de caracterizar o processo de digestão do bagaço de cana auto-hidrolisado (BAH) sob pressão de 19kgf/cm² durante 6 minutos, utilizando o bagaço de cana *in natura* (BIN) como volumoso comparativo. No primeiro experimento foi determinado através do método *in situ*, a taxa e a extensão de degradação de capim elefante, BAH e BIN, sendo estes incubados nas seguintes dietas: 1. 100% de feno de coast-cross, 2. 65% BAH + 35% concentrado e 3. 47% BIN + 53% concentrado. Os melhores resultados de degradação foram obtidos nas dietas de feno e BIN, mostrando que a dieta de BAH deprimiu a taxa e a extensão de degradação *in situ* dos diferentes alimentos nela incubados. O BAH teve uma degradação ruminal potencial (dieta de feno) muito superior a do BIN (60,97% x 33,58%), porém em condições efetivas de degradação (dietas de BAH e BIN, respectivamente), estes valores se aproximaram (34,80% x 32,39%). Isto indica que a condição ruminal na dieta de BAH é desfavorável à degradação de fibra. No segundo experimento, foram avaliadas as dietas de BAH e BIN do experimento anterior em ensaios de digestibilidade *in vivo* e parâmetros ruminais, determinando-se: AGV, N-NH₃, pH, taxa de diluição ruminal, tempo de retenção do volumoso no rúmen e no trato digestivo. A condição ruminal na dieta de BAH foi desfavorável a degradação de fibra devido ao baixo pH ruminal: 5,95; elevada taxa de passagem do volumoso no rúmen: 0,024/h e condição física do rúmen inadequada, o que explica os resultados obtidos através do método *in situ*.

Termos para indexação: bagaço de cana, processo de digestão, tratamento sob pressão e vapor.

Digestive process evaluation of steam and pressure treated sugarcane bagasse

SUMMARY: Two experiments were carried out in order to characterize the digestion process of auto-hydrolyzed sugarcane bagasse (AHB) under 19 kgf/cm² of pressure during 6 minutes. For this purpose, crude sugarcane bagasse (CB) were used as comparative roughage. Using the *in situ* method in the first experiment there were determined the degradation rate and extension of degradation of Elephant grass, CB and AHB. These roughages were incubated in the following diets: 1. 100% of coast-cross hay; 2. 65% of AHB + 35% of

-
- (1) Trabalho financiado pela EMBRAPA, FAPESP, International Foundation for Science e Usina São Martinho S.A./Açúcar e Alcool. Recebido para publicação em dezembro de 1989.
(2) Seção de Criação e Manejo de Gado Leiteiro, Divisão de Zootecnia de Bovinos Leiteiros.
(3) Departamento de Zootecnia da ESAIQ/USP - Piracicaba/SP.

concentrate and 3.47% of CB + 53% of concentrate. The best degradabilities results were obtained in exclusive hay and CB diets, showing that the AHB diet depressed the extensive and the degradation rate of different roughages incubated in it. When the AHB was incubated in exclusive hay diet (maximum of degradation), its degradability was much superior than CB degradability (60.97% x 33.58%, respectively), but in real conditions of rumen degradation (AHB and CB diets, respectively), these data were almost similar (34.80 x 32.39%, respectively). The results showed that the rumen conditions in the AHB diet was unfavorable to fiber degradation. In the second experiment, the same CB and AHB diets as used in the first experiment were evaluated using the *in vivo* digestibility assays and ruminal parameters as: VFA, N-NH₃, pH, liquid and solid rate of passage and diet retention time in the whole digestive tract. The rumen conditions in the AHB diet were considered unfavorable to the fiber digestion as showed in the first experiment. The fiber degradation was probably depressed in AHB diet because of the low ruminal pH (5.95), the high rate of passage of the roughage (0.024/h) and the inadequate ruminal physical conditions observed in this diet.

Index terms: digestive process, steam and pressure treatment, sugarcane bagasse.

INTRODUÇÃO

A utilização de subprodutos fibrosos na alimentação de bovinos tem despertado grande interesse nos últimos anos. Isto ocorre em função de sua elevada disponibilidade e também devido a necessidade de se reciclar a biomassa fibrosa de modo eficiente e econômico.

A produção anual de bagaço de cana no Brasil está próxima a 1 bilhão de toneladas e seu excedente anual nas usinas de açúcar e álcool é de aproximadamente 70 milhões de toneladas. Nestes locais existe disponibilidade de pressão para se efetuar a hidrólise do bagaço de cana, o que facilita a implantação desta tecnologia.

Muitos dos trabalhos realizados com resíduos fibrosos têm enfatizado o uso de tratamentos químicos, dando-se pouca importância ao tratamento por pressão e vapor (GARRETT et al., 1981). Os resultados de avaliações nutricionais obtidos com o bagaço tratado por pressão e vapor mostraram que a utilização *in vivo* deste alimento está aquém dos resultados obtidos *in vivo* (PATE, 1982; MARCOS et al., 1984; MELO Jr., 1987 e COSTA, 1987). Dados semelhantes foram obtidos com alimentos fibrosos tratados com soda (BERGER et al., 1980 e HUNT et al., 1984).

A falta de informações a respeito da fisiologia da digestão do bagaço tratado por pressão e vapor, principalmente a nível de rúmen, dificulta a identificação das causas destes resultados.

O objetivo deste trabalho é caracterizar o processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado a fim de explicar os resultados de desempenho obtidos à campo e fornecer informações para se aumentar o grau de utilização principalmente da fração fibrosa deste alimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Campus Piracicaba, no período de março de 1987 a fevereiro de 1988.

O bagaço de cana utilizado neste trabalho foi tratado em hidrolisador industrial com capacidade de 800 kg sob pressão de 19kgf/cm² durante 6 minutos e temperatura de aproximadamente 205°C.

Experimento I

Ensaio de degradabilidade *in situ*: foram utilizados 2 bovinos de 450kg fistulados no rúmen, recebendo as dietas (quadro 1): 1. 100% de feno de coast-cross *ad libitum*; 2. 65% BAH + 35% concentrado (46,7% de milho grão moído + 53,3% de ração comercial com 40% de PB); e 3. 47% BIN + 53% concentrado (76,3% de milho grão moído + 23,7% de ração comercial com 40% de PB). A dieta 3 foi formulada após ensaios para ajustar a relação concentrado: BIN da dieta, a fim de proporcionar consumo semelhante de concentrado ao da dieta 2, variando apenas o tipo e a quantidade de volumoso. Foi utilizado o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com 4 repetições por tratamento em 3 períodos experimentais.

Cada período experimental foi constituído de 28 dias, sendo 23 dias iniciais de adaptação à dieta e 5 dias restantes de coleta de dados. Em cada período, foram realizados 2 ensaios de degradabilidade *in situ* por animal, segundo o método de MEHREZ & ORSKOV (1977). As sacolas foram coletadas em duplicatas nos tempos de: 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 e 48h após a introdução no rúmen. Foram incubados em cada ensaio os seguintes alimentos: 1. capim elefante, 2. BAH e 3. BIN. A partir dos resultados foram calculados; extensão final de degradação em 48h de incubação e

através do modelo proposto por WALDO et al. (1972), foi calculada a taxa de degradação.

72, 96 e 120h e as amostras de fezes: 6, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 96, 120 e 144h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quadro 1. Composição bromatológica das dietas e dos alimentos(*)

| Dieta | MS | PB | FB | EE | CZ | ENN | FDA | FDN |
|----------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|
| | (%) | | | | | | | |
| Feno | 87,5 | 9,6 | 34,3 | 2,5 | 7,5 | 46,1 | 45,5 | 70,2 |
| BIN | 71,3 | 9,3 | 13,7 | 2,0 | 3,2 | 71,3 | 33,7 | 51,0 |
| BAH | 55,6 | 10,0 | 19,1 | 4,8 | 4,2 | 62,5 | 40,1 | 44,2 |
| Alimento | | | | | | | | |
| Bin | 55,4 | 1,1 | 28,9 | 0,3 | 3,3 | 66,4 | 65,5 | 93,1 |
| BAH | 39,6 | 1,2 | 27,9 | 5,7 | 3,5 | 61,7 | 57,6 | 58,6 |
| Milho | 86,0 | 8,3 | 1,0 | 3,4 | 1,2 | 86,2 | 4,0 | 13,6 |
| CP | 85,9 | 41,8 | 3,7 | 3,0 | 8,9 | 42,7 | 12,8 | 24,9 |

(*) Dados em 100% da MS

Experimento II

Ensaio de digestibilidade *in vivo* e fermentação ruminal: foram utilizados 6 bovinos com peso médio de 500kg, fistulados no rúmen, recebendo dietas semelhantes às dietas 2 e 3 do Experimento I. O delineamento estatístico empregado foi o quadrado latino, sendo utilizados 3 quadrados de 2 x 2, com seis repetições por tratamento. Cada período experimental foi constituído de 38 dias, sendo os 21 dias iniciais de adaptação à dieta e os 17 dias restantes de coleta de dados.

Descrição do período de coleta de dados: nos primeiros 5 dias, foram conduzidos os ensaios de digestibilidade *in vivo*. Nestas amostras foram feitas análises bromatológicas completas pelo sistema proximal (AOAC, 1965), FDN e FDA pelo sistema de detergentes (GOERING & VAN SOEST, 1970).

Posteriormente, num período de 2 dias de coleta, foram determinados os parâmetros da fermentação ruminal: AGV, N-NH₃ (CHANEY & MARBACH, 1962) e pH ruminal em amostras coletadas a intervalos de 3h durante 24h. A taxa de diluição do rúmen foi determinada através do uso de Cr-EDTA como marcador, em coletas nos tempos: 0 (adição do marcador), 3, 6, 12, 18, 24, 36 e 48h (BINNERTS & KLOOSTER, 1968).

Nos dias restantes da fase de coleta, foram determinadas as taxas de passagem dos volumosos através do rúmen e o tempo de retenção destes no trato digestivo, através do método de Cr-mordente (UDEN et al., 1980). A transformação dos dados foi efetuada segundo o método proposto por ADAMS & HILLS (1977). A técnica consistiu em introduzir os volumosos marcados diretamente no rúmen, na proporção de 5% do total do volumoso consumido. Após isto, foram coletadas amostras de conteúdo ruminal nos tempos: 0 (adição do volumoso marcado), 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48,

Experimento I

Ensaio de degradabilidade *in situ*: as dietas de feno e BIN proporcionaram as melhores condições ruminais para degradação de fibra, sendo a extensão (quadro 2) e a taxa de degradação (quadro 3) superiores às observadas na dieta de BAH. Na dieta de BIN em relação à de feno, não foi observado efeito depressor do amido na degradação de fibra, conforme outros trabalhos sugerem (MONSON & UTLEY, 1974 e LINDBERG, 1981).

Quadro 2. Efeito de diferentes dietas na extensão de degradação *in situ* de três tipos de alimentos

| Dieta | Alimento | | |
|-------|----------------|---------------|---------------|
| | Elefante | BIN | BAH |
| (%) | | | |
| Feno | 74,2 + 1,7 aA* | 36,3 + 2,9 aB | 69,6 + 1,8 aA |
| BIN | 75,3 + 2,8 aA | 35,7 + 4,3 aB | 68,4 + 4,8 aA |
| BAH | 59,1 + 4,0 bA | 17,3 + 1,2 bC | 47,8 + 6,9 bB |

* : Letras diferentes indicam diferença

Quadro 3. Efeito de diferentes dietas na extensão de degradação *in situ* de três tipos de alimentos

| Dieta | Alimento | | |
|-------|---------------|---------------|--------------|
| | Elefante | BIN | BAH |
| (%) | | | |
| Feno | 8,4 + 0,3 aA* | 5,9 + 1,3 aB | 6,0 + 0,5 aB |
| BIN | 8,6 + 0,6 abA | 5,5 + 1,0 aAB | 4,8 + 1,9 aB |
| BAH | 6,1 + 1,8 bA | 3,7 + 1,5 aA | 4,4 + 1,6 aA |

* : Letras diferentes indicam diferença estatística (P < 0,05) pelo teste de Tukey. Letras minúsculas devem ser comparadas na coluna e as maiúsculas na linha.

Os resultados mostraram que o BAH tem um potencial de degradação (incubação na dieta de feno) muito superior ao BIN (69,6% x 36,3%). Porém, quando estes alimentos são incubados em suas respectivas dietas (figura 1), a superioridade do BAH em relação ao BIN diminui (47,8% x 35,7%, respectivamente). Estes resultados indicam que o BAH quando utilizado como volumoso exclusivo em elevada proporção na dieta (65%), tem efeitos prejudiciais no rúmen, deprimindo a degradação da fração fibrosa.

Para a taxa de degradação, os efeitos de dieta e alimento foram semelhantes aos observados na extensão de degradação. Comparando-se BAH e BIN, foi observado que em condições potenciais, as taxas de degradação são semelhantes (5,9%/h x 6,0%/h) e em condições efetivas a taxa de degradação do BAH é inferior à do BIN (4,4%/h x 5,5%/h).

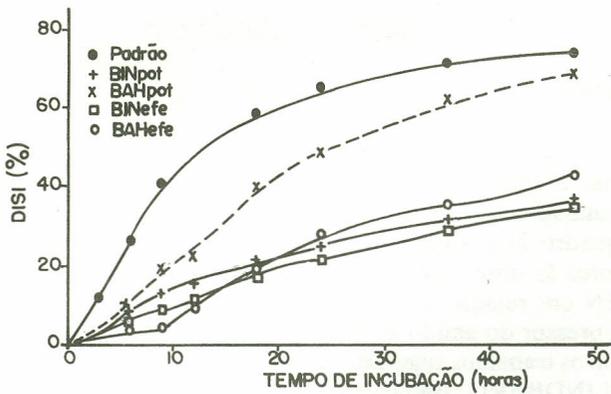


Figura 1. Curva de degradabilidade in situ da fração insolúvel em diferentes condições ruminiais.

Estes dados mostram que o tratamento sob pressão e vapor eleva o potencial de degradação do bagaço de cana, principalmente no que se refere a sua fração fibrosa. Porém, em condições de alimentação este não é alcançado, provavelmente em função das condições ruminiais inadequadas à sua degradação.

Experimento II

Ensaio de digestibilidade *in vivo* e fermentação ruminal: o consumo de matéria seca via volumoso na dieta de BAH foi maior (quadro 4), indicando um efeito favorável do tratamento. O resultado de digestibilidade da PB inferior observado na dieta de BAH, confirma os dados obtidos por PATE (1982). Isto sugere a existência de algum fator anti-proteolítico presente no BAH e que pode estar agindo no rúmen, intestino ou em ambos.

À semelhança dos resultados obtidos através do método *in situ*, obteve-se neste experimento valores próximos de digestibilidade *in vivo* da parede celular (FDA e FDN), entre as dietas de BAH e BIN.

Os resultados de avaliação da fermentação ruminal encontram-se no quadro 5. Observou-se que o pH ruminal na dieta BAH foi abaixo do mínimo requerido para a máxima atividade de bactérias celulolíticas (KAUFMANN et al., 1980), indicando que o BAH tem grande efeito na diminuição do pH ruminal. Isto pode ser devido ao próprio pH do volumoso, o qual é próximo a 3,2, como também devido à menor ruminação observada nesta dieta, em função da desestruturação física das fibras do BAH. O pH fecal (quadro 3), inferior na dieta de BAH, mostra que pode estar ocorrendo também efeito prejudicial para a digestão pós-rúmen (intestino delgado e grosso).

Os resultados de AGV mostram que a intensidade

Quadro 4. Resultados do ensaio de digestibilidade *in vivo*

| | Dieta | |
|---------------|----------------|----------------|
| | BIN | BAH |
| Consumo | (Kg) | |
| MS | 7,36 + 0,74 b* | 10,81 + 1,42 a |
| MO | 7,00 + 0,70 b | 10,12 + 1,71 a |
| FDA | 2,00 + 0,32 b | 4,00 + 0,61 a |
| FDN | 3,75 + 0,41 b | 4,79 + 0,68 a |
| PB | 0,68 + 0,07 b | 1,08 + 0,15 a |
| Dig. Aparente | (%) | |
| MS | 60,17 + 2,68 a | 54,67 + 2,95 a |
| MO | 62,98 + 2,61 a | 56,93 + 2,68 a |
| FDA | 39,53 + 4,13 a | 43,86 + 4,63 a |
| FDN | 41,92 + 2,79 a | 45,09 + 6,66 a |
| PB | 65,66 + 2,95 a | 59,13 + 1,02 b |
| NDT | 61,96 + 2,64 a | 58,76 + 2,98 a |
| pH fecal | 6,95 + 0,14 a | 6,58 + 0,02 b |

* : Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Quadro 5. Resultados de fermentação ruminal e diluição de fase líquida

| | Dieta | |
|-----------------|-----------------|----------------|
| | BIN | BAH |
| T. dil (%/h) | 5,97 + 0,39 b* | 8,35 + 1,27 a |
| Turnover (h) | 16,83 + 1,09 a | 12,27 + 1,98 b |
| Volume (l) | 74,00 + 14,10 a | 74,70 + 21,0 a |
| pH ruminal | 6,90 + 0,08 a | 5,89 + 0,12 b |
| NH3 (mg/100 ml) | 3,47 + 2,59 a | 4,19 + 1,50 a |
| | (meq/100ml) | |
| C2 | 5,92 + 0,63 b | 7,90 + 0,59 a |
| C3 | 1,54 + 0,23 b | 2,63 + 0,12 a |
| C4 | 0,62 + 0,11 b | 1,16 + 0,17 a |
| Isoácidos | 0,37 + 0,05 a | 0,26 + 0,02 b |
| Total de AGV | 8,46 + 0,81 b | 11,95 + 0,83 a |
| | (%) | |
| C2 | 70,01 + 2,94 a | 66,05 + 0,90 b |
| C3 | 18,25 + 2,46 b | 22,08 + 1,01 a |
| C4 | 7,27 + 0,83 b | 9,68 + 0,85 a |
| Isoácidos | 4,29 + 0,59 a | 2,18 + 0,22 b |

* : Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

de fermentação ruminal na dieta de BAH foi superior, provavelmente em função da degradação de pentoses, o que foi confirmado pela maior porcentagem de C3 nesta dieta. No entanto, a concentração de isoácidos nesta dieta foi inferior, possivelmente devido à menor proteólise ruminal, concordando com o resultado de digestibilidade da PB nesta dieta. A presença de monômeros fenólicos e taninos poderia estar relacionada à esta menor hidrólise da proteína dietética.

Como resultado da desestruturação de sua fração fibrosa e do maior consumo, o tempo de retenção do BAH no rúmen foi inferior ao BIN (quadro 6). Considerando os tempos de retenção do BAH e do BIN no rúmen, foram determinadas respectivamente, a degradabilidade ruminal potencial (61,0 e 33,6%) e efetiva (34,8 e 32,4%).

Quadro 6. Resultados de passagem do volumoso pelo rúmen e trato digestivo

| | Dieta | |
|----------------|----------------|----------------|
| | BIN | BAH |
| | Rúmen | |
| Taxa pas. (%h) | 2,17 + 0,34 b* | 3,06 + 0,49 a |
| Tempo ret. (h) | 47,32 + 8,36 a | 33,46 + 5,13 b |
| | (Trato dig.) | |
| Tempo ret. (h) | 60,23 + 6,81 a | 55,33 + 3,35 a |

* : Letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

CONCLUSÕES

1. Dietas contendo exclusivamente feno ou 46% de bagaço de cana *in natura* e 53% de concentrado, proporcionaram condições ruminais adequadas para degradação de fibra.

2. Nestas condições ruminais, o bagaço de cana auto-hidrolisado tem uma degradabilidade muito superior ao bagaço de cana *in natura*, indicando eficiência no tratamento.

3. Porém, quando foi utilizado o bagaço de cana auto-hidrolisado como volumoso exclusivo em dietas para bovinos, o processo de degradação ruminal foi prejudicado, independentemente do tipo de fibra que está sendo degradada.

4. Assim, embora a auto-hidrólise aumente o potencial de degradação do bagaço de cana, nas condições efetivas de alimentação o grau de utilização de sua fração fibrosa não difere do bagaço *in natura*.

5. Esta ineficiência na utilização da fibra do bagaço de cana auto-hidrolisado pode estar relacionada às condições ruminais desfavoráveis à atividade de bactérias celulolíticas, principalmente devido ao baixo pH ruminal e elevada taxa de passagem do volumoso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.J. & HILLS, F.J. A power parabola for an asymmetrical response. *Agron. J.*, Madison, Wis., 69(1):124-5, 1977.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 10. ed. Washington, D. C., 1985. 975p.
- BERGER, L.L.; KLOPFENSTEIN, T.J. & BRITTON, R.A. Effect of sodium hydroxide treatment on rate of passage and rate of ruminal fiber digestion. *J. Anim. Sci.*, Champaign, Ill., 50(4):745-9, 1980.
- CHANEY, A.L. & MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and amonia. *J. Clin. Chem.*, Berlin, 8:130-2, 1962.
- COSTA, L.R.O. Suplementação de uréia em dietas de bagaço de cana (*Saccharum sp. L.*) auto-hidrolisado para ruminantes. Tese de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1987. 112f.
- GARRET, W.N.; WALKER, H.G.; KOHLER, G.O.; HART, M.R. & GRAHAM, R.P. Steam treatment of crop residues for increased ruminant digestibility. II. Lam feeding studies. *J. Anim. Sci.*, Champaign, Ill., 51: 409-13, 1981.
- GOERING, H.K. & VAN SOEST, P.J. Forage fiber analyses (Apparatus reagents, procedures and some applications) Washington, D. C., 1970. 19p. (Agricultural Handbook, 379).
- HUNT, C.W.; PATERSON, A.; ZINN, G.M. & WILLIAMS, J.E. Effect of participle lenght and sodium hydroxide treatment of wheat straw on site and extent of digestion by lambs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, Ill., 58(6):1454-60, 1984.
- KAUFMANN, W.; HAGEMEISTER, H. & DIRKSEN, G. Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding. In: RUCKEBUSH, Y. & THIVEND, P., Digestive physiology and metabolism in ruminants. Connecticut, Avi Publishing 1980. p. 587-602.
- LINDBERG, J.E. The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogen compounds and cell walls in nylon bags. Roughage and cereals in various proportions. *Swed J. Agric. Res.*, Upspsala, 11(4):159-69, 1981.
- MARCOS, A.C.M.; LEME, P.R. & BOIN, C. Efeito do tempo de tratamento a pressão e vapor na composição química e na digestibilidade *in vitro* da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar. *Zootecnia*, Nova Odessa, SP, 22(4):383-95, 1984.
- MEHREZ, A.Z. & RSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, 88(3):645-50, 1977.
- MELLO Jr., C.A. Efeitos do tratamento com pressão e vapor sobre a composição e a cinética da fermentação *in vitro* do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum sp. L.*). Tese de Mestrado, Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1987. 100f.
- MONSON, W.G. & UTLEY, P.R. Effects of diet of fistulated steer on *in vitro* and *in vivo* nylon bag digestibility of forage-corn mixtures. *Agron. J.*, Madison, Wis., 66(3):358-60, 1974.
- PATE, F.M. Value of treating bagasse with steam under pressure for cattle feed. *Trop. Agric.*, St. Agustine, 59(4):293-97, 1982.
- ÚDEN, P.; COLUCCI, P.E. & VAN SOEST, P.J. Investigation of ochromium, cerium and cobalt as markers in digesta. RTate of passage studies. *J. Sci. Food Agric.*, London, 31(7):625-32, 1980.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W. & COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.*, Champaign, Ill., 55(1):125-29, 1972.