



Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia

versão impressa ISSN 0102-0935

Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. v.52 n.5 Belo Horizonte out. 2000

doi: 10.1590/S0102-09352000000500018

Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem. II - Padrão de fermentação

[*Evaluation of seven sorghum genotypes (Sorghum bicolor (L.) Moench) for silage.
II - Fermentation pattern*]

V.R. Rocha Jr.¹, L.C. Gonçalves^{2*}, J.A.S. Rodrigues³, A.F. Brito⁴, I. Borges², N.M. Rodriguez²

¹ Doutorando em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa

²Escola de Veterinária da UFMG
Caixa Postal 567

30123-970 – Belo Horizonte, MG

³Pesquisador do CNPMS/EMBRAPA

⁴Mestre em Zootecnia pela EV/UFMG

Recebido para publicação em 20 de abril de 1999.

*autor para correspondência

RESUMO

Para avaliar a qualidade das silagens de sete genótipos de sorgo, de diferentes portes e suculência do colmo, cortados aos 102 dias de idade, foram estudados os padrões de fermentação após 7, 14, 28 e 56 dias de ensilagem. Observou-se correlação entre os teores de matéria seca e de suculência do colmo, sendo os genótipos de colmo seco superiores aos de colmo succulento. Aos 56 dias de fermentação a variação foi de 23,1 a 36,1%. O pH das silagens dos sete tipos de sorgo já estava estabilizado aos sete dias de ensilagem e aos 56 dias oscilou de 3,5 a 4,3. Os sorgos de porte alto e colmo succulento apresentaram os maiores teores de carboidratos solúveis, que variaram de 4,0 a 17,2% no material original. No período final da ensilagem a variação no teor de ácido láctico foi de 2,8 a 8,5%, sendo os dois sorgos de porte médio os de valores mais baixos. O nitrogênio amoniacal em porcentagem do nitrogênio total variou de 3,8 a 6,3% aos 56 dias, sugerindo que as porcentagens de matéria seca obtidas para os sete genótipos foram suficientes para minimizar a proteólise.

Palavras-chave: Sorgo, silagem, padrão de fermentação

Meu SciELO

 Serviços customizados

Serviços Personalizados

Artigo

 Artigo em XML

 Referências do artigo

 Como citar este artigo

 Curriculum ScienTI

 Tradução automática

 Enviar este artigo por email

Indicadores

Links relacionados

Bookmark

| Mais

ABSTRACT

Fermentation patterns in the silages of seven sorghum genotypes cut at 102 days, varying in height and stem moisture were studied. Laboratory silos were opened after 7, 14, 28 and 56 days from ensilage. Dry matter percentages varied among the different types of sorghum and they were associated to moistness and sugar contents in stem. The dry stem genotypes showed higher values than wet stem genotypes. Silages at 56 days fermentation showed dry matter content varying from 23.1 to 36.1%. pH from the seven sorghum silages were already stabilized within seven days of fermentation and oscillated from 3.5 to 4.3 at 56 days of fermentation. The high and wet stem sorghums showed the highest levels of soluble carbohydrates ranging from 4.0 to 17.2% in the original material. With 56 days the variation in lactic acid content was from 2.8 to 8.5%, and the medium height sorghums showed the lowest values. The ammonia nitrogen in relation to total nitrogen percentage ranged from 3.8 to 6.3% at 56 days of fermentation.

Keywords: Sorghum, silage, fermentation pattern

INTRODUÇÃO

O objetivo da ensilagem é preservar a forrageira, mantendo a qualidade e as características de alimentação o mais próximo possível do material original. Segundo Breirem & Ulvesli (1960), a qualidade da silagem está relacionada ao processo fermentativo, e os critérios mais utilizados para avaliação desse processo são os teores de ácidos orgânicos, o índice de pH e a porcentagem de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT).

Para McDonald et al. (1991), há desvantagens em se ensilar material com alto teor de umidade (>70%) porque o valor crítico de pH no qual o crescimento clostridiano é inibido varia diretamente com o conteúdo de umidade da forragem. Mesmo que os níveis de carboidratos solúveis sejam adequados para garantir uma fermentação láctica, silagens muito úmidas (80% de umidade) podem ser nutricionalmente indesejáveis, porque sua ingestão voluntária é frequentemente baixa. Outro efeito negativo da silagem de forragens úmidas é a produção de grande quantidade de efluentes, os quais não apenas dificultam o manejo, mas também carregam com eles, em solução, nutrientes de alta digestibilidade.

Segundo Cummins & Dobson (1972), híbridos de sorgo de colmo seco geralmente elevam o teor de MS mais precocemente com a maturação. O desenvolvimento de híbridos com essa característica pode contribuir para a produção de silagem de melhor valor nutritivo, com menores perdas durante o processo de ensilagem e melhor consumo voluntário pelos animais. A correlação entre as características colmo succulento e teor de matéria seca não foi encontrada em alguns trabalhos (Borges, 1995; Nogueira, 1995). Este último autor afirmou que a proporção de grãos da planta exerceu maior influência no teor de matéria seca que a succulência do colmo.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a qualidade das silagens de sete genótipos de sorgo, de diferentes porte e succulência do colmo.

MATERIAL E MÉTODOS

A descrição para obtenção dos sorgos (local, adubação e épocas de plantio e colheita) encontra-se em Rocha Jr. et al. (2000).

Foram utilizados sete genótipos de sorgo de portes alto, médio e baixo, com diferentes teores de umidade no colmo. Os genótipos testados foram: CMSXS607, Contisilo, CMSXS210 ´ BR 506 e CMSXS210 ´ CMSXS607, todos de porte alto e colmo succulento; CMSXS210 e CMSXS210 ´ CMSXS227, de porte médio e colmo seco; e CMSXS227 de porte baixo e colmo seco, produzidos pelo CNPMS-EMBRAPA.

Os tratamentos consistiram dos sete genótipos ensilados e cinco períodos para a abertura dos silos, sendo: P0, forragem antes de ensilar, P7, abertura após sete dias de ensilagem, P14, abertura após 14 dias de ensilagem, P28, abertura após 28 dias de ensilagem e P56, abertura após 56 dias de ensilagem.

A colheita do material a ser ensilado foi realizada manualmente, com corte rente ao solo, durante o estágio de grãos leitoso/pastoso, com 102 dias de idade. Posteriormente, o material foi pesado e parte dele foi picado em picadeira estacionária, sendo imediatamente ensilado. Para a ensilagem, utilizaram-se 84 silos de laboratório, feitos de PVC com 10cm de diâmetro e 40cm de comprimento, com capacidade para 2kg de forragem, os quais foram compactados com um soquete de madeira e fechados com tampas de PVC dotadas de válvulas de Busen e lacrados com fita crepe. Pesaram-se os silos vazios e logo após serem lacrados. Parte do material picado foi amostrado para ser analisado como material original, ou seja, o PO do experimento.

Imediatamente antes de cada abertura aos 7, 14, 28 e 56 dias de fermentação, os silos foram novamente pesados. Após a abertura de cada silo, seu conteúdo foi retirado e homogeneizado. Cada silagem foi amostrada, pesada e colocada em estufa de ventilação forçada a 62°C por 48 horas. As amostras do material original (PO) também foram analisadas. Para determinação da matéria pré-seca, as amostras foram retiradas da estufa e deixadas por 24 horas à temperatura ambiente. As amostras pré-secas foram moídas em moinho estacionário, utilizando-se peneira de 1mm e então acondicionadas em vidros para as demais determinações de laboratório. Para determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e do pH o material retirado de cada silo foi prensado, utilizando-se uma prensa hidráulica "Carver", modelo C, para extração do suco, que foi, em parte, utilizado imediatamente para realização dessas análises. Outra parte do suco foi tratada com ácido metafosfórico na proporção de cinco partes de suco para uma de ácido, sendo em seguida congelada, para posterior análise dos ácidos orgânicos por cromatografia gasosa, em aparelho "Varian, modelo 2485", usando coluna em vidro Pyrex 80/100 mesh CHROMOSORB, 101 2MX 1/S" SSPW. No momento de abertura dos silos, além da matéria pré-seca, determinaram-se o pH e o N-NH₃ nos sucos das silagens (Official, 1980). Nas amostras pré-secas determinaram-se a MS em estufa a 105°C (Official, 1980) e os carboidratos totais solúveis em álcool (Bailey, 1967).

Para comparação entre as médias dos genótipos, dentro de cada período, e entre as médias dos períodos, dentro de cada genótipo (P<0,05), utilizou-se o teste SNK, a partir de um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com três repetições por tratamento. As correlações entre as variáveis também foram determinadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme se observa na [Tab. 1](#), o teor de MS no material original (PO) e nas silagens aos 7, 14, 28 e 56 dias de fermentação variou significativamente entre os tipos de sorgo. Os sorgos de colmo seco foram superiores aos de porte alto e colmo succulento em todos os períodos avaliados. O teor de MS do sorgo 210 x 227 de porte médio foi significativamente maior que os demais. Nas silagens aos 56 dias de fermentação a variação do teor de MS foi de 23,1 a 36,1%. Observou-se correlação entre o teor de MS do material analisado e a succulência do colmo e correlação negativa ($r = -0,37$; $P < 0,001$) entre os teores de MS e os de carboidratos solúveis totais. Para Cummins & Dobson (1972), o desenvolvimento de híbridos de sorgo de colmo seco pode contribuir para a produção de silagem de melhor valor nutritivo. Entretanto, alguns trabalhos mostram que a proporção de grãos da planta exerce maior influência na quantidade de MS que a succulência do colmo. A correlação encontrada entre a porcentagem de panícula e o teor de MS ($r = 0,78$; $P < 0,001$) confirma o efeito da panícula sobre o teor de MS. A correlação entre porcentagem de colmo e teor de MS foi negativa ($r = -0,64$; $P < 0,001$).

Tabela 1. Teor de matéria seca, em porcentagem, das silagens de diferentes genótipos de sorgo, abertas após vários períodos de fermentação

| Período | CMSXS210 (PMCs) | CMSXS210 x CMSXS227 (PMCs) | CMSXS227 (PbCs) | CMSXS210 x CMSXS607 (PACS) | CMSXS607 (PACS) | Contisilo (PACS) | CMSXS210 x BR506 (PACS) |
|---------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| P0 | 28,1Ba | 34,3Aa | 28,2Ba | 24,8BCa | 25,2Ca | 27,2BCa | 24,8Ca |
| P7 | 29,5Ba | 37,0Aa | 30,3Ba | 25,7Ca | 24,4Ca | 26,6Ca | 25,1Ca |
| P14 | 29,3Ba | 36,1Aa | 29,3Ba | 25,8CDa | 23,8Da | 27,0BCa | 26,3CDa |
| P28 | 29,8Ba | 37,0Aa | 29,5BCa | 27,4BCDa | 22,0Ea | 27,1CDa | 25,6Da |
| P56 | 28,7Ba | 36,1Aa | 28,8Ba | 25,9CDa | 23,1Da | 26,5BCa | 24,5CDa |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha ou letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($P > 0,05$). CV = 5,5%;

Paiva (1976) salientou que silagens muito boas devem ter de 30 a 35% de MS. Esse teor de MS favorece o desenvolvimento de fermentação láctica (Van Soest, 1994). Meeske et al. (1993) também obtiveram silagens bem preservadas, ensilando híbridos de sorgo com teores de MS que variaram de 20 a 29%. Segundo Bastiman (1976), apud McDonald et al. (1991), o teor de MS do material ensilado deve ser superior a 25% para evitar maiores perdas através dos efluentes. Somente o sorgo 210 x 227 de porte médio apresentou nível satisfatório de MS no material original, cortado aos 102 dias de idade, de acordo com a classificação de Paiva (1976).

O processo de ensilagem não afetou o teor de MS ($P > 0,05$), mas a tendência apresentada foi de elevação desse teor em quatro dos sete genótipos avaliados, o que está de acordo com a grande maioria dos trabalhos (Bishnoi et al., 1993; Borges, 1995; Nogueira, 1995). Um dos principais fatores que explicam o aumento do teor de MS com a ensilagem é a perda de efluentes. Nas condições deste experimento, teoricamente, os silos de PVC não permitiam essa perda. Durante a fermentação no silo ocorre perdas de MS devido, principalmente, à formação de efluentes, que é maior em forragens com menos de 30% de MS. Os resultados de perda de MS obtidos não foram conclusivos. Alguns silos estavam mais pesados na abertura. É possível que falhas de execução, tais como tempo de secagem do material, tempo de espera após a retirada da estufa e aferição das balanças utilizadas durante a quantificação dessa característica tenham prejudicado a determinação dos valores de perda.

Na [Tab. 2](#) são apresentados os valores de pH obtidos no suco das silagens aos 7, 14, 28 e 56 dias de fermentação. Como pode ser observado, houve diferença entre os genótipos nos vários períodos de fermentação. Ao longo da fermentação, o pH mostrou-se estável dos 7 aos 56 dias de ensilagem, não havendo diferença entre os quatro períodos de abertura em todos os genótipos avaliados. O pH dos sorgos de porte médio e colmo seco foram mais altos que os demais, em todos os períodos de fermentação. Aos 56 dias de ensilagem, os dois genótipos de porte médio apresentaram valores de pH superiores ($P < 0,05$) aos de porte alto e ao de porte baixo, os quais foram semelhantes entre si.

Tabela 2. Valor do pH das silagens de diferentes genótipos de sorgo, abertas após vários períodos de fermentação

| Período | CMSXS210 (PMCs) | CMSXS210 x CMSXS227 (PMCs) | CMSXS227 (PbCs) | CMSXS210 x CMSXS607 (PACS) | CMSXS607 (PACS) | Contisilo (PACS) | CMSXS210 x BR506 (PACS) |
|---------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| P7 | 4,3Aa | 4,3Aa | 3,8Ba | 3,6Ca | 3,7BCa | 3,8Ba | 3,7BCa |
| P14 | 4,2Aa | 4,3Aa | 3,7Ba | 3,6Ba | 3,6Ba | 3,7Ba | 3,6Ba |
| P28 | 4,0Ba | 4,3Aa | 3,7Ca | 3,6Ca | 3,6Ca | 3,7Ca | 3,8Ca |
| P56 | 4,3Aa | 4,2Aa | 3,7Ba | 3,6Ba | 3,5Ba | 3,6Ba | 3,5Ba |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha ou letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($P > 0,05$). CV = 3,6%;

Borges (1995), ao avaliar híbridos de porte alto, Nogueira (1995), ao estudar híbridos de porte baixo, e Bernardino (1996), ao avaliar híbridos de porte médio, verificaram valores de pH que variaram de 3,6 a 4,1, de 3,6 a 4,4 e de 3,7 a 4,5, respectivamente. Pesce et al. (1998), trabalhando com 20 híbridos de sorgo forrageiro, não constataram diferenças nos valores de pH das silagens aos 50 dias de estocagem; os resultados oscilaram de 3,5 a 3,7. Segundo Fisher & Burns (1987), o pH da silagem geralmente revela se a fermentação foi adequada e quando o pH é igual ou inferior a 4,2, a qualidade do material ensilado é mantida ao longo do processo de armazenamento. Neste experimento somente CMSXS210 de porte médio e colmo seco apresentou pH superior a 4,2 aos 56 dias de fermentação.

A queda no pH da silagem, seguida de sua estabilização, é necessária para evitar fermentações indesejáveis. McDonald et al. (1991) citaram que o pH estabiliza-se antes de 10 dias de ensilagem, quando há altos teores de açúcares e baixos de proteína. Rooke et al. (1988) verificaram queda acentuada no pH nas primeiras 24 horas de ensilagem e início de estabilização apenas aos sete dias. Borges (1995) observou queda significativa do pH do primeiro para o sétimo dia de ensilagem, o qual manteve-se estável até o 28º, e nova queda no 56º dia. Para Muck (1988), o pH normalmente cai nos primeiros cinco dias de ensilagem, imputando à interação entre o número inicial de bactérias lácticas e o conteúdo de MS durante o curso de queda do pH a causa de variação na extensão da proteólise. Assim, baixo pH final

não é garantia de que a atividade clostridiana venha a ser prevenida ou a proteólise minimizada. A velocidade de queda no pH é que vai definir esse processo, ou seja, a taxa e o fim da proteólise (McKersie, 1985). Neste trabalho o pH das silagens dos sete genótipos de sorgo já estava estabilizado aos sete dias de fermentação. Como os silos não foram abertos antes de sete dias, não foram verificados os valores de pH entre um e sete dias de ensilagem para se saber precisamente a velocidade de queda nesse período. Observou-se correlação positiva entre pH das silagens e teor de MS ($r=0,73$; $P<0,001$). De acordo com Fisher & Burns (1987), a estabilização do pH na silagem deve-se a interações do teor de MS e capacidade tamponante, concentrações de carboidratos solúveis e lactato e das condições de anaerobiose no meio. Essas associações explicam porque forragens com diferentes teores de MS e de carboidratos podem produzir silagens com o mesmo padrão de queda do pH.

A [Tab. 3](#) apresenta os teores de carboidratos solúveis em álcool antes e após a ensilagem. Somente os genótipos de porte alto e colmo suculento apresentaram níveis satisfatórios no material antes de ensilar (P0). Observou-se correlação negativa entre o teor de carboidratos e o teor de MS ($r=-0,37$; $P<0,001$) e correlação positiva com a porcentagem de colmo ($r=0,81$; $P<0,001$). Fisher & Burns (1987) citam que a quantidade de ácido láctico necessária para atingir o pH estável depende da capacidade de tamponamento da forragem e do teor de MS, e segundo Muck (1988), os clostrídios são particularmente sensíveis à disponibilidade de água. Borges (1995), Nogueira (1995) e Bernardino (1996), ao analisarem sorgos de portes alto, baixo e médio, relataram teores de carboidratos solúveis em álcool de 18,1, 10,4 e 8,2%, respectivamente, no material original.

Tabela 3. Teor de carboidratos solúveis em álcool, em porcentagem da matéria seca, das silagens de diferentes genótipos de sorgo, abertas após vários períodos de fermentação

| Período | CMSXS210 (PMCs) | CMSXS210 × CMSXS227 (PMCs) | CMSXS227 (PbCs) | CMSXS210 × CMSXS607 (PACS) | CMSXS607 (PACS) | Contisilo (PACS) | CMSXS210 × BR506 (PACS) |
|---------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| P0 | 5,7Ca | 5,5Ca | 4,0Da | 8,2Ba | 17,2Aa | 9,3Ba | 8,6Ba |
| P7 | 0,5Eb | 0,3Eb | 0,8DEb | 3,8Bb | 8,3Ab | 2,3Cb | 1,7CDb |
| P14 | 0,4BCb | 0,3Cb | 0,8BCb | 1,6Bc | 7,4Ab | 1,5Bb | 1,1BCb |
| P28 | 0,3Bb | 0,2Bb | 0,9Bb | 1,1Bc | 2,9Ac | 1,1Bb | 1,0Bb |
| P56 | 0,6Bb | 0,5Bb | 0,7Bb | 1,3ABc | 2,3Ac | 2,3Ab | 1,2ABb |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha ou letra minúscula não diferem na coluna entre si pelo teste SNK ($P>0,05$). CV = 24,23%;

No material original, CMSXS607 apresentou maior teor de carboidratos solúveis, seguido pelos demais de porte alto. De acordo com McDonald et al. (1991), nas plantas de sorgo a concentração de açúcares solúveis se eleva principalmente com o avanço da maturidade à medida que a proporção de tecidos do caule aumenta. Esse efeito é bem pronunciado nos genótipos com potencial de produção de carboidratos não estruturais.

A ensilagem afetou significativamente os teor de carboidratos solúveis logo aos sete dias de fermentação. Os sorgos de colmo seco não apresentaram variação ($P>0,05$) nesse teor dos 7 aos 56 dias de ensilagem. O desaparecimento de carboidratos estabilizou-se a partir do P14 no sorgo 210 e 607 e a partir do P28 no CMSXS607, apesar de o pH já estar estabilizado aos sete dias de fermentação. Esse fato deve-se à necessidade permanente de produção de lactato para neutralizar as bases formadas em pequenas quantidades (Moisio & Heikonen, 1994) ou ainda à atividade das leveduras, que se mostram ativas mesmo após a queda do pH para valores muito baixos (Meesk et al., 1993). Aos 56 dias de ensilagem os valores de carboidratos solúveis variaram de 0,5 a 2,3%. Sabe-se que a concentração de carboidratos residuais pode ser utilizada como uma variável para se avaliar a qualidade da fermentação. Nogueira (1995) cita que um mínimo de 1% de carboidratos fermentáveis é desejável para longos períodos de estocagem. Silva (1996) encontrou correlação negativa entre nitrogênio amoniacal e nível de carboidratos solúveis, confirmando a necessidade de altos teores de carboidratos solúveis para a devida preservação protéica do material a ser ensilado. Outros estudos (Borges, 1995; Silva, 1997) mostraram não haver correlação entre o teor de carboidratos fermentáveis e o pH das silagens, indicando que a utilização de carboidratos adicionais contribuiu para a qualidade da fermentação, não sendo o teor de carboidratos solúveis o fator limitante da qualidade. Portanto, o que determina a qualidade final das silagens

parece ser a associação entre os diversos fatores envolvidos no processo de ensilagem como um todo. Neste trabalho, observou-se correlação entre pH e porcentagem de carboidratos solúveis.

Na [Tab. 4](#) são apresentados os valores de ácido láctico em porcentagem da MS. Houve diferença entre os genótipos nos diferentes períodos. Os dois sorgos de porte médio apresentaram ($P < 0,05$) os menores teores de ácido láctico durante todo processo de fermentação. Nos sorgos de porte alto e baixo aos 56 dias os teores de ácido láctico foram semelhantes. Esses resultados são condizentes com os valores de pH, que foram superiores ($P < 0,05$) para os dois sorgos de porte médio e não diferiram entre os demais genótipos no último período de abertura. Neste experimento, as correlações entre teor de ácido láctico ($P < 0,001$) e teor de MS ou pH foram negativas ($r = -0,75$ e $r = -0,83$, respectivamente) e positiva com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca ($r = 0,49$; $P < 0,01$).

Tabela 4. Teor de ácido láctico em porcentagem da matéria seca, das silagens de diferentes genótipos de sorgo, abertas após vários períodos de fermentação

| Períodos | CMSXS210 (PMCs) | CMSXS210 × CMSXS227 (PMCs) | CMSXS227 (PbCs) | CMSXS210 × CMSXS607 (PACS) | CMSXS607 (PACS) | Contisilo (PACS) | CMSXS210 × BR506 (PACS) |
|----------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| P7 | 3,3Ca | 3,3Ca | 7,6Aa | 7,5Aab | 8,1Aab | 5,9Bb | 8,2Aa |
| P14 | 4,4Ba | 3,3Ba | 7,4Aa | 6,8Ab | 7,0Ab | 7,0Aab | 7,5Aa |
| P28 | 4,1Da | 3,1Da | 8,9Aa | 6,1Cb | 8,9Aa | 7,0BCab | 7,8ABa |
| P56 | 2,8Ba | 3,4Ba | 8,2Aa | 8,4Aa | 8,5Aab | 8,0Aa | 8,0Aa |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha ou letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($P > 0,05$). CV = 13,54%;

Segundo Nogueira (1995), a relação entre o teor de carboidratos solúveis e a produção de ácido láctico é mais claramente percebida quando as concentrações dos primeiros são baixas. Para concentrações próximas e acima de 5%, as interações com outros substratos fermentáveis e as naturais diferenças entre os padrões de fermentação inerentes a cada silo tendem a minimizar a influência da concentração de carboidratos solúveis na concentração final de lactato. No presente estudo a correlação entre o teor de lactato e o teor de carboidratos solúveis foi baixa ($r = 0,47$; $P < 0,001$) apesar de o CMSXS227 de porte baixo ter apresentado baixo teor de carboidratos fermentáveis no material original e nível de ácido láctico de 8,2% no último período de abertura. Esse fato poderia ser explicado pela utilização das hemiceluloses, que chegou a 28,7% de redução aos 56 dias de fermentação nesse sorgo.

Meesk et al. (1993), ao ensilarem sorgo forrageiro, obtiveram concentrações de 1%, 4,1%, 5,0% e 7,2% de lactato respectivamente com 1, 5, 10 e 31 dias após o fechamento do silo. Neste estudo seis dos sete tipos de sorgo estudados mostraram a máxima produção de ácido láctico aos sete dias de fermentação, assim como ocorreu com os valores de pH, que não variaram ao longo do processo de fermentação. Aos 56 dias de ensilagem os níveis de ácido láctico variaram de 2,8 a 8,5%. Segundo Nogueira (1995), apenas as silagens dos dois sorgos de porte médio não foram classificadas como de muito boa qualidade, já que mostraram menos de 5% de ácido láctico.

Na [Tab. 5](#) encontram-se os resultados de ácido acético em porcentagem da MS. Houve diferença ($P < 0,05$) entre os genótipos de sorgo estudados dentro de cada período. Ao longo do processo de fermentação pode-se observar aumento significativo na produção de ácido acético em seis dos sete tipos de sorgo. Somente o genótipo 210 × 607 não apresentou variação ($P > 0,05$) nesses teores dos sete aos 56 dias de ensilagem.

Tabela 5. Teor de ácido acético, em porcentagem da matéria seca, das silagens de diferentes genótipos de sorgo, abertas após vários períodos de fermentação

| Período | CMSXS210 (PMCs) | CMSXS210 × CMSXS227 (PMCs) | CMSXS227 (PbCs) | CMSXS210 × CMSXS607 (PACS) | CMSXS607 (PACS) | Contisilo (PACS) | CMSXS210 × BR506 (PACS) |
|---------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| P7 | 0,60Cc | 0,6Cb | 1,1ABb | 0,9Ca | 0,9BCb | 1,4Ab | 0,9BCb |
| P14 | 0,9BCbc | 0,7Cb | 1,1ABb | 1,0BCa | 1,0ABCt | 1,3Ab | 1,1ABab |
| P28 | 1,2BCab | 1,7Aa | 1,2Cab | 1,2Ca | 1,6Aa | 1,6ABab | 1,1Cab |
| P56 | 1,4Ba | 1,9Aa | 1,5ABa | 1,2Ba | 1,2Bab | 1,9Aa | 1,5ABa |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha ou letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($P > 0,05$). CV = 17,19%;

Segundo Moisis & Heikonen (1994), alto conteúdo de ácido acético parece restringir a fermentação láctica. O pH tende a aumentar de 3,9 para 4,1 quando o conteúdo de ácido acético cresce de 0,5 a 1%, mantendo-se as outras variáveis constantes. Neste trabalho as correlações entre os teores de ácido acético e láctico e entre o teor de acetato e pH não foram significativas. De acordo com Moisis & Heikonen (1994), o ácido láctico é o regulador da acidez. O ácido acético e outros ácidos graxos voláteis formados são fracos e em uma boa silagem, com pH de 3,8 a 4,0, somente 10% estão ionizados. Segundo Silveira (1975), alta correlação entre lactato e acetato pode significar que o acetato existente no meio é na sua maioria originário de fermentação láctica e não de fermentações secundárias. A não correlação significativa entre lactato e acetato neste experimento pode levar à suposição de que grande parte deste último originou-se de fermentações secundárias. Entretanto, as variáveis fermentativas obtidas neste estudo não indicam que as fermentações secundárias foram importantes, apesar de ter sido baixa a correlação entre teor de ácido acético e teor de nitrogênio amoniacal ($r = 0,32$; $P < 0,005$). As silagens dos sete genótipos de sorgo foram classificadas como de muito boa qualidade por apresentarem menos de 2% de ácido acético aos 56 dias de ensilado, de acordo com Nogueira (1995).

Na [Tab. 6](#) podem ser vistos os resultados de ácido butírico em porcentagem de MS. No P7 e no P14 os sete genótipos não diferiram ($P > 0,05$) entre si, com os valores variando de zero a 0,06% de ácido butírico na MS. Nos dois últimos períodos de abertura houve diferença significativa entre os tipos de sorgo avaliados. No P56 somente a silagem do CMSXS210 de porte médio foi classificada como de média qualidade, por apresentar valor entre 0,2 a 0,4% de ácido butírico, de acordo com Paiva (1976). As demais silagens foram tidas como de muito boa qualidade, já que mostraram níveis inferiores a 0,1% de ácido butírico. Durante o processo de fermentação não houve variação ($P > 0,05$) dos teores de butirato dos sete aos 56 dias de fermentação, com exceção do genótipo CMSXS210, que apresentou aumento significativo aos 56 dias de abertura, e dos genótipos 210 × 607 e CMSXS607, que apresentaram aumento no P28. Nogueira (1995) não observou produção de ácido butírico nas silagens de híbridos de sorgo de porte baixo. Sabe-se que o teor de MS da silagem é altamente correlacionado com o consumo e com características de qualidade da fermentação, tais como ácido butírico e ácido láctico. Neste trabalho foram observadas correlações negativas ($P < 0,02$) entre os teores de ácido butírico e de MS e os teores de ácido butírico e de PB ($r = -0,27$ e $r = -0,26$, respectivamente). No entanto, a correlação entre o teor de butirato e o nível de nitrogênio amoniacal não foi significativa.

Tabela 6. Teor de ácido butírico, em porcentagem da matéria seca, das silagens de diferentes genótipos de sorgo, abertas após vários períodos de fermentação

| Período | CMSXS210 (PMCs) | CMSXS210 × CMSXS227 (PMCs) | CMSXS227 (PbCs) | CMSXS210 × CMSXS607 (PACS) | CMSXS607 (PACS) | Contisilo (PACS) | CMSXS210 × BR506 (PACS) |
|---------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| P7 | 0,0Ab | 0,0Aa | 0,03Aa | 0,04Ab | 0,0Ab | 0,0Aa | 0,05Aa |
| P14 | 0,0Ab | 0,02Aa | 0,0Aa | 0,0Ab | 0,06Ab | 0,06Aa | 0,03Aa |
| P28 | 0,0Cb | 0,01Ca | 0,0Ca | 0,13Ba | 0,23Aa | 0,06BCa | 0,09BCa |
| P56 | 0,34Aa | 0,0Ba | 0,0Ba | 0,09Bab | 0,0Bb | 0,07Ba | 0,0Ba |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha ou letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($P > 0,05$). CV = 100,7%;

Quanto aos resultados de ácido propiônico, verificou-se diferença ($P < 0,05$) entre os sete genótipos de sorgo, dentro de cada período de abertura. Ao longo da fermentação somente os cultivares CMSXS210, 210 × 227 e CMSXS607 apresentaram variação significativa nos teores

de ácido propiônico. Aos 56 dias os níveis de propionato variaram de zero para o genótipo 210 × 506 de porte alto a 0,36% para o CMSXS227 de porte baixo. A correlação entre o teor de ácido propiônico e o nível de nitrogênio amoniacal foi positiva ($r=0,56$; $P<0,001$). O mesmo foi observado para PB ($r=0,59$; $P<0,001$) e DIVMS ($r=0,37$; $P<0,001$). Isto pode ser explicado pelo fato de o sorgo de porte baixo ter apresentado os maiores teores de PB, nitrogênio amoniacal, DIVMS e ácido propiônico. Borges (1995) e Nogueira (1995) observaram valores muito próximos de zero nos valores de propionato ao avaliarem híbridos de porte alto e baixo, respectivamente.

Na [Tab. 7](#) são apresentados os valores de N-NH₃/NT obtidos nos sucos das silagens abertas aos 7, 14, 28 e 56 dias de fermentação. Houve diferenças entre os genótipos. Os valores foram maiores no genótipo CMSXS227 durante todo o processo de fermentação, provavelmente devido ao seu maior teor protéico. Observou-se correlação positiva baixa entre o nível de N-NH₃/NT e a porcentagem de PB ($r=0,36$; $P<0,001$). Ao longo do processo de fermentação os genótipos 210 × 607, CMSXS607, Contisilo e CMSXS227 não apresentaram variação nos teores de N-NH₃/NT, semelhante ao que ocorreu com os valores de pH, indicando que a proteólise já estava minimizada aos sete dias de fermentação. Para os demais constatou-se tendência de aumento dos níveis de N-NH₃/NT durante a ensilagem. Aos 56 dias os valores de N-NH₃/NT oscilaram de 3,8% a 6,3%. De acordo com a classificação do AFRC (1987), as silagens dos sete genótipos são consideradas muito boas por apresentarem níveis inferiores a 10% de N-NH₃/NT. Segundo Henderson (1993), a alta umidade é um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da proteólise. Alkmin Filho et al. (1998) observaram valor médio de 59,9mg% de nitrogênio amoniacal, atribuído à alta umidade do material ensilado (16,9% de MS em média), contudo, a produção de nitrogênio amoniacal tendeu a diminuir com o aumento do tempo de pré-secagem. Semelhante ao trabalho de Borges (1995), este estudo não foi conclusivo em relação à interferência dos teores de suculência no colmo sobre a quebra de compostos nitrogenados. Para Andrade & Carvalho (1992), a fração colmo é a que menos contribui para o acúmulo de MS da planta, sendo a panícula a parte responsável por esse acúmulo na medida em que o estágio de maturação avança. Silva (1997) verificou redução dos níveis de nitrogênio amoniacal com o aumento da participação da panícula. Os baixos níveis de N-NH₃/NT e a não correlação entre o teor de MS e teor de N-NH₃/NT observados neste estudo sugerem que as porcentagens de MS obtidas nos sete genótipos foram suficientes para minimizar a proteólise.

Tabela 7. Teor de N-amoniacal, em porcentagem do N-total, das silagens de diferentes genótipos de sorgo abertas após varios períodos de fermentação

| Período | CMSXS210 (PMCs) | CMSXS210 ×x CMSXS227 (PMCs) | CMSXS227 (PbCs) | CMSXS210 × CMSXS607 (PACS) | CMSXS607 (PACS) | Contisilo (PACS) | CMSXS210 × BR506 (PACS) |
|---------|-----------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| P7 | 3,3Bb | 2,9Bb | 5,5Aa | 2,9Ba | 5,4Aa | 4,5ABa | 3,1Bb |
| P14 | 4,8ABCab | 4,1BCab | 6,1Aa | 2,9Ca | 4,5ABCa | 5,3ABa | 3,7BCab |
| P28 | 4,9Bab | 4,4Bab | 7,1Aa | 2,0Ca | 4,2Ba | 5,0Ba | 5,3ABa |
| P56 | 5,5ABa | 5,0ABa | 6,3Aa | 3,8Ba | 4,7ABa | 5,7ABa | 4,1Bab |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha ou letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($P>0,05$). CV = 26,8%;

CONCLUSÕES

Observou-se relação entre teor de matéria seca e teor de suculência e açúcar no colmo, assim como entre teor de matéria seca e porcentagem de panícula das plantas cortadas aos 102 dias de idade para todos os genótipos. O pH das silagens dos sete genótipos de sorgo já estava estabilizado aos sete dias de fermentação. As silagens dos quatro genótipos de sorgo de porte alto e do de porte baixo apresentaram bom padrão de fermentação final, com valores de pH e níveis de N-NH₃/NT dentro dos limites considerados ideais para uma silagem muito boa. Os baixos níveis de N-NH₃/NT sugerem que as porcentagens de MS obtidas para os sete genótipos foram suficientes para minimizar a proteólise. Somente as silagens de dois sorgos de porte médio não apresentarem níveis de ácido láctico suficientes para produziram silagem de muito boa qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRC technical committee on responses to nutrients. Report n.2. Characterization of feedstuffs. *Nutr. Abstr. Rev.*, Ser. B, v.57, p.713-736, 1987. [[Links](#)]
- ALKIMIM FILHO, J.F., GONÇALVES, L.C., BORGES, I. et al. Valor nutritivo de silagens de híbridos de *Sorghum bicolor* ´ *Sorghum sudanenses* submetidos à pré-secagens – pH, nitrogênio amoniacal e proteínas. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, REUNIÃO ANUAL, 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998. Forragicultura, p.743-745. [[Links](#)]
- ANDRADE, J.B., CARVALHO, D.D. Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo. II – Digestibilidade e consumo de silagem. *Bol. Ind. Anim.*, v.49, p.101-106, 1992. [[Links](#)]
- BAILEY, R.W. Quantitative studies of ruminant digestion. II. Loss of ingested plant carbohydrates from the retículo rumen. *N.Z. J. Agric. Res.*, v.10, p.15-32, 1967. [[Links](#)]
- BERNARDINO, M.L.A. *Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de taninos e suculência no colmo*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1996. 87p. (Dissertação, Mestrado). [[Links](#)]
- BISHNOI, U.R., OKA, G.M., FEARON, A.L. Quantity and quality of forage and silage of pearl millet in comparison to sudax, grain and forage sorghums harvested at different growth stages. *Trop. Agric.*, v.70, p.98-102, 1993. [[Links](#)]
- BORGES, A.L.C.C. *Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1995. 104p. (Dissertação, Mestrado). [[Links](#)]
- BREIREM, K., ULVESLI, O. Ensiling methods. *Herb. Abstr.*, v.30, p.1-8, 1960. [[Links](#)]
- CUMMINIS, D.G., DOBSON Jr., J.W. Digestibility of bloom and bloomless sorghum leaves as determined by a modified *in vitro* technique. *Agron. J.*, v.64, p.682-683, 1972. [[Links](#)]
- FISHER, D.S., BURNS, J.C. Quality analysis of summer-annual forages. II. Effects of forage carbohydrate constituents on silage fermentation. *Agron. J.*, v.79, p.242-248, 1987. [[Links](#)]
- McDONALD, P., HENDERSON, A.R., HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p. [[Links](#)]
- McKERSIE, B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. *Agron. J.*, v.77, p.81-86, 1985. [[Links](#)]
- MEESKE, R., ASHELL, G., WEINBERG, Z.G. et al. Ensilage forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.43, p.165-176, 1993. [[Links](#)]
- MOISIO, T., HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.47, p.107-124, 1994. [[Links](#)]
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2992-3002, 1988. [[Links](#)]
- NOGUEIRA, F.A. S. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem teores de taninos e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação, em condições de laboratório*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1995. 78p. (Dissertação, Mestrado). [[Links](#)]
- OFFICIAL *methods of analysis*. 13.ed. Washington: AOAC, 1980. 1015p. [[Links](#)]
- PAIVA, J.A.J. *Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1976. 85p. (Dissertação, Mestrado). [[Links](#)]
- PESCE, D.M.C., RODRIGUES, J.A.S., GONÇALVES, L.C. et al. Determinação dos teores de PB, N-NH₃, pH e componentes da parede celular das silagens de 20 híbridos de sorgo forrageiro. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, REUNIÃO ANUAL, 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998. Forragicultura, p.696-698. [[Links](#)]

ROCHA Jr., V.R., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S. et al. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem. I- Características agrônômicas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.52, p.506-511, 2000. [[Links](#)]

ROOKE, J.A., MAYA, F.M., ARNOLD, J.A. et al. The chemical composition and nutritive value of grass silages prepared with no additive or with the application of additives containing either *Lactobacillus plantarum* or formic acid. *Grassl. For. Sci.*, v.43, p.87-95, 1988. [[Links](#)]

SILVA, A.V. *Qualidade das silagens de treze genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench)*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1996. 98p. (Dissertação, Mestrado). [[Links](#)]

SILVA, F.F. *Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/panícula*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1997. 94p. (Dissertação, Mestrado). [[Links](#)]

SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1975, Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: ESALQ. 1975. P.156-186. [[Links](#)]

VAN SOEST, P.J. *Nutrition and ecology of the ruminant*. 2 ed., Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p. [[Links](#)]

ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, 1991, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ. 1991. p.169-217. [[Links](#)]



Todo o conteúdo deste periódico, exceto onde está identificado, está licenciado sob uma

[Licença Creative Commons](#)

Escola de Veterinária UFMG

Caixa Postal 567

30123-970 Belo Horizonte MG - Brazil

Tel.: +55 31 3409-2041

Telefax: +55 11 3409-2042



journal@vet.ufmg.br