

EFEITOS DO EMURCHECIMENTO, FORMOL, ÁCIDO FÓRMICO E SOLUÇÃO DE "VIHER" SOBRE A QUALIDADE DE SILAGENS DE CAPIM-ELEFANTE, CULTIVARES MINEIRO E VRUCKWONA¹

WAGNER LAVEZZO², OTÁVIA ELISA NOGUEIRA MENDES LAVEZZO³,
ISMAEL ANTONIO BONASSI⁴ e LUIZ CARLOS BASSO⁵

RESUMO - As cultivares Mineiro e Vrockwona do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) foram cortadas aos 75 dias de desenvolvimento, ensiladas em tambores metálicos e submetidas a quatro tratamentos: 1. Emurchecimento ao sol por oito horas; 2. Adição de 0,5% de formal ao material seco e picado; 3. Adição de 0,5% de ácido fórmico (85%); e 4. Adição de 0,2% da solução de "Viher" (70% formal + 26% ácido fórmico + 4% água). Quando o tratamento adotado foi o emurchecimento, os teores de carboidratos solúveis foram suficientes para produzir silagens lácticas com baixos teores de pH, e ácidos acético e butírico. Na ensilagem das duas cultivares do capim-elefante, cortadas aos 75 dias de desenvolvimento, houve necessidade de se elevar a dose da solução de "Viher" para que se evitasse a obtenção de silagens inferiores.

Termos para indexação: tambores metálicos, capim fresco, capim picado, aditivos, carboidratos, ácido butírico, putrecina.

EFFECTS OF WILTING, FORMOL, FORMIC ACID AND "VIHER" SOLUTION, ON MINEIRO AND VRUCKWONA CULTIVARS SILAGE QUALITY OF ELEPHANT GRASS

ABSTRACT - The elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum) Mineiro and Vruckwona cultivars were cut at 75 days of age and ensiled in metal drums and submitted to four treatments: 1. Wilting under the sun for eight hours; 2. Addition of 0.5% formol (40% formaldehyde) to the fresh and chopped material; 3. Addition of 0.5% formic acid (85%); and 4. Addition of 0.2% "Viher" solution (70% formal + 26% formic acid + 4% water). The soluble carbohydrate levels were enough to produce latic silages with low pH, and acetic and butyric acids when the adopted treatment was wilting. In both cultivars of elephant grass ensilage, cut at 75 days of age, it was necessary to increase the "Viher" solution concentration to obtain better quality silages.

Index terms: elephant grass silage, metal drums, fresh grass, chopped grass, additives, carbohydrates, organic acids, putrecine.

¹ Aceito para publicação em 13 de setembro de 1989.

² Méd. - Vet., Prof. - Adjunto, Dep. de Melhor. Zoot. Nutr. Animal da Fac. Med. Vet. e Zoot. - UNESP-Botucatu, CEP 18600 Botucatu, SP.

³ Enga. - Agra., Profa. - Assistente, Dep. de Melhor. Zoot. e Nutr. Animal, da Fac. Med. Vet. e Zoot. - UNESP.

⁴ Eng. - Agra., Prof. - Titular, Dep. de Tecnol. Prod. Agropec., Fac. Ciências Agron. - UNESP.

⁵ Eng. - Agra., Prof. - Assistente, Dr., Dep. de Química - Setor Biot., da ESALQ, USP, CEP 13400 Piracicaba, SP.

INTRODUÇÃO

A alta produção de matéria verde por área, característica do capim-elefante (Pereira et al. 1966), bem como a disponibilidade de inúmeras cultivares e variedades, têm propiciado a escolha eletiva desta gramínea para a utilização na ensilagem. No entanto, quando ela melhor se adapta ao armazenamento, ou

seja, com 50 a 60 dias de desenvolvimento (Pastel et al. 1967), seu excesso de umidade e teor de carboidratos solúveis, geralmente abaixo dos 13% a 16% considerados ótimos por Catchpole & Henzel (1971), não permitem a obtenção de silagens adequadas, e desencadeiam nelas mesmas a presença elevada de ácido butírico, ácidos voláteis, aminas, amônias e gases, que, segundo as observações de McDonald et al. (1966) e McCullough (1977), caracterizam fermentações secundárias indesejáveis.

Embora o capim-elefante apresente cultivares com teores de carboidratos solúveis acima de 16% (Tosi et al. 1983b), como é o caso da Taiwan A-148, ele tem originado silagens de boa qualidade, mesmo com níveis abaixo deste valor (Lavezzo et al. 1983a). Da mesma forma, o poder-tampão relativamente baixo no capim-elefante (Tosi 1973) e a sua redução com o envelhecimento (Gutierrez 1975) ou com emurchecimento, não têm impedido a obtenção de silagens adequadas. Portanto, o excesso de umidade desta gramínea, quando nova, é o principal obstáculo à ensilagem.

Os ácidos orgânicos, o índice de pH e o nitrogênio volátil como percentagem do nitrogênio total têm sido mensurados por diversos autores para caracterizar a qualidade da silagem do capim-elefante. Se um pH estável não é obtido na silagem, normalmente em decorrência de uma deficiência de carboidratos solúveis ou devido à umidade excessiva do material, fermentações clostrídicas podem ocorrer, resultando no catabolismo do ácido láctico a ácido butírico e numa extensiva degradação dos aminoácidos para vários compostos, incluindo a amônia, CO₂ e aminas (Barry 1977, Ohshima & McDonald 1978).

Inúmeros trabalhos têm realçado o grande papel exercido pelo ácido láctico na redução das fermentações indesejáveis no silo (Breirem & Ulvesli 1960, Kearney & Kennedy 1962), uma vez que este ácido provoca a queda do pH para níveis adequados, de 3,8 a 4,2 (Musgrave & Kennedy 1950). No entanto, segundo McDonald et al. (1966) e Whittenbury et al. (1967), o pH nem sempre é um índice real da qualidade de silagens, pois não é possível estabelecer o seu valor exato, para o qual as bactérias do gênero *Clostridium* são inibidas, desde que isto depende de muitos fatores, tais como o conteúdo de umidade, aditivos e técnicas utilizadas antes da ensilagem.

Wieringa (1958) constatou um aumento na sensibilidade dos clostrídeos com a elevação da pressão osmótica; destarte, como preconizam Allred & Kennedy (1956), o emurchecimento seria o método mais econômico para reduzir as perdas por drenagem

e fermentação na ensilagem de forragens mais tenras. Em silagens de capim-elefante emurchecido, Tosi et al. (1983b) e Silveira et al. (1979a) observaram decréscimos nos teores de ácido láctico, acético, propiônico e butírico, além de decréscimos no nitrogênio amoniacal.

Além do emurchecimento, o uso de certos aditivos durante a ensilagem têm desencadeado modificações nos parâmetros usualmente adotados para caracterização da qualidade de uma silagem. Assim, o formol, comercializado em solução de 37% a 45% de formaldeído, possui uma atividade bactericida (Gross & Beck 1972), propiciando uma redução nas fermentações das silagens feitas com capins novos. Dessa maneira, a quantidade de ácidos produzida é muito baixa (Tammiga & Koelen 1975), havendo, em contrapartida, uma elevação do pH (Waldo 1977). Acresça-se que o formaldeído (isoladamente ou associado ao ácido fórmico) forma ligações em diferentes locais da molécula de proteína, protegendo-o contra a decomposição, tanto no silo quanto no rúmen (Ferguson et al. 1967), ficando seu benefício máximo regulado pelas dosagens de aplicação na ensilagem.

Segundo Thomas (1978), a adição de ácido fórmico no material vegetal antes de ensilar propicia uma proteólise limitada e uma redução na produção do ácido láctico e outros ácidos, porém produz um decréscimo imediato e desejável no pH. O efeito preservativo do ácido fórmico tem sido atribuído primariamente ao aumento na concentração de hidrogênio no meio (Syrjälä 1972) e à sua ação bactericida, segundo afirmam Saue & Breirem (1969) ou ao esterilizante parcial, de acordo com Barry (1975).

Objetivou-se, neste estudo, verificar a influência da técnica do emurchecimento e da adição do formol, ácido fórmico e solução do "Viber" sobre a qualidade das silagens do capim-elefante, cultivares Mineiro e Vruckwona, cortadas aos 75 dias de desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

No experimento, conduzido nas dependências da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP -, campus de Botucatu, foram utilizadas as cultivares Mineiro e Vruckwona do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). Numa capineira estabelecida havia dois anos, efetuou-se um corte de uniformização, em janeiro de 1984, seguido de uma adubação com 500 kg/ha de sulfato de amônio, 100 kg/ha de superfosfato simples e 100 kg/ha de cloreto de potássio.

As gramíneas foram cortadas para ensilagem 75 dias após a uniformização, sendo que, após a avaliação das produções de matéria verde das parcelas, foram retirados, de cada uma delas, perfílos curtos, médios e longos, para a determinação da matéria seca das cultivares (Association of Official Agricultural Chemists 1970). A seguir, antes da ensilagem as gramíneas foram submetidas a quatro tratamentos, a saber: a) emurhecimento por oito horas ao sol; b) adição de 0,5% de formol (40% formaldeído) ao material recém-picado; c) adição de 0,5% de ácido fórmico (85%) e d) adição de 0,2% da solução de "Viher" (70% formol, mais 26% ácido fórmico, mais 4% água), havendo, para estes três últimos tratamentos, uma diluição em água na proporção de 1:1.

Foram utilizados como silos experimentais tambores metálicos de 200 litros de capacidade, revestidos por sacos de plástico. O material permaneceu ensilado por seis meses, sendo que, após a abertura dos silos, foram retiradas várias subamostras, que foram armazenadas em congelador a -20°C . A amostra composta de todos os silos foi dividida em três partes, sendo que a primeira delas foi pré-secada em estufa de circulação do ar forçada, para a determinação do teor de matéria seca (Association of Official Agricultural Chemists 1970). A segunda foi prensada, e do suco foram determinados: o pH (através de leitura direta em potenciômetro), os ácidos orgânicos, que foram quantificados em cromatógrafo a gás, segundo a metodologia descrita por Wilson (1971), com modificações de Boim (1975), e a porcentagem do nitrogênio amoniacal/nitrogênio total, segundo o método proposto por Tosi (1973). A terceira porção foi imersa em nitrogênio líquido e moída, para a determinação dos teores de putrecina mais cadaverina, adotando-se, para a extração dessas aminas, a técnica descrita por Basso & Smith (1974), sendo analisadas, posteriormente, por cromatografia seguida de densitometria, de acordo com a metodologia de Crócomo & Rossi (1967).

Os teores de carboidratos solúveis totais, a identificação e quantificação dos açúcares e o poder tampão foram determinados segundo a metodologia descrita por Lavezzo et al. (1983a). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2×4 , com três repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Tabela 1, pode-se verificar a excelente produção de massa forrageira para ensilagem, de ambas as cultivares de capim-elefante, que foi de

TABELA 1. Produções de matéria verde e matéria seca, e teor de matéria seca de duas cultivares de capim-elefante cortadas aos 75 dias de desenvolvimento.

Cultivares	Produção (t/ha)		MS (%)
	Matéria verde	Matéria seca	
Mineiro	77,2a	14,6	18,67b
Vruckwona	97,2b	15,8	16,46a
Média	87,2	15,2	17,56

* Nas colunas, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

97,2 t de MV/ha para a Vruckwona e 77,2 t de MV/ha para a Mineiro, com diferenças estatisticamente significativas entre elas ($P < 0,05$). Tais diferenças não ocorreram para as produções de matéria seca com valores de 14,6 e 15,8 t/ha para a Mineiro e Vruckwona, respectivamente. Embora o capim-elefante tenha sido cortado aos 75 dias de desenvolvimento, fora, portanto, de seu "equilíbrio nutritivo" (Patel et al. 1967), há que se considerar que, sob o aspecto prático, as 7,0 t de MV/ha (cv. Mineiro) e as 14 t de MV/ha (cv. Vruckwona) produzidas a mais, comparadas às mesmas cultivares, porém com 60 dias de desenvolvimento (Lavezzo et al. 1983a), implicam, para o carregamento do silo, o uso de uma área menor, redução dos custos e menor tempo de ensilagem.

Pela Tabela 1 pode-se verificar que as duas cultivares de capim-elefante, mesmo cortadas aos 75 dias de desenvolvimento, possuíam teores baixos de matéria seca (Mineiro = 18,67% e Vruckwona = 16,46%, com diferença estatística de $P < 0,05$), o que limitaria, sob condições normais, a obtenção de silagens de boa qualidade (Gordon et al. 1965 e McCullough 1977). Tal aspecto não se aplicaria quanto ao poder-tampão, pois, embora a cultivar Vruckwona tenha apresentado um valor de 24,03 meq HCl/100 g MS (Tabela 2), estatisticamente superior ao da cultivar Mineiro (19,87 meq), estes níveis são inferiores aos registrados por Playne & McDonald (1966) para gramíneas temperadas (31 meq). No tocante ao teor de matéria seca, menção deve ser feita ao fato de que a cultivar Vruckwona, em face dos

TABELA 2. Teores de carboidratos solúveis, glicose, frutose, sacarose, matéria seca e poder tampão de duas cultivares de capim-elefante.

Cultivares	% na matéria seca				MS (%)	Poder-tampão meq HCl/100 g MS
	Carboidratos solúveis	Glicose	Frutose	Sacarose		
Mineiro	9,32a	3,08a	3,35a	0,39	22,04b	19,87a
Vruckwona	10,79b	3,96b	4,44b	0,44	19,64a	24,03b
Médias	10,06	3,52	3,89	0,41	21,34	21,95

* Nas colunas, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

seus caules mais volumosos, tem se mostrado mais succulenta, seja quando cortada mais nova (Silveira 1976), seja com 97 dias de desenvolvimento (Gutierrez 1975). Assim, levando-se em conta que os teores de matéria seca de 28% a 34%, considerados ideais para ensilagem (McCullough 1977), não seriam obtidos pelas duas cultivares de capim-elefante, mesmo cortadas aos 75 dias de desenvolvimento, foi necessário adotar a técnica do emurchecimento ou utilizar aditivos inibidores da fermentação, para viabilizar a utilização deles como plantas para ensilagem.

A Tabela 2 registra que a cultivar Vruckwona revelou teores de carboidratos solúveis, glicose e frutose (10,79%; 3,96% e 4,44%, respectivamente) estatisticamente superiores ($P < 0,05$) aos observados na cultivar Mineiro (9,32%; 3,08% e 3,35%, respectivamente), aspecto, este, igualmente constatado por Silveira et al. (1979b) e Lavezzo et al. (1983a). Depreende-se, também, que os totais dos três açúcares livres (glicose, frutose e sacarose) foram menores que os valores atribuídos aos carboidratos solúveis totais, perfazendo, percentualmente, as quantidades de 73,18% para a cv. Mineiro e 81,93% para a Vruckwona. Analisando apenas a média geral daquela percentagem de açúcares livres (das duas cultivares) em relação ao total, verifica-se que, do valor de 77,73%, a glicose e frutose perfizeram 73,66%, e a sacarose, apenas 4,07%, o que ratifica aquela afirmação de que a glicose e a frutose são os principais açúcares do capim-elefante (Gutierrez 1975).

Na Tabela 3, pode-se observar que os quatro tratamentos não interferiram nos teores de carboidratos solúveis totais e glicose, com médias de

10,06% e 3,52%, respectivamente. Já para a frutose e sacarose, verificou-se que os capins submetidos à solução de "Viher" revelaram teores mais elevados (4,31% e 0,53%, respectivamente) que os submetidos ao emurchecimento (3,66% e 0,36%, respectivamente). O fato é que os níveis médios de carboidratos solúveis das duas cultivares, ao redor de 10%, seriam, segundo Catchpoole & Henzel (1971), insuficientes para obtenção de silagens lácticas; no entanto, como pode ser verificado na Tabela 4, o emurchecimento, aumentando o teor de matéria seca dos capins em cerca de 5,94 unidades de percentagem (em relação à média dos demais tratamentos), permitiu a obtenção das silagens lácticas, em face dos teores de 8,25% e 10,54% registrados para as cultivares Mineiro e Vruckwona, respectivamente (Tabela 4). Portanto, o emurchecimento, aumentando o teor de ácido láctico (Wilkins et al. 1971), reduzindo o poder-tampão da massa ensilada (Smith 1962) sem afetar grandemente a atividade das bactérias lácticas (De Vuyst & Vanbelle 1969), propiciou condições suficientes para a obtenção de silagens adequadas, haja vista os baixos teores de ácido acético (0,30%), ácido propiônico (0,10% a 0,18%), ácido butírico (0,0010% a 0,0021%), ácido isobutírico (0,0081% a 0,0188%), ácido valérico (0,12%), ácido isovalérico (0,023%), pH de 3,88 e NH_3/N de 14,23%, observados nas Tabelas 4, 5 e 6, respectivamente.

A atividade bactericida do formaldeído (Gross & Beck 1972), com a subsequente inibição das fermentações nas silagens (Tammiga & Koelen 1975), justificam o menor teor de ácido láctico observado no tratamento com formol, seja na cultivar Mineiro (0,26%) seja na Vruckwona (0,61%). A dose de

TABELA 3. Efeito de diferentes métodos de tratamento, sobre os teores de carboidratos solúveis, glicose, frutose, sacarose e matéria seca (média das cultivares Mineiro e Vruckwona).

Tratamentos	% na matéria seca				MS (%)
	Carboidratos solúveis	Glicose	Frutose	Sacarose	
Emurchecimento	9,76	3,34	3,66a	0,36a	26,33b
Formol	10,08	3,50	3,82ab	0,39a	20,05a
Ácido fórmico	9,69	3,55	3,79ab	0,37a	19,76a
Solução de "Viher" ¹	10,70	3,68	4,31b	0,53b	19,23a
Médias	10,06	3,52	3,89	0,41	21,34

¹ Solução de "Viher" = 70% formol + 26% ácido fórmico + 4% água. Nas colunas, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

TABELA 4. Teores de matéria seca e de ácidos orgânicos (lático, acético e propiônico - % na MS) em silagens de capim-elefante submetido a quatro tratamentos.

Tratamentos	MS (%)	Ácido lático		Ácido acético	Ácido propiônico	
		Mineiro	Vruckwona		Mineiro	Vruckwona
Emurchecimento	23,93b	8,25cA	10,54cB	0,30a	0,10bA	0,18cB
Formol	18,29a	0,26aA	0,61aB	0,25a	0,06aA	0,12abB
Ácido fórmico	18,90a	4,48bA	5,62bB	1,75b	0,11bA	0,10aA
Solução de "Viher"	16,77a	4,79bA	8,94cB	1,69b	0,13bA	0,11abA

Médias de uma mesma variável, seguidas das mesmas letras maiúsculas (linhas) e minúsculas (colunas), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

TABELA 5. Teores de ácidos butírico, isobutírico, valérico e isovalérico em silagens de capim-elefante submetidas a quatro tratamentos.

Tratamentos	Ácido butírico		Ácido isobutírico		Ácido valérico	Ácido isovalérico
	Mineiro	Vruckwona	Mineiro	Vruckwona		
Emurchecimento	0,0021aA	0,0010aA	0,0081aA	0,0188bB	0,12a	0,023a
Formol	0,0015aA	0,0097aA	0,0019aA	0,0123abB	0,28c	0,010a
Ácido fórmico	0,0004aA	0,0022aA	0,0046aA	0,0068aA	0,19b	0,016a
Solução de "Viher"	0,3081bB	0,2061bA	0,0293bB	0,0200bA	0,12a	0,140b

Médias de uma mesma variável, seguidas das mesmas letras maiúsculas (linhas) e minúsculas (colunas) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

TABELA 6. Índice pH, nitrogênio amoniacal e putrecina + cadaverina em silagens de capim-elefante submetido a quatro tratamentos.

Tratamentos	pH	NH ₃ /N ¹	Putrecina + Cadaverina mg/100 g de MS	
			Mineiro	Vruckwona
Emurchecimento	3,88a	14,23a	41,60bA	64,10dB
Formol	4,93c	12,83a	7,43aA	5,50aA
Ácido fórmico	4,00a	13,05a	35,33bB	16,60bA
Solução de "Viher"	4,47b	18,19b	51,67bB	28,57cA

Médias de uma mesma variável, seguidas das mesmas letras maiúsculas (linhas) e minúsculas (colunas) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ NH₃/N = percentagem de nitrogênio amoniacal/nitrogênio total.

formol utilizada neste estudo foi de 5 litros/t de matéria verde, suficiente, segundo Wilson & Wilkins (1978), para restringir severamente fermentações nas silagens, originando uma quantidade de ácidos totais, na matéria seca, inferior a 2%. Tal fato foi constatado nesta pesquisa, já que a soma total dos ácidos analisados atingiu de 0,86% a 1,29%, respectivamente, para as silagens de Mineiro e Vruckwona.

Para as silagens confeccionadas com o ácido fórmico, obtiveram-se os teores de ácido láctico de 4,48% e 5,62% (respectivamente nas cultivares Mineiro & Vruckwona), valores, estes, praticamente semelhantes aos constatados por Silveira et al. (1979a), quando utilizaram este mesmo tratamento para a ensilagem destas cultivares, cortadas aos 60 dias de desenvolvimento. Assim, a ação bactericida (Saue & Breiren 1969) ou esterilizante parcial (Barker et al. 1973), e o rápido aumento na concentração de hidrogênio no meio (Syrjälä 1972), propiciadas pelo ácido fórmico, resultaram em silagens bem conservadas, segundo se depreende dos baixos teores de ácido acético (1,75% - Tabela 4), ácido butírico (de 0,0004% a 0,0022% - Tabela 5), nitrogênio amoniacal e pH (respectivamente 13,05% e 4,00. Tabela 6).

A atividade acidificante e bactericida seletiva do ácido fórmico, associada à ação bactericida do formol, pode reduzir o risco de fermentações clostrídicas nas silagens, mormente se a dose de formaldeído na mistura for na base de 3 g a 5 g/100 g de PB (Wilkinson et al. 1976). No entanto, a despeito de os teores de formaldeído do presente estudo estarem

entre 2,72 g/100 g de PB (cv. Mineiro) a 3,02 g/100 g PB (cv. Vruckwona), não se verificaram reduções nas fermentações clostrídicas, apesar dos teores de ácido láctico de 4,79% (cv. Mineiro) e 8,94% (cv. Vruckwona). Isto pode ser constatado através dos elevados teores de ácido butírico (de 0,2061% a 0,3081% - Tabela 5), nitrogênio amoniacal e pH (18,19% e 4,47, respectivamente - Tabela 6). Assim, de forma semelhante ao ocorrido com as mesmas gramíneas cortadas e ensiladas com 60 dias de desenvolvimento (Lavezzo et al. 1983b), a dosagem de dois litros/t de matéria verde da solução de "Viher" foi insuficiente para impedir fermentações indesejáveis, o que revela que a simples adoção de dosagens adequadas dessa solução para ensilagem de gramíneas temperadas pode não surtir efeito com gramíneas tropicais, particularmente com o capim-elefante, pois o seu elevado teor de umidade impede uma acentuada queda do pH, ocasionando fermentações secundárias indesejáveis (Barry 1977, Ohshima & McDonald 1978).

Através da Tabela 4, verifica-se que os teores de ácido acético foram baixos, com valores variando de 0,30% (emurchecimento) a 1,75% (ácido fórmico). Apesar disso, apenas o tratamento pelo emurchecimento permitiu a obtenção de silagens com a relação láctico:acético elevada, haja vista os valores de 27,5:1 e 35,1:1, respectivamente, obtidos com as cultivares Mineiro e Vruckwona. Estas relações, embora superiores em magnitude às observadas por Tosi (1973), Silveira et al. (1979a), Lavezzo et al. (1983b), Tosi et al. (1983a), também em silagens de capim-elefante

emurchecido, revelam, uma vez mais, a eficiência deste tratamento para a ensilagem.

De forma semelhante ao ocorrido com o ácido láctico, a ação bactericida do formol inibiu as fermentações no silo, com uma subsequente redução na produção de ácido acético. Assim, o teor de 0,25% deste ácido nas silagens já era esperado, pois doses de formol acima de 4,5 litros/t de matéria verde são suficientes para reduzir a produção deste ácido (Wilkinson et al. 1976). O ácido fórmico e a solução de "Viher" propiciaram silagens com teores de ácido acético (respectivamente, de 1,75% e 1,69%) superiores aos demais tratamentos, porém são valores baixos e bem próximos aos registrados por Silveira et al. (1979a) e Lavezzo et al. (1983b), em silagens de capim-elfante cortado aos 60 dias de desenvolvimento.

Os teores de ácido propiônico (Tabela 4), com variações de 0,06% na cultivar Mineiro (silagem com formol) a 0,18% na cultivar Vruckwona (emurchecimento), são baixos e condizentes com os valores de 0,08% a 0,23% observados na silagem dessas duas cultivares ensiladas aos 60 dias de desenvolvimento (Lavezzo et al. 1983b), e praticamente idênticos aos níveis de 0,09% a 0,17% detectados por Murrieta (1978) ao ensilar capim-colômbio com a solução de "Viher" como aditivo.

Pela Tabela 5, verifica-se que os teores médios de ácido butírico nas silagens das duas cultivares, submetidas ao emurchecimento (0,0016%), formol (0,056) e ácido fórmico (0,0013%), foram extremamente baixos e estatisticamente semelhantes ($P > 0,05$), isto porque o emurchecimento, aumentando a pressão osmótica do material (Wieringa 1958), o formaldeído, através de sua ação bactericida (Gross & Beck 1972) e o ácido fórmico, atuando como acidificante e bactericida (Syrjälä 1972 e Saue & Breirem 1969), reduzem a proteólise desencadeada pelas bactérias do gênero *Clostridium*. O maior teor de ácido butírico observado entre os tratamentos foi o da silagem confeccionada com a solução de "Viher" (0,2061% na cv. Vruckwona e 0,3081% na Mineiro), fato, este, característico de fermentações indesejáveis. Como reforço desta afirmação, acresça-se a ocorrência do maior teor de nitrogênio amoniacal (18,19%) nesta silagem, quando comparado aos valores de 14,23% (emurchecimento), 13,05% (ácido fórmico) e 12,83% (formol), conforme o contido na Tabela 6.

Depreende-se, novamente, do presente estudo, que o teor excessivo de umidade dos capins durante a ensilagem ($\bar{x} = 82,44\%$) impediu a efetiva ação

bacteriana do formaldeído, seja pela sua concentração na solução de "Viher", seja pela quantidade desta adotada (0,2% em relação ao capim verde triturado). Decréscimos de 11,05% para 2,88% de nitrogênio amoniacal só foram obtidos por Boin (1975) em silagens de capim-elfante, quando doses de 0,5% da solução de "Viher" foram adicionados à gramínea, com 17,96% de matéria seca. Entende-se, portanto, que há necessidade de aumentar as doses da solução em questão, mesmo com o capim-elfante cortado para ensilagem aos 75 dias de desenvolvimento.

O pH como índice de avaliação da qualidade de uma silagem não deve ultrapassar os valores de 4 a 4,2 (Breiren & Usvesli 1960), sendo que sob este prisma, apenas as silagens emurchecidas (3,88) e tratadas com ácido fórmico (4,00) poderiam ser classificadas como de boa qualidade (Tabela 4). Porém, a obtenção dos mais altos valores de pH nas silagens tratadas com formol (4,93) e com a solução de "Viher" (4,47) não tem grande significado, uma vez que, segundo Thomas (1978), o formaldeído, misturado ou não ao ácido fórmico, usualmente restringe a fermentação, reduzindo a concentração dos ácidos orgânicos. Tal aspecto tem sido ressaltado em numerosos trabalhos (Boin 1975, Murrieta 1978 e Lavezzo et al. 1983b).

Os tratamentos adotados influenciaram os teores de putrecina + cadaverina das silagens, ocorrendo, estatisticamente, os menores valores ($P < 0,05$) para as tratadas com formol (5,50 e 7,43 mg/100 g MS - Tabela 6), uma vez que sua ação bactericida reduz a descarboxilação da lisina e arginina, bem como de outros aminoácidos. O ácido fórmico, reduzindo rapidamente o pH (Whittenbury et al. 1967 e Ohshima & McDonald 1978), diminui o aparecimento de histamina, tiramina, triptamina, cadaverina e putrecina, o que limitaria, portanto, uma proteólise acentuada (Thomas 1978), semelhante à obtida neste estudo. Nos tratamentos pelo emurchecimento e pela mistura de "Viher", foram registrados, em geral, os maiores valores da putrecina + cadaverina (Tabela 6), o que pode ser atribuído, no primeiro caso, à ação proteolítica das enzimas da planta, uma vez que, de imediato, esta não foi ensilada, e no segundo caso, a dose ineficiente da solução de "Viher" adotada foi insuficiente para inibir a proteólise nas gramíneas com excesso de umidade.

Afinal, confrontando-se os valores do ácido butírico e a percentagem do nitrogênio amoniacal/nitrogênio total com os contidos na classificação de silagens de Toth et al. (1956), verifica-se que as sila-

gens sob o emurchecimento, formol e ácido fórmico podem ser caracterizadas como de boa qualidade, cabendo àquela em que se utilizou a solução de "Viher" a classificação de média a ruim.

CONCLUSÕES

1. As duas cultivares de capim-elefante mostraram-se altamente produtivas quando cortadas aos 75 dias de desenvolvimento, tendo, no entanto, a cultivar Vruckwona, propiciado um rendimento de matéria verde por área 20,58% maior que a Mineiro. Apesar disso, a produção de matéria seca de ambas foi semelhante ($\bar{X} = 15,2$ t).

2. A percentagem dos açúcares livres (glicose, frutose e sacarose), em relação aos carboidratos solúveis totais, foi de 73,18% para a cultivar Mineiro e de 81,93% para a Vruckwona.

3. Os teores de carboidratos solúveis da cultivar Mineiro (9,32%) e da Vruckwona (10,79%) foram suficientes para produzir silagens lácticas, com baixos pH e ácido acético, quando o tratamento adotado foi o emurchecimento.

4. Exceto nas silagens confeccionadas com a solução de "Viher", nas demais, os teores de nitrogênio amoniacal (NH_3/N) do ácido butírico caracterizaram-nas como silagens de média a boa qualidade.

5. O pH mais elevado (4,93) e os menores teores de ácidos totais (de 0,86% a 1,29%) e de putrecina + cadaverina (de 5,50 a 7,43 mg/100 g de MS) foram observados nas silagens tratadas com o formol, o que está relacionado com a comprovada ação bactericida do formaldeído.

6. Mesmo na ensilagem das duas cultivares de capim-elefante cortadas com 75 dias de desenvolvimento, há necessidade de elevar a dose da solução de "Viher", para não obter silagens de qualidade ruim, caracterizadas, neste estudo, pelos mais elevados teores da percentagem de nitrogênio amoniacal/nitrogênio total (18,19%) e do ácido butírico (de 0,2061 a 0,3081%).

REFERÊNCIAS

- ALRED, K.R. & KENNEDY, W.R. The use of small silos to determine dry matter losses during ensiling. *Agron. J.*, **48**:308-13, 1956.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, Washington, EUA. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 2. ed. Washington, 1970. 1015p.
- BARKER, R.A.; MOUWAT, D.N.; STONE, J.B.; STEVENSON, K.R.; FREEMAN, M.G. Formic acid of formic acid-formalin as a silage additive. *Can. J. Anim. Sci.*, **53**:465-73, 1973.
- BARRY, T.N. Effect of treatment with formaldehyde, formic acid and formaldehyde-acid mixture on the chemical composition and nutritive value of silage. I. Silage made from immature pasture compared with hay. *N.Z. agric. Res.*, **18**:285-94, 1975.
- BARRY, T.N. Improving forage nutritive value: some recent findings in forage conservation research in Europe. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* **37**:249-57, 1977.
- BASSO, L.C. & SMITH, T. Effect of mineral deficiency on amine formation in higher plants. *Phytochemistry*, **13**:875-83, 1974.
- BOIN, C. Elephant (Napier) grass silage production: effect of additives on chemical composition, nutritive value and animal performance. Ithaca, Cornell University, 1975. 215p. Tese Ph.D.
- BREIREM, K. & ULVESLI, O. Ensiling methods. *Herb. Abstr.*, **30**:1-8, 1960.
- CATCHPOOLE, V.R. & HENZEL, E.F. Silage and silage making from tropical herbage species. *Herb. Abstr.*, **41**:213-21, 1971.
- CRÓCOMO, O.J. & ROSSI, C. Determinação quantitativa de putrecina por cromatografia em papel de filtro. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz.*, **24**:131-40, 1967.
- DE VUYST, A. & VANBELLE, M. Los principios básicos de la conservación de los alimentos por el ensilado. *Zootecnia*, **18**:414-29, 1969.
- FERGUSON, K.A.; HEMSLEY, J.A.; REIS, P.J. The effect of protecting dietary protein from microbial degradation in the rumen. *Aust. J. Sci.*, **30**:215-7, 1967.
- GORDON, C.H.; DERBYSHIRE, J.C.; JACOBSON, W.C.; HUMPHREY, J.L. Effects of dry matter in low-moisture silage on preservation, acceptability and feeding value for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **48**:1062-8, 1965.
- GROSS, F. & BECK, T. Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung Silierhilfsmitteln. *Das Wirtschaftseigene Futter*, **18**:161-77, 1972.

- GUTIERREZ, L.E. Identificação de carboidratos e ácidos orgânicos em quatro variedades de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), colhidas em três estádios de maturidade. Piracicaba, USP-ESALQ, 1975. 103p. Tese Mestrado.
- KEARNEY, P.C. & KENNEDY, W.K. Relationship between losses of fermentable sugars and changes in organic acids of silage. *Agron. J.*, 54:114-5, 1962.
- LAVEZZO, W.; GUTIERREZ, L.C.; SILVEIRA, A.C.; MENDES, O.E.N.; GONÇALEZ, D.A. Utilização do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), cultivares Mineiro e Vruckwona, como plantas para ensilagem. *R. Soc. bras. Zoot.*, 12:163-76, 1983a.
- LAVEZZO, W.; SILVEIRA, A.C.; TOSI, H.; BONASSI, I.A.; BASSO, L.C. Parâmetros de avaliação química de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), submetidas ao emurhecimento, formol, ácido fórmico e suas misturas. *R. Soc. bras. Zoot.*, 12:706-19, 1983b.
- McCULLOUGH, M.E. Silage and silage fermentation. *Feedstuffs*, Mar. 40-52, 1977.
- McDONALD, P.; WATSON, S.J.; WHITTENBURY, R. The principles of ensilage. *Misc. Publ. Edimb. Sch. Agric.*, (375):1-110, 1966.
- MURRIETA, L.A. Efeitos da adição de uma mistura de ácido fórmico e formol na ensilagem de capim Colômbio, (*Panicum maximum*, Jacq). Piracicaba, USP-ESALQ, 1978. 196p. Tese Mestrado.
- MUSGRAVE, R.B. & KENNEDY, W.K. Preservation and storage of forage crops. *Adv. Agron.*, 2:273-315, 1950.
- OHSHIMA, M. & McDONALD, P. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *J. Sci. Fd. Agric.*, 29: 497-505, 1978.
- PATEL, B.M.; PATIL, C.A.; DHAMI, B.M. Effect of different cutting intervals on the dry matter and nutrient yield of Napier hybrid grass. *Indian J. agric. Sci.*, 37:404-9, 1967.
- PEREIRA, R.M.A.; SYKES, D.J.; GOMIDE, J.A.; VIDIGAL, G.J. Competição de 10 gramíneas para capineiras, no cerrado, em 1965. *R. Ceres*, 12:141-53, 1966.
- PLAYNE, M.J. & McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage, *J. Sci. Fd. Agric.*, 17:264-8, 1966.
- SAUE, O. & BREIREM, K. Formic acid as a silage additive. In: GENERAL MEETING EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, 3, Braunschweig, 1969. *Proceedings...* Braunschweig, s. ed., 1969. p.161-72.
- SILVEIRA, A.C. Contribuição para o estudo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), como reserva forrageira no Trópico. Botucatu, Fac. de Ci. Méd. e Biol. de Botucatu. 1976. 234p. Tese-Livre-Docência.
- SILVEIRA, A.C.; LAVEZZO, W.; TOSI, H.; GONÇALEZ, D.A. Avaliação química de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) submetidas a diferentes tratamentos. *R. Soc. bras. Zoot.*, 8:287-300, 1979a.
- SILVEIRA, A.C.; LAVEZZO, W.; TOSI, H.; GUTIERREZ, L.E. Composição em glicídios solúveis totais, glicose, frutose e sacarose, de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) como plantas para a ensilagem. *R. Soc. bras. Zoot.*, 8:348-63, 1979b.
- SMITH, L.H. Theoretical carbohydrate requirement for alfalfa silage production. *Agron. J.*, 54:291-3, 1962.
- SYRJÄLÄ, L. Effect of different sucrose, starch and cellulose supplements on the utilization of grass silages by ruminants. *Ann. Agric. Fenniae*, 11:199-276, 1972.
- TAMMIGA, S. & KOELEN, C.J. The influence of the method of preservation of forages on the digestion in dairy cows. 1. Composition of the forrages and digestibility of dry matter, organic matter and nitrogen. *Neth. J. agric. Sci.*, 23:3-9, 1975.
- THOMAS, J.W. Preservatives for conserved forage crops. *J. Anim. Sci.*, 47:721-35, 1978.
- TOSI, H. Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos. Botucatu, Fac. de Ci. Méd. e Biol. de Botucatu, 1973. 107p. Tese Doutorado.
- TOSI, H.; BONASSI, I.A.; SILVEIRA, A.C.; de FARIA, V.P. Avaliação química de silagens de capim-elefante cultivar Taiwan A-148. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 18(1):67-72, 1983a.
- TOSI, H.; de FARIA, V.P.; GUTIERREZ, L.E.; SILVEIRA, A.C. Avaliação do capim-elefante, cultivar Taiwan A-148, como planta para ensi-

- agem. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 18(3):295-9, 1983b.
- TOTH, L.; RYDIN, C.; NILSSON, R. Studies on fermentation processes in silage. Comparison of different types of forage crops. *Arch. Mikrobiol.*, 25:208-18, 1956.
- WALDO, D.R. Potential of chemical preservation and improvement of forages. *J. Dairy Sci.*, 60:306-26, 1977.
- WHITTENBURY, R.; McDONALD, P.; BRYAN-JONES, D.G. A short review of some biochemical and microbiological aspects of silage. *J. Sci. Fd. Agric.*, 18:441-4, 1967.
- WIERINGA, G.W. The effect of wilting on butyric acid fermentation in silage. *Neth. J. agric. Sci.*, 6:204-10, 1958.
- WILKINS, R.J.; HUTCHINSON, K.J.; WILSON, R.F.; HARRIS, C.E. The voluntary intake of silage by sheep. I. Interrelationship between silage composition and intake. *J. agric. Sci., Camb.*, 77:531-7, 1971.
- WILKINSON, J.M.; WILSON, R.F.; BARRY, T.N. Factors affecting the nutritive value of silage. *Outl. Agric.*, 9:3-8, 1976.
- WILSON, R.K. A rapid accurate method for measuring volatile fatty acids and lactic acid in silage. *Res. Rep. Anim. Res. Inst.*, Ruakura, 7:1-12, 1971.
- WILSON, R.F. & WILKINS, R.J. Paraformaldehyde as a silage additive. *J. agric. Sci., Camb.*, 91:23-9, 1978.