

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO – UNIFENAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
MAX ROSSI MACHADO DA SILVA

**PROCESSO DE ENSILAGEM DE SOBRAS DA CULTURA DO REPOLHO NA
ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

Alfenas – MG
2014

MAX ROSSI MACHADO DA SILVA

**PROCESSO DE ENSILAGEM DE SOBRAS DA CULTURA DO REPOLHO NA
ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

Dissertação apresentada à Universidade José do Rosário Vellano, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende

Alfenas – MG

2014

Silva, Max Rossi Machado da
Processo de ensilagem de sobras da cultura do repolho na
alimentação animal.—Max Rossi Machado da Silva.—Alfenas, 2014.
50 f.

Orientador: Prof. Dr Adauton Vilela de Rezende
Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-graduação
em Ciência Animal -Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas,
2014.

1.Co-produtos 2. Fubá de milho 3. Inoculante 4. Valor nutritivo
5. Sustentabilidade I. Título

CDU : 636.085.52:635.34(043)



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "PROCESSO DE ENSILAGEM DE SOBRAS DA CULTURA DO REPOLHO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL"

Autor: Max Rossi Machado da Silva

Orientador: Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL** pela Comissão Examinadora.


Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende
Orientador


Profa. Dra. Patrícia Maria de França


Prof. Dr. Denismar Alves Nogueira

Alfenas, 21 de novembro de 2014.


Prof. Dr. Mário Sérgio Oliveira Swerts
Diretor de Pesquisa e Pós-graduação

DEDICATÓRIA

Dedico a minha Mãe, minha eterna fonte de inspiração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por ter colocado em meu caminho pessoas maravilhosas.

Aos meus pais, Marcelino Antônio da Silva e Célia Maria de Souza Silva, pelo carinho e amor.

A Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS e à Faculdade de Ciências Agrárias, pela oportunidade para realização deste curso.

Ao professor Dr. Aداuton Vilela de Rezende, pela orientação e amizade.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo período de concessão de bolsa de estudos.

Aos professores Ligiane Aparecida Florentino, Laura Helena Órfão, Roberta Bessa Veloso, Patrícia Maria de França, pelos ensinamentos e amizade.

Aos amigos e colegas da República Rédea Solta Wesley Donizetti, Cassiano Geovanini Vanzeli, Luiz Fernando dos Reis, Phelipe Damasceno, pela amizade e momentos vividos.

Ao Núcleo de Estudos em Pastagens e Ruminantes (NEPAR-UNIFENAS), pela oportunidade de aprendizado.

EPIGRAFE

"Cultivar a terra e criar animais são as mais nobres atividades praticadas pelo homem.

Produzir alimentos vegetais é a arte de colher o sol. Produzir proteína animal é a arte de transformação dessa magia. Imagine, então, quão nobre é o homem que cultiva a terra, cria os animais e ainda respeita e protege seu semelhante e o ambiente".

Autor desconhecido

RESUMO

Objetivou-se com essa pesquisa avaliar a composição química, o perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de silagens de repolho tratadas com fubá de milho, inoculada ou não com bactérias ácido lácticas. Os tratamentos avaliados foram: repolho ensilado com 200, 300, 400, 500 e 600 g/kg de fubá de milho (como base na matéria fresca), associada ou não a aplicação de inoculante bacteriano. O experimento foi conduzido na faculdade de Agronomia da Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS, Campus de Alfenas - MG organizado em um esquema fatorial 5x2 e conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Utilizou-se silos experimentais confeccionados em tubos de PVC com capacidade para 4 L de forragem. A composição química, as diferenças entre forragem e silagem, perfil fermentativo, os coeficientes de digestibilidade e pH foram analisados com um modelo misto usando o PROC MIXED do SAS (v 9.2), considerando-se nível de fubá de milho e inoculante como efeitos fixos e o erro experimental como um efeito aleatório. Como esperado, a adição de fubá de milho aumentou o teor de MS da silagem de repolho, observando-se valores mais elevados para o nível mais alto de adição. Por outro lado, teores de PB, FDN, FDA e lignina diminuíram com a adição de fubá. Devido à redução considerável no conteúdo de FDN, os coeficientes de DIVMS sofreram um aumento linear ($P < 0,10$), mas todas as silagens mostraram digestibilidade superior a 740 g/kg de MS. Em relação ao processo fermentativo, os valores de pH das silagens de repolho aumentaram linearmente devido aos altos níveis de adição de fubá de milho. O repolho ensilado com 200 e 300 g/kg de fubá de milho teve uma alta produção de N amoniacal, o inoculante também aumentou a concentração de N amoniacal nestes níveis. Da mesma forma, as silagens de repolho tratadas com pequena quantidade de fubá de milho (200 e 300 g/kg) apresentaram grandes perdas de efluentes e gases, onde, à medida que o fubá de milho foi adicionado, as perdas fermentativas diminuíram. Em geral, as silagens tratadas com 600 g/kg de fubá de milho teve um pH mais baixo durante a exposição aeróbia, mas todas as silagens tiveram a mesma estabilidade aeróbica (12 h). A ensilagem de repolho é possível, mas recomenda-se aplicar 400 g/kg de fubá de milho para melhorar a qualidade da silagem, enquanto que o uso de inoculante é desnecessário.

Palavras-chave: co-produtos, fubá de milho, inoculante, valor nutritivo, sustentabilidade

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the chemical composition, the fermentation aerobic stability profile of cabbage treated silages with ground corn inoculated or not Wirth BAL. the treatments evaluated were: cabbage silage with 200, 300, 400, 500 and 600 g/kg of ground corn (based on fresh material), associated or not to application of bacterial inoculant. The experiment was conducted at the Faculty of Agronomy of the University José do Rosário Vellano-UNIFENAS, Campus de Alfenas-MG organized in a factorial scheme 5x2 and driven in a completely randomized design, with four replicates. We used experimental silos made of PVC pipes with a capacity of 4 L of forages. The chemical composition, differences between forage and silage, fermentative profile, IVDMD coefficients and maximum pH data were analyzed with a mixed model using the PROC mixed of SAS (v 9.2), considering level of corn meal and inoculant as fixed effects and the residual error as a random effect. As expected, corn meal addition increased the DM content of cabbage silages, observing higher values for the highest level of addition. Conversely, CP, aNDF, ADF and lignin contents decreased with corn meal addition. Because the considerable reduction on the aNDF content, the IVDMD coefficients slight increased ($P < 0.10$), but all cabbage silages showed digestibility higher than 740 g/kg of DM. Relative to fermentative process, the pH values of cabbage silages linearly increased due to high levels of corn meal addition. Cabbage ensiled with 200 and 300 g/kg of corn meal had high ammonia N production, and the inoculant also increased the ammonia N concentration in these levels. Similarly, cabbage silages treated with low amount of corn meal (200 and 300 g/kg) showed great effluent and gas losses, where, insofar corn meal was added, fermentative losses decreased. Overall, cabbage silages treated with 600 g/kg of corn meal had lower maximum pH during aerobic exposure, but all silages had the same aerobic stability (12 h). The ensiling of cabbage is possible, but we recommended to apply 400 g/kg of corn meal to improve the silage quality, whereas the use of inoculant is unnecessary.

Key words: co-product, corn meal, inoculant, nutritive value, sustainability

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Repolho.....	14
2.2 Sobras de cultivo.....	14
2.3 Fubá de milho	15
2.4 Qualidade da silagem	16
2.4.1 pH.....	16
2.4.2 Matéria seca	16
2.4.3 Nitrogênio amoniacal N-NH ₃	17
2.4.4 Estabilidade aeróbia	18
2.5 Composição bromatológica e digestibilidade in vitro.....	19
3. REFERÊNCIAS	20
4. ARTIGO.....	26

1 INTRODUÇÃO

Segundo estatísticas da Organização das Nações Unidas para Alimentação Agricultura, (FAO, 2011), a produção de repolho no mundo estava perto de 60 milhões toneladas, das quais, cerca de 45% foram desperdiçadas ou perdidas durante o cultivo no campo até o consumo humano.

A alimentação animal com sobras de culturas tem sido realizada há alguns anos. Essa prática apresenta diversas vantagens, como a agregação de valor a produtos que provavelmente seriam descartados, além disso, a destinação apropriada aos mesmos, contribuindo para a diminuição dos riscos de poluição ambiental provocada pelo seu acúmulo.

As sobras da cultura do Repolho apresentam alto porcentual de deterioração em ambientes quentes, tornando difícil a manutenção de suas qualidades bromatológicas por períodos longos, o que dificulta o seu armazenamento. Possivelmente, a melhor maneira de utilizá-lo na alimentação animal deverá ser aquela em que se utilize alguma forma de conservação. Neste sentido, é indiscutível o papel da ensilagem como forma de armazenamento de alimentos para os animais.

As sobras do cultivo do repolho, no entanto, apresentam alto teor de umidade, característica que interfere negativamente no processo de fermentação por permitir o surgimento de fermentações indesejáveis, levando a uma queda no valor nutritivo e perdas por produção de efluentes. Entre as alternativas que podem ser usadas para obtenção de silagem de melhor qualidade pode-se citar o uso de aditivos absorventes de umidade.

A aplicação de aditivos absorvente de umidade como o fubá de milho, pode melhorar a qualidade da silagem de sobras de repolho diminuindo as perdas de matéria seca e efluentes.

Neste sentido objetiva-se com esta pesquisa avaliar a composição química, o perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de silagens de repolho associada com fubá de milho em diferentes doses inoculada ou não com bactérias ácido lácticas.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Repolho

O repolho (*Brassica oleraceae* var. *capitata*) é uma hortaliça formada por folhas arredondadas e cerosas que se imbicam, no qual dá origem a uma cabeça compacta, que constitui a parte comestível da planta (FILGUEIRA, 2008). Destaca-se como fonte de β -caroteno (SILVA JÚNIOR et al., 1988; FERREIRA et al., 2002), vitamina C, mas também fornece vitaminas B1, B2, E e K, além de minerais, sobretudo cálcio e fósforo (MORETTI, 2007). Do ponto de vista econômico é a hortaliça mais importante da família das *brássicas*, dada à sua antiguidade, ampla distribuição, facilidade de produção e grande consumo (FONSECA, 2001).

O cultivo de *brássicas* é amplamente distribuído em todas as regiões do Brasil, embora se concentre nas regiões de clima mais ameno, condição mais favorável para o desenvolvimento da maior parte das variedades de importância comercial. O repolho é uma das principais espécies cultivadas, com um volume comercializado no Brasil estimado em mais de 31.000 toneladas no primeiro semestre de 2013 (AGRIANUAL 2014).

1.2 Sobras de cultivo

O aproveitamento de sobras do cultivo de hortaliças está claramente subutilizado. Acredita-se que fontes adicionais de receitas podem ser geradas a partir do melhor aproveitamento destes, contribuindo, adicionalmente, para uma menor degradação ambiental.

Sobras de repolho (folhas e colmos) apresentam potencial para uso na alimentação animal. Segundo Azevedo (2009) o repolho apresenta em sua composição bromatológica matéria seca (MS) 13,6%, matéria orgânica (MO) 91,4%, proteína bruta (PB) 18,4%, extrato etéreo (EE) 1,1%, fibra em detergente neutro (FDN) 25,7%, fibra em detergente ácido (FDA), 21,0%, lignina 2,2% e nutrientes digestíveis totais (NDT) de 69,9%.

1.3 Fubá de milho

O milho e seus derivados são bastante utilizados na alimentação de animais, sendo o fubá de milho amplamente utilizado na produção de silagem, apresentando funções de absorvente e nutriente (OLIVEIRA, 2008).

O fubá de milho é obtido da moagem seca da mistura de gérmen (com ou sem a remoção do óleo), tegumentos e de parte da porção amilácea da semente. Em composição química esse alimento assemelha-se ao farelo ou a quirera e praticamente tem o mesmo valor nutritivo (ANDRIGUETTO, 2002)

Segundo Valadares Filho et al. (2006), o fubá de milho apresenta em sua composição 87,64% de MS, 9,11% de PB, 1,34% de EE, 84,90% de CHO, 13,98% de FDN, 4,08% de FDA, 3,55% de celulose, 9,41% de hemicelulose, 1,16% de lignina e digestibilidade da MS de 90,78%.

Os aditivos mais utilizados na ensilagem com alto teor de umidade são os materiais secos, que elevam o teor de MS e aumentam as chances de obter fermentação adequada, dentre estes aditivos, destaca-se o fubá de milho (SILVA et al., 2007). Muitos são os trabalhos realizados com o objetivo de avaliar às qualidades de silagens adicionadas ao fubá de milho tem apresentado ótimos resultados. Ítavo e Ítavo (2010), comprovaram que o fubá de milho utilizado como aditivo, proporcionou um melhor padrão fermentativo e menores perdas de matéria seca na silagem em comparação a uréia, sal entre outros aditivos. Lavezzo e Andrade (1998), em um experimento constataram que a utilização do fubá de milho na ensilagem de capim-elefante, é recomendável, pois, além de aumentar o teor de Matéria Seca (MS), favorecendo o processo de fermentação, eleva o valor energético da silagem.

De acordo com Ávila et al. (2006), o amido, o principal carboidrato do fubá de milho, não é aproveitado pelas bactérias lácticas, entretanto favorece o processo de fermentação pela redução do teor de umidade do material ensilado.

1.4 Qualidade da silagem

Qualidade da silagem é um termo utilizado para descrever até que ponto o processo fermentativo ocorreu de maneira desejável (BREIREM e ULVESLI, 1960), sendo que a determinação do pH, N-NH₃ e estabilidade aeróbia são bons indicadores na avaliação deste processo.

1.4.1 pH

De acordo com Amaral et al. (2007), o pH de um alimento é um dos principais fatores que determina a proliferação e a sobrevivência dos microrganismos presentes no meio, além de ser empregado como parâmetro na qualificação da ensilagem. O pH é um bom indicador da qualidade de fermentação em silagens com baixo teor de MS, não sendo adequado para silagens com alto teor de MS (CHERNEY e CHERNEY, 2003). Segundo Tomich et al. (2004), valores de pH entre 3,8 e 4,2 são considerados adequados às silagens bem conservadas, pois nessa faixa se tem a restrição das enzimas proteolíticas da planta e de enterobactérias e clostrídeos. Entretanto, não só o valor final do pH é importante para a conservação da silagem, mas também a rápida acidificação do meio, pois irá desnaturar de forma eficiente a maioria das enzimas que degrada as proteínas (VILELA, 1998).

1.4.2 Matéria seca

Para Brito et al. (2000), o teor de MS do material ensilado é um fator importante na determinação do tipo de fermentação predominante na ensilagem. O elevado teor de umidade contribui para obtenção de silagens com fermentação butírica de baixa qualidade, onde ocorre elevada proteólise no material, com evidente queda no valor nutritivo (FERRARI JÚNIOR e LAVEZZO, 2001).

O teor de MS tem uma alta e negativa correlação com a proteólise na silagem, ou seja, quando menor o conteúdo de MS no material ensilado maior será a degradação de proteínas (MUCK, 1988). Outro problema do baixo teor de MS é a produção de efluentes que acarretarão em perdas de compostos nutritivos (WEINBERG e ASHBELL, 2002). Segundo Henderson (1993), teores de MS de silagens entre 25 a 30% são benéficos, uma vez que irão reduzir a produção de efluentes e acarretará em pouco efeito negativo sobre o valor nutritivo da silagem.

1.4.3 Nitrogênio amoniacal N-NH₃

O nível de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), em comparação ao de nitrogênio total, é um dos parâmetros que indica a qualidade do processo fermentativo. Uma das principais alterações na ensilagem é o aumento do nitrogênio, que é afetado pela ação de microorganismos (AMARAL et al., 2007). De acordo com McGechan (1989), maiores teores de N-NH₃ indicam maior intensidade de proteólise, principalmente pela degradação de aminoácidos por clostrídeos proteolíticos. Conseqüentemente ocorre uma queda na qualidade da silagem, por causa da degradação de compostos nitrogenados por essas bactérias até amônia, a qual é perdida por volatilização durante a abertura do silo (CÂNDIDO et al., 2007).

Para McDONALD et al. (1991), a degradação das proteínas ocorre durante a fermentação do material ensilado, e é resultado de condições ácidas insuficientes para que as bactérias indesejáveis sejam inibidas. Silagens entre abaixo de 8 a 11% de N-NH₃ apresentam fermentação eficiente para a conservação do material ensilado, não ocorrendo quebra excessiva da proteína em amônia (HENDERSON, 1993). Valores maiores a 15% de N-NH₃ significa que a quebra da proteína foi expressiva (FARIA et al., 2007).

1.4.4 Estabilidade aeróbia

A estabilidade aeróbia conforme método descrito por Kung Jr. et al. (2000) pode ser determinada como o tempo em horas que a silagem permanece estável antes de atingir 2°C acima da temperatura do ambiente. Segundo Junges (2010), na prática, a estabilidade aeróbia representa a resistência da silagem ao aquecimento, podendo ser caracterizada como a fase de crescimento dos microrganismos aeróbios no painel do silo, após a qual ocorre a elevação da temperatura.

Segundo McDonald et al. (1991), a deterioração aeróbia da silagem é promovida pelo desenvolvimento de micro-organismos que degradam o ácido láctico, causando a elevação do pH do material e permitindo o crescimento de outros micro-organismos indesejáveis. Para Kung Júnior. (2009), os aditivos microbianos, entre outras funções, devem inibir o crescimento de microrganismos aeróbios. O acompanhamento da temperatura da silagem é o indicativo mais comum da estabilidade do material após a abertura dos silos, sendo desejável a um bom aditivo a postergação do aquecimento da forragem e, conseqüentemente, a redução nas perdas de MS nessa etapa (JUNGES, 2010).

Danner et al. (2003) afirmaram que o ácido acético é um forte inibidor da atividade de leveduras, microrganismos precursores da degradação aeróbia de silagens, sendo esses responsáveis pelo consumo de açúcares no processo, liberando dióxido de carbono resultante de seu metabolismo (MOON, 1983; McDONALD et al., 1991). Segundo esses autores, a inoculação das silagens com bactérias heteroláticas, que produzem os ácidos acético e/ou propiônico, é uma boa possibilidade para elevar a estabilidade de silagens em aerobiose.

Estudos realizados por Filya et al. (2004), com a bactéria *Propionibacterium acidipropionici*, associada ou não ao *Lactobacillus plantarum* na fermentação de silagens de trigo, sorgo e milho, verificaram que *P. acidipropionici* foi eficiente no controle do desenvolvimento de leveduras e fungos filamentosos nas fases de fermentação e de

estabilidade aeróbia. MARI et al. (2009) demonstraram que a bactéria heterolática *L. buchneri* apresentou comprovada eficácia em larga escala, sendo um meio eficaz de preservação e melhora da estabilidade aeróbia de silagens.

1.5 Composição bromatológica e digestibilidade in vitro

O valor nutritivo de um alimento pode ser predito através da sua composição bromatológica e digestibilidade (RIBEIRO, 2007). O conteúdo de PB é de fundamental importância na nutrição de ruminantes. De acordo com Church (1988), necessita-se de no mínimo 7% de PB na dieta para garantir uma fermentação microbiana efetiva no rúmen. A digestibilidade do alimento é a capacidade de permitir que o animal utilize os seus nutrientes em maior ou menor escala. Essa capacidade é expressa pelo coeficiente de digestibilidade do nutriente, sendo uma característica do alimento, e não do animal (COELHO DA SILVA e LEÃO, 1979). Segundo Van Soest (1994), a digestibilidade pode ser adequadamente estimada por meio de dispositivos que simulem as reais condições de fermentação do rumem, podendo ser estimada por método in vitro.

A técnica de digestibilidade in vitro em duas fases, desenvolvida por Tilley e Terry (1963), é a mais utilizada em todo o mundo (ANTONIO et al., 1998). Segundo Campos et al. (2000), essa técnica tem sido largamente utilizada para prever a digestibilidade e tem como objetivo simular as condições normais do rúmen, com ambiente anaeróbio, temperatura de incubação constante e pH ótimo. Um dos fatores que interferem na digestibilidade do alimento é o seu conteúdo de FDN, por possuir uma correlação negativa com esta. O teor de FDN é o que mais se aproxima dos valores do conteúdo da parede celular, sendo o componente do alimento que melhor representa os constituintes de baixa degradação na dieta (MERTENS, 1989) Este é composto por hemicelulose e celulose que são as maiores fontes de substrato disponível para a fermentação no rúmen e constituem na maior fonte de energia para

o ruminante e a lignina, que exerce grande influência negativa sobre a taxa de degradação e degradabilidade efetiva da parede celular dos alimentos volumosos, além de possuir sílica e cutina (VAN SOEST, 1994).

2 REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Agrianual 2014**: anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, 2014. 496p.

AMARAL, R. C. et al. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-Marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.3, p.532-539, maio/jun.2007.

ANDRIGUETTO, J. M. **Nutrição Animal**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 2002. v.1, 395p.

ANTONIO, S. D. et al. Modificações na técnica de digestibilidade in vitro para avaliar forragens de baixa qualidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.4, p.671-676, out/dez.1998.

ÁVILA, C. L. S. et al. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-Tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.648-654, maio/jun. 2006.

AZEVEDO, J. A. G. **Avaliação de subprodutos agrícolas e agroindustriais na alimentação de bovinos**. 2009. 136 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

BREIREM, K.; ULVESLI, O. Ensiling methods. **Herbage Abstracts**, Fort Collins, v. 30, n. 1, p. 1-8, jan. 1960.

BRITO, A.F. et al. Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo [(*Sorghum bicolor* (L) Moench)]. ; Padrão de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 5 , p. 491-497, out. 2000.

CAMPOS, F. P. et al. Comparação do Sistema de Monitoramento Computadorizado de Digestão *In Vitro* e *In Situ*. 2. Uso do Resíduo da Matéria Seca de Forragens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n. 2, p.531-536, mar/abr.2000.

CÂNDIDO, M. J. D. et al. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5, p.1489-1494, set/out.2007.

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing silage quality. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds.). **Silage Science and Technology**. Madison, Wisconsin, USA, 2003. p. 141-198.

CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. New Jersey : Prentice Hall, 1988. 564p.

COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M. L. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba : Livro ceres, 1979. 380p.

DANNER, H. et al. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v.69 , n.1, p.562-567, jan.2003.

FAO. **Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention**. Rome, 2011.

FARIA, D. J. G. et al. Composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante com níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.2, p.301-308, jan/fev. 2007.

FERRARI JUNIOR, E.; LAVEZZO, W. Silagem de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa , v. 30, n. 5, p. 1424-1431, set/out.2001.

FERREIRA, W. R.; RANAL, M. A.; FILGUEIRA, F. A. R. Fertilizantes e espaçamento entre plantas na produtividade da couve da malásia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.635-640, dez.2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Propionibacterium acidipropionici*, with or without *Lactobacillus plantarum*, on the fermentation and aerobic stability of wheat, sorghum and maize silages. **Journal Applied Microbiology**, Bursa, v.97, p.818-821, may.2004.

FONSECA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. 2004. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ, Piracicaba, 2001.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.45, n. 1, p.35-56, dec.1993.

ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F. Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v.11, n.3, p.606-617, jul/set.2010.

KUNG Jr., L. Microbial and chemical additives for silage: effect on fermentation and animal response. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2000, Piracicaba. 2000.**Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p.1-53.

KUNG Jr.; L. et al. Effects of microbial additives in silages: facts and perspectives. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, v.1., São Pedro, 2009. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p.7-22.

LAVEZZO, W.; ANDRADE, J. B. Conservação de forragens: feno e silagem. In: SIMPÓSIO BASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: CNBA, 1998. p. 105-166.

MARI, L.J. et al. An evaluation of the effectiveness of *Lactobacillus buchneri* 40788 to alter fermentation and improve the aerobic stability of corn silage in farm silos: Short communication. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.92, n. 1, p.1174-1176, mar. 2009.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340 p.

McGECHAN, M.B. A review of losses arising during conservation of grass forage: storage losses. **Journal Agricultural Engineering Research**, Florença, v.45, n. 1, p.1-30, Jan/Apr.1989.

MERTENS, D. R. Fiber analysis and its use in dairy rations. In: ANNUAL PACIFIC NORTHWEST ANIMAL NUTRITION CONFERENCE, 24, 1989, Idaho. **Proceedings...**, Cornell, 1988. p. 150-161.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n. 11, p. 2992-3002, nov.1988.

MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, London, v.55, n. 3, p.453-460, Dec.1983.

MORETTI, C. L. **Manual de Processamento de Frutas e Hortaliças**. Brasília : Embrapa, 2007. Cap 25. p. 465-482.

OLIVEIRA, L. S. **Caracterização nutricional da silagem do co-produto da extração do palmito de pupunha**. 2008. 52 f.. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, Bahia, 2008.

RIBEIRO, J. L. **Silagens de capim Tanzânia e Marandu avaliadas quanto às perdas de conservação, perfil de fermentação, valor nutritivo, desempenho de animais, presença de aditivos químicos, microbianos e fontes absorventes de umidade**. 2007. 262f. Tese(Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SILVA JÚNIOR, A. A.; YOKOYAMA, S. Repolho: novas cultivares de verão. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 1, n. 3, p. 47-49, set.1988.

SILVA, F.F.; et al. Bagaço de mandioca na ensilagem do capim elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.3, p.719 -729, fev.2007.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A. Two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, London, v. 18, n. 2, p. 104-111, june.1963.

TOMICH, T. R. et al. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens**: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20p. (Série Documentos).

VALADARES FILHO, S. C. et al. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. 2. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica, 2006. 329 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.476p.

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: SIMPÓSIO SOBRE ADITIVOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.73-108.

WEINBERG, Z.G., ASHBELL, Engineering aspects of ensiling. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v.13, n. 4, p. 181-188, mar.2002.

3 ARTIGO

ARTIGO de acordo com as normas da revista *Animal Feed Science and Technology*

Processo de ensilagem de sobras da cultura do repolho na alimentação animal

Adauton V. Rezende^a, Carlos H. S. Rabelo^{b,1}, Max R. M. Silva^a, Carla J. Härter^b, Rosane M.

Veiga^a

RESUMO

Devido à necessidade de se encontrar fontes de alimento alternativas para alimentação animal. Verificou-se a possibilidade de ensilagem de sobras de repolho; avaliou-se se de fato seria possível obterem-se bons resultados a partir da preparação desta silagem; e, determinou-se qual a melhor forma de se ensilar sobras de repolho. Assim, objetivou-se avaliar a composição química, o perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de silagens de repolho associado com fubá de milho em diferentes níveis inoculada ou não com Bactérias ácido lácticas. Os tratamentos avaliados foram: repolho ensilado com 200, 300, 400, 500 e 600 g/kg de fubá de milho (como base na matéria fresca), associada ou não a aplicação de inoculante bacteriano. Como esperado, a adição de fubá de milho aumentou o teor de MS da silagem de repolho, observando-se valores mais elevados para o nível mais alto de adição (> 520 g/kg). Por outro lado, teores de PB, FDN, FDA e lignina diminuíram com a adição de fubá. Devido

^aInstituto de Ciências Agrárias, Universidade José do Rosário Vellano, 37130-970, Alfenas, Minas Gerais, Brazil

^bDepartamento de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brazil

¹Corresponding author. Tel.: +55 16 3209 2682.

E-mail address: carlos.zoo@hotmail.com

à redução considerável no conteúdo de FDN, os coeficientes de DIVMS aumentaram linearmente ($P < 0,10$), mas todas as silagens mostraram digestibilidade superior a 740 g/kg de MS. Em relação ao processo fermentativo, os valores de pH das silagens de repolho aumentaram linearmente com aumento das doses de adição de fubá de milho. O repolho ensilado com 200 e 300 g/kg de fubá de milho teve uma alta produção de N amoniacal, o inoculante também aumentou a concentração de N amoniacal nestes níveis. Da mesma forma, as silagens de repolho tratadas com pequena quantidade de fubá de milho (200 e 300 g/kg) apresentaram grandes perdas de efluentes e gases, onde, à medida que o fubá de milho foi adicionado, as perdas fermentativas diminuíram. Em geral, as silagens tratadas com 600 g/kg de fubá de milho teve um pH mais baixo durante a exposição aeróbia, mas todas as silagens tiveram a mesma estabilidade aeróbica (12 h). A ensilagem de repolho é possível, mas recomenda-se aplicar 400 g/kg de fubá de milho para melhorar as qualidades das silagens, enquanto que o uso de inoculante é desnecessário.

Palavras-chave: co-produtos, fubá de milho, inoculante, valor nutritivo, sustentabilidade

1. Introdução

Segundo estatísticas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, na última pesquisa (FAO, 2011), a produção de repolho no mundo estava perto de 60 milhões de toneladas, das quais cerca de 45% foram desperdiçadas ou perdidas durante o cultivo no campo até o consumo humano. Por esta razão e devido à necessidade de se melhorar a eficiência da utilização de alimentos, o processo de ensilagem pode ser uma alternativa para conservar alimentos desperdiçados na agricultura e/ou os desperdiçados durante a distribuição para o consumo humano e serem utilizados como alimentos na produção animal (Makkar e Ankers, 2014). A ensilagem de outras frutas e vegetais

desperdiçados tem demonstrado ótimos resultados, e estes alimentos se tornaram bons alimentos para alimentação animal (Wadhwa e Bakshi, 2013). Assim, as pesquisas precisam ser desenvolvidas para incentivar o uso de fontes não convencionais, como a alimentação do gado após a preparação de silagem (Makkar e Ankers, 2014).

Posto isto, a ensilagem é um método de conservação baseada na fermentação de carboidratos solúveis (CHO-sol) por bactérias ácido láctico (BAL), produzindo ácidos orgânicos, principalmente, ácido láctico, sob condições anaeróbias. Como resultado, observa-se queda do pH, com conseqüente controle do desenvolvimento de microorganismos indesejáveis e redução no metabolismo celular nos tecidos da planta colhida (McDonald et al., 1991). No entanto, repolho tem matéria seca (MS) inferior a 120 g/kg e baixo teor de CHO-sol (Freyman et al., 1991), e estas características prejudicam a produção de ácido láctico e, conseqüentemente, a redução do pH da silagem, o que resulta num ineficaz processo fermentativo e baixa qualidade da silagem (Woolford, 1984). Como alternativa, o uso de material absorvente poderia promover um aumento no teor de MS da silagem e garantir melhorias das condições de fermentação, como sugerido em materiais com alto teor de umidade, manga, limão e banana (Aguilera et al, 1997;. Bernardes et al. , 2005;. Khattab et al, 2000). Nesse sentido, o fubá de milho pode ser usado como aditivo para aumentar o teor de MS e, conseqüentemente, aumentar a produção de ácido láctico e ácido acético, reduzindo os valores de pH e melhorando a digestibilidade, como observado para forragem que contém alto teor de umidade (Andrade e Melotti, 2004) .

Conforme descrito anteriormente, o repolho tem grande umidade e baixo teor de carboidratos solúveis. Assim, uma fonte de microorganismos deve ser inserindo junto à ensilagem para melhorar a eficiência de utilização de nutrientes e o processo fermentativo. Portanto, bactérias ácido lácticas heterofermentativa, homofermentativa ou facultativo (por exemplo, *Lactobacillus plantarum*) pode ser adicionado a partir de inoculantes para silagem

(Muck, 2010). Estes microrganismos produzem grandes quantidades de ácido láctico rapidamente, diminuindo o pH da silagem (Muck e Kung, 1997) e isso pode reduzir os riscos associados à ensilagem (ação de microrganismos deterioradores), resultando em uma redução de MS e perdas de energia (Rabelo et al., 2014).

Portanto, a hipótese é que a junção de fubá de milho com inoculante forneça bons resultados à silagem de repolho, resultando em um produto com boa qualidade para ser usada na alimentação animal. Assim, nosso objetivo foi investigar a composição química, o perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de silagens de repolho associada com fubá de milho em diferentes doses inoculada ou não com bactérias ácido lácticas.

2. Material e Métodos

2.1. Processo de ensilagem

As sobras de Repolho foram desintegradas em partículas de 2 cm e, em seguida, ensilados com diferentes quantidades de fubá de milho: 200, 300, 400, 500 e 600 g/kg de repolho (como base na matéria fresca). Além disso, para cada dose de fubá de milho foi adicionado, inoculante bacteriano contendo *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus* $2,5 \times 10^{10}$ unidade formadoras de colônias por grama (UFC/g) de produto (produto comercial Silobac®) foi aplicado ou não (não inoculado = tratamento controle) no repolho. A taxa de aplicação do inoculante foi determinada de acordo com as instruções do fabricante. O inoculante foi dissolvido em água não clorada (0,7 L/t) e, em seguida, aplicado ao repolho por meio de pulverização sob mistura constante. A mesma quantidade de água foi aplicada ao tratamento controle. Foram colhidas amostras para a caracterização química do repolho e do fubá de milho (Tabela 1), bem como os tratamentos, antes da ensilagem (Tabela 2).

Utilizou-se silos experimentais confeccionados em tubos de PVC com capacidade para 4 L de forragem, e foram armazenados em sala onde permaneceram fechados por 30 dias.

Após a abertura dos silos, perdas de efluentes e gases foram calculadas conforme segue abaixo:

$$\text{Perdas efluentes (kg/tonelada de forragem)} = ((P_{sa} - P_{ae}) / (M_{Fe})) * 1000 \quad (1)$$

onde P_{sa} e P_{ae} = peso (kg) dos silos na abertura e peso antes da ensilagem, respectivamente;

M_{Fe} = matéria fresca da ensilagem (kg).

$$\text{Perdas de gás (g/kg de MS)} = ((P_{sa} - P_{ae}) / (M_{Fe} * T_{MSe})) * 100 \quad (2)$$

onde P_{sa} e P_{ae} = peso (kg) dos silos na abertura e peso antes da ensilagem, respectivamente;

M_{Fe} = matéria fresca da ensilagem (kg); T_{MSe} = teor de matéria seca na ensilagem (g/kg).

2.2. Período de exposição aeróbia

A estabilidade aeróbia foi determinada pela colocação de 4 kg de silagem de repolho em baldes. As temperaturas das silagens foram medidas por um período de 3 dias a cada 6 horas, por meio de um termômetro digital colocado no centro da massa. Vasos foram colocados numa sala mantida à temperatura ambiente, e a estabilidade aeróbica foi definida como o período de tempo necessário para que a temperatura das silagens de repolho aumentasse 2 °C acima da linha base (à temperatura ambiente) após a exposição ao ar (Kung et al., 2007). Durante a exposição aeróbia, também foram determinados os valores de pH das silagens durante a medição de temperatura. Os dados máximo e máximo pH descrevem apenas o máximo de Temperatura e os valores de pH máximos observados durante 3 dias a de exposição para cada tratamento aeróbio.

2.3. Análise Química

As análises das sobras de repolho, do fubá de milho e das silagens foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos da Faculdade de Agronomia e Zootecnia da Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS Campus Alfenas – MG. As análises do

teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) foram realizadas conforme recomendações da *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC, 1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinadas segundo a técnica descrita por Silva (1998). Das amostras de silagens congeladas foi extraído o suco, com prensa hidráulica, para determinação do teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total [N-NH₃ (%N total)], segundo método descrito (Tosi et al., 1975). O pH foi determinado com a utilização de um peagâmetro digital (SILVA, 1998).

2.4. Ensaio de digestibilidade in vitro

Para este ensaio, utilizou-se o líquido ruminal de um touro fistulado que foi alimentado por 15 dias com capim (*Panicum maximum*) diariamente picado e uma mistura de silagens de repolho tratadas com fubá de milho. Após a adaptação, o líquido ruminal foi colhido pela manhã antes da alimentação e filtrado por meio de quatro camadas de gazes em frasco térmico pré-aquecido homogeneizado e misturado. Posteriormente, os coeficientes de digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) foram determinados de acordo com o método descrito por Tilley e Terry (1963).

2.5. Projeto e Análise Estatística

O experimento foi organizado em um esquema fatorial 5 (cinco doses de fubá de milho) x 2 (sem inoculação ou silagens inoculadas) e conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A composição química, as diferenças entre forragem e silagem, perfil fermentativo, os coeficientes de digestibilidade e máximo de dados de pH foram analisados com um modelo misto usando o PROC MIXED do SAS (v 9.2), considerando-se doses de fubá de milho e inoculante como efeitos fixos e o erro residual como um efeito aleatório. O seguinte modelo geral foi utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + CM_i + I_j + CMI_{ij} + e_{ijk}$$

onde Y_{ijk} = variável resposta; μ = média geral; CM = efeito do nível de fubá i ; I = efeito de inoculante j ; CMI = efeito da interação entre o nível de fubá de milho e inoculante i j ; e e_{ijk} = termo de erro.

As diferenças entre as médias foram determinadas usando o procedimento DIFF, que diferencia com base em meios protegidos por teste de F diferença mínima significativa de Fisher. Contrastes foram construídos, e o único grau de liberdade comparado ortogonalmente incluiu efeito linear e quadrático da adição de fubá de milho. As diferenças foram declaradas significativa em $P \leq 0,05$ e tendências em $P \geq 0,05 < 0,10$.

Os dados de temperatura e pH ao longo dos três dias foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. O seguinte modelo geral foi utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + CM_i + I_j + T_k + CMI_{ij} + CMT_{ik} + IT_{jk} + CMIT_{ijk} + e_{ijk}$$

onde Y_{ijk} = variável resposta; μ = média geral; CM = efeito do nível de fubá i ; I = efeito de inoculante j ; CMI = efeito da interação entre o nível de fubá de milho e inoculante i j ; CMT = efeito da interação entre fubá nível I e tempo k ; IT = efeito da interação entre inoculante j e tempo k ; $CMIT$ = efeito da interação entre nível de fubá i , j inoculante e tempo k ; e e_{ijk} = termo de erro.

Várias estruturas de erro de covariância foram investigadas, e a estrutura que melhor se ajustou aos dados de acordo com o critério de informação Bayesiano (BIC) foi selecionada. A ARMA (1,1) e AR (1) estruturas de covariância foram selecionados para a temperatura e

pH, respectivamente. As diferenças foram consideradas significativas para $P \leq 0,05$ e tendências em $P \geq 0,05 < 0,10$.

3. Resultados

3.1. Composição química dos tratamentos, antes da ensilagem

A adição de fubá na ensilagem aumentou o teor de MS do repolho, enquanto PB, FDN, FDA e lignina foram reduzidos. Da mesma forma, inoculante bacteriano promoveu algumas mudanças em MS, PB, FDN e FDA, mas não houve uma tendência clara e isso deve estar relacionado a outros fatores (Tabela 2).

3.2. Composição química e perfil fermentativo de silagens de repolho

Todos os dados sobre a composição química, diferenças em teor de nutrientes entre os tratamentos antes da ensilagem e após a abertura dos silos, perfil fermentativo e exposição aeróbia, são apresentadas na Tabela 3. Como esperado, confirmou-se que o fubá de milho aumentou o teor de MS da silagem de repolho, observando-se maiores valores para o nível mais elevado de adição. Por outro lado, inoculante reduziu e aumentou os teores de MS apenas para as silagens tratadas com 300 e 400 g/kg de fubá de milho, respectivamente. A PB, FDN, FDA e lignina diminuíram devido à adição do fubá de milho, enquanto que o inoculante não teve qualquer efeito sobre o PB, FDA e lignina. No entanto, o teor de FDN aumentou e diminuiu com a utilização de inoculante nas silagens de repolho tratadas com 500 e 600 g/kg de fubá de milho, respectivamente.

Comparando-se o teor de MS antes da ensilagem e após a abertura dos silos, observou-se que apenas a silagem de repolho tratada com 400 g/kg de fubá de milho combinado com inoculante teve teor de MS superior ao material antes da ensilagem. No entanto, a maior diferença entre forragem e silagem foi devido à adição de 200g de fubá de milho/kg associada

com inoculante. No geral, as silagens de repolho tratadas com 200 e 300 g/kg de fubá de milho teve perdas de PB mais elevadas.

Exceto a silagem de repolho tratadas com 200 g/kg de fubá de milho e inoculante, as outras silagens apresentaram maior teor de FDN comparado ao material antes da ensilagem. A maior diferença foi observada para silagem de repolho tratadas com 500 g/kg de fubá de milho e inoculante. Para FDA, todas as silagens tiveram maior teor em comparação com as forragens antes de ensilar, e a maior diferença entre a forragem fresca e a silagem foi obtida com a adição de fubá nas doses de (500 e 600 g/kg), sem inoculante. O teor de lignina não foi afetado.

Devido à redução considerável no teor de FDN devido à adição do fubá de milho, os coeficientes de DIVMS aumentaram linearmente. Por outro lado, todos os valores de DIVMS foram elevados, variando entre 740,6 e 782,1 g/kg de MS.

Os valores de pH das silagens de repolho aumentaram linearmente devido ao aumento nos níveis de adição de fubá de milho. Em relação ao nitrogênio amoniacal, os maiores valores foram observados nas silagens contendo alto teor de umidade (200 e 300 g/kg de adição de fubá de milho). Nesses níveis, a aplicação de inoculante também aumentou a concentração de nitrogênio amoniacal.

Em termos de perdas fermentativas, relacionamos decréscimos na produção de efluentes e de gases com adição de fubá de milho, enquanto que as silagens tratadas com 200 e 300 g/kg de fubá de milho apresentaram maiores perdas de gases devido à inoculação. Além disso, observou-se uma correlação negativa entre o teor de MS e perdas de gases, enquanto que a correlação para FDN e FDA com a mesma variável foi positivo (Fig. 1).

3.3. Estabilidade aeróbia

No geral, as silagens de repolho tratadas com 600 g/kg de fubá de milho apresentaram menor pH, enquanto que a silagem tratada com 300 g/kg de fubá de milho e inoculante apresentou o maior valor.

Por causa da diminuição da temperatura ambiente, as perdas da estabilidade de todas as silagens ocorreram no mesmo tempo (12 h), e a análise estatística desta variável não foi possível de se realizar. Pela mesma razão, não avaliamos estatisticamente os dados sobre máximo de temperatura, que teve uma média geral de 24 °C.

Embora as perdas da estabilidade de todas as silagens ocorreram com 12 horas, todas as silagens tinham uma temperatura constante durante as 72 h de exposição ao ar (Fig. 2). Da mesma forma, os valores de pH também permaneceram estáveis (abaixo de 4,5), durante o período de exposição ao ar (Fig. 3).

4. Discussão

Hoje em dia, existe o desafio de produzir mais alimentos de origem vegetal e animal para combater a fome no mundo. Para isso, é necessário melhorar a eficiência da utilização de alimentos, e nós sabemos que vários alimentos têm um grande desperdício e/ou perdas. Neste sentido, o processo de ensilagem pode ser uma alternativa para preservar alguns alimentos desperdiçados não utilizados na alimentação humana, com o objetivo de alimentar animais (Makkar e Ankers, 2014). Mas aqui há uma boa pergunta sobre este assunto: é possível obter bons resultados com ensilagem de alimentos desperdiçados? Mais exatamente para esta pesquisa, será possível ensilar repolho e obter uma boa qualidade de silagem?

Como esperado, as silagens de repolho tiveram grande aumentos nos teores de MS, devido à adição de fubá de milho, que têm alto teor de MS e uma grande capacidade de absorção de água (umidade) da silagem (Andrade e Melotti, 2004). Além disso, o fubá de

milho tem baixa concentração de fibras e proteínas em comparação ao repolho, e isso explica as reduções observadas nos teores de PB, FDN, FDA e lignina do repolho, antes da ensilagem e após a abertura dos silos. Provavelmente devido à redução do teor de fibra, na medida em que se adicionou fubá, os coeficientes de DIVMS da silagem de repolho sofreram um ligeiro aumento ($P < 0,10$). Posto isto, o efeito negativo da fibra sobre a digestibilidade é bem conhecida, e a lignina é o principal componente negativamente associado com a digestão de fibra por ruminantes (Jung e Allen, 1995). Então, isso nos ajuda a entender os resultados obtidos. Alguns estudos avaliaram a inclusão de silagem de frutas descartadas (banana e abacaxi) sobre o desempenho animal e concluíram que a banana pode ser um bom volumoso para búfalos fora da lactação desde que alguns aditivos sejam inclusos (Khattab et al., 2000), enquanto a silagem de abacaxi pode substituir até 60% de silagem de milho, sem diminuir o desempenho de bovinos de corte em confinamento (Prado et al., 2003).

Embora as mudanças na composição química das silagens de repolho tenha sido clara usando fubá de milho, inoculante bacteriano teve um efeito discreto. Na ensilagem, MS, PB, FDN e FDA foram modificados pelo inoculante, no entanto, esses resultados provavelmente estão mais associados a outros fatores (por exemplo, o efeito de concentração promovida pelo fubá de milho), por causa de silagem inoculada não têm efeito imediato após a aplicação e a necessidade de tempo e condições anaeróbias para atuar (McDonald et al., 1991).

Após a abertura dos silos, apenas MS e FDN foram afetados pelo inoculante. Como se sabe, algumas estirpes de *Lactobacillus plantarum* podem ter atividades de ácidos ferúlico e P-cumárico (Cavin et al., 1997). Estas enzimas podem reduzir o teor de fibra das silagens de repolho. No entanto, houve redução de fibra apenas na silagem tratada com 600 g/kg de fubá de milho. Assim, nossos resultados sobre efeito de inoculante na composição química são poucos expressivos e sem uma conclusão clara. Além disso, as mudanças na composição

química causadas por inoculantes estão mais associadas com a redução das perdas (McDonald et al., 1991).

Comparando a composição química dos tratamentos, antes da ensilagem e após a abertura dos silos, apenas a silagem de repolho tratadas com 400 g/kg de fubá de milho e inoculada teve teor de MS superior ao material antes da ensilagem. Durante a fase inicial de fermentação (incluindo aerobia), plantas utilizadas para ensilagem ainda respiram e Carboidratos solúveis em água são convertido em água, além de CO₂ e calor (McDonald et al., 1991). Microrganismos aeróbios facultativos também pode produzir água em algumas reações no interior do silo (McDonald et al., 1991). Portanto, isso explica as reduções encontradas nos teores de MS. Além disso, as silagens de repolho tratadas com 200 e 300 g/kg de fubá de milho teve uma redução considerável no teor de proteína bruta em comparação com as outras silagens. Normalmente, silagens com alto teor de umidade produz maiores teores de N amoniacal (Bernardes et al., 2005), que é predominantemente um produto da fermentação clostridiana de aminoácidos (Charmley, 2001) Ainda é possível observar que as silagens de repolho apresentaram teor de fibra mais elevado do que a forragem, o que está relacionado ao metabolismo de componentes solúveis (por exemplo, Carboidratos soluveis em água) realizados por microorganismos da silagem, o que resulta em um aumento das fibras. Como se sabe, o processo de ensilagem é uma alternativa para preservar vários alimentos utilizados na nutrição animal, no entanto, este processo não melhora suas qualidades (Van Soest, 1994).

Em relação ao perfil fermentativo, o pH da silagem de repolho aumentou com a adição de fubá de milho. Como discutido anteriormente, fubá de milho absorveu a água presente livre nas silagens de repolho, e a atividade da água, provavelmente diminuiu, resultando em maiores valores de pH. Aqui é importante dizer também que, apesar de não avaliarmos a presença de microorganismos deterioradores neste estudo, o desenvolvimento destes é restringido em baixa atividade de água (Davey, 1989). Além disso, as silagens de repolho

com alto teor de umidade teve maior produção de N amônia, mas as causas para esse resultado já foram explicadas acima.

Silagens de repolho tratadas com 200 e 300 g/kg tinham grandes perdas de efluentes e gases. Silagens feitas com plantas mais úmidas aguentam maior pressão durante a compactação, causando a ruptura das paredes das células e, assim, a perda de constituintes solúveis presentes nas células, o que pode reduzir significativamente o valor nutritivo da silagem (Khorvash et al., 2006). Além disso, os efluentes das silagens são uma importante fonte de poluição agrícola (Haigh, 1994). Nesse sentido, a adição de uma quantidade elevada de fubá de milho apresentou resultados com sucesso para diminuir as perdas fermentativas em silagens de repolho. Conforme relatado, outras pesquisas também verificaram a necessidade de incluir algum aditivo na ensilagem de frutas para melhorar a fermentação e as características nutritivas dessas silagens devido à grande quantidade de água (Aguilera et al., 1997;.. Khattab et al., 2000).

Além disso, foi encontrada uma correlação negativa entre o teor de MS e perdas de gases, em outras palavras, silagens de repolho com alta umidade tiveram perdas de gases mais elevadas, enquanto que FDN e FDA apresentaram correlação positiva. Mas aqui, parece que é mais correto associar perdas elevadas de gases com baixo teor de MS. Geralmente, as silagens com alto teor de umidade apresentam mais microorganismos indesejáveis que podem aumentar as perdas devido à produção de dióxido de carbono, usando as vias metabólicas indesejáveis (McDonald et al., 1991).

Teoricamente, bactérias ácido lácticas homofermentativas são utilizadas na silagem para aumentar a produção de ácido láctico e, conseqüentemente, reduzir perdas de MS durante o processo de fermentação devido a caminhos metabólicos mais eficientes (Muck, 2010), o que pode, direta ou indiretamente, reduzir a produção de nitrogênio amoniacal (McDonald et al., 1991).

No entanto, as silagens de repolho tratadas com 200 e 300 g/kg de fubá de milho, combinado com a aplicação de inoculante aumentou a produção de N amoniacal e perda de gases. Apesar de não ter dados sobre a produção de ácidos orgânicos nesta pesquisa, há uma possível teoria que possa ser usada para elucidar o ocorrido. A primeira estirpe converte hexoses em ácido láctico, ao passo que, geralmente, *Lactobacillus plantarum* também fermenta hexoses homofermentativas em ácido láctico. Por outro lado, sob condições especiais, *Lactobacillus plantarum* pode metabolizar hexoses em ácido láctico, dióxido de carbono e etanol ou ácido acético, enquanto pentoses são fermentados em ácido láctico e ácido acético através de uma fosfoquetolase (Holzer et al, 2003;.. Pahlow et al, 2003). É provável que, sob as condições de maior umidade, *Lactobacillus plantarum* foi levado a adotar uma via heterofermentativa, produzindo mais ácido acético, o que promove maior perdas de MS (McDonald et al., 1991). Indiretamente, o pH não é rapidamente reduzido e existe uma maior produção de N amoniacal via enzimas da própria planta e/ou microorganismos indesejáveis (McDonald et al., 1991).

Após a abertura dos silos, todas as silagens de repolho apresentaram apenas 12 h de estabilidade aeróbia. No entanto, é necessário analisar esses dados com cuidado, porque todas as silagens tinham uma temperatura constante, durante as 72 h de exposição ao ar, e a perda ocorreu devido à redução da temperatura ambiente. No nosso estudo, as temperaturas foram avaliadas com intervalos de 6 h. Então, o que contribuiu para todos os tratamentos (incluindo o controle) quebra a estabilidade aeróbia, ao mesmo tempo, evitando que as análises estatísticas fossem feitas. Pela mesma razão, não foi analisado estatisticamente os dados sobre temperatura máxima.

Como sabido, silagens com concentrações elevadas de nutrientes mostraram deterioração mais rápida nos silos pós-abertura, devido à maior atividade de leveduras e fungos, que se desenvolvem por meio da utilização de carboidrato solúvel residual e de ácido

lático, como substratos, causando a deterioração da massa (Wilkinson e Davies, 2012). Como resultado, o aumento do pH, que é potencializado quando o valor é maior do que 4,5 favorecendo o crescimento de microorganismos indesejáveis, além de diminuir o valor nutritivo das silagens (Wilkinson e Davies, 2012). Então, nós poderíamos esperar menor estabilidade aeróbia em silagens tratadas com 600 g/kg de fubá de milho, pois apresentaram maior digestibilidade. No entanto, a análise dos dados sobre o pH máximo, de silagens de repolho tratadas com 600 g/kg de fubá de milho teve valores de pH mais baixos. Uma possível explicação para isso foi discutido anteriormente, em que as silagens com alto teor de MS têm atividade de água inferior e desenvolvimento de microorganismos deteriorantes é menor (Davey, 1989).

5. Conclusões

Os resultados desta pesquisa permitem concluir que a ensilagem de repolho é possível. Silagens de repolho pode ser um bom alimento para a nutrição animal. Além disso, a melhor forma de ensilar repolho deve ser com a aplicação de 400 g/kg de fubá de milho na ensilagem sem inoculante uma vez que este não promove melhorias na qualidade da silagem.

Referências

- Aguilera, A., Perez-Gil, F., Grande, D., De La Cruz, I., Juárez, J., 1997. Digestibility and fermentative characteristics of mango, lemon and corn stover silages with or without addition of molasses and urea. *Small Rum. Res.* 26,87-91.
- Andrade, SJT, Melotti, L. 2004. Effect of some additives on the quality of elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum) silage. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 41,409-415.
- Association of Official Analytical Chemist, AOAC, 1996. *Official Methods of Analysis*. Décima sexta ed. Washington, DC, USA.
- Bernardes, TF, Reis, RA, Moreira, AL, 2005. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. *Sci. Agric.* 62,214-220.
- Cavin, JF, Barthelmebs, L, Guzzo, J, Van Beeumen, J, Samyn, B, Travers, JF, Diviès, C. 1997. Purification and characterization of an inducible *p*-coumaric acid decarboxylase from *Lactobacillus plantarum*. *FEMS Microbiol. Let.* 147,291-295.
- Charmley, E. 2001. Towards improved silage quality - A review. *Can. J. Anim. Sci.* 81,157-168.
- Davey, KR, 1989. A predictive model for combined temperature and water activity on microbial growth during the growth phase. *J. Appl. Microbiol.* 67,483-488.
- FAO. 2011. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome.
- Freyman, S., Toivonen, P.M., Perrin, PW, Lin, WC, Hall, JW, 1991. Effect of nitrogen fertilization on yield, storage losses and chemical composition of winter cabbage. *Can. J. Plant Sci.* 71,943-946.
- Haigh, PM, 1994. A review of agronomic factors influencing grass silage effluent production in England and Wales. *J. Agri. Engineer. Res.* 57,73-87.
- Holzer, M, Mayrhuber, E, Danner, H, Braun, R, 2003. The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. *TRENDS Biotechnol.* 21,282-287.

Jung, HG., Allen, MS.,1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73,2774-2790.

Khattab, HM., Kholif, AM, El-Alamy, HA, Salem, FA, El-Shewy, AA, 2000. Ensiled banana wastes with molasses or whey for lactating buffaloes during early lactation. *Asian Australian J. Anim. Sci.* 13,619-624.

Khorvash, M, Colombatto, D, Beauchemin, KA, Ghorbani, GR, Samei, A, 2006. Use of absorbents and inoculants to enhance the quality of corn silage. *Can. J. Anim. Sci.* 86,97-107.

Kung, L, Grieve Jr, DB, Thomas, JW, Huber, JT, 1984. Added ammonia or microbial inoculant for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. *J. Dairy Sci.* 67,299-306.

Kung, L, Schimidt Jr, RJ, Ebling, TE, Hu, W, 2007. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. *J. Dairy Sci.* 90,2309-2314.

Makkar, HPS, Ankers, P, 2014. A need for generating sound quantitative data at national levels for feed-efficient animal production. *Anim. Prod. Sci.* 54,1569-1574.

McDonald, P, Henderson, AR, Heron, SJE, 1991. *The Biochemistry of Silage*, segunda ed. Chalcombe Publ., Abersytwyth, U.K.

Moon, NJ, 1983. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. *J. Appl. Bacteriol.* 55,453-460.

Muck, RE 2010. Silage microbiology and its control through additives. *R. Bras. Zootec.* 39,183-191.

Pahlow, G, Muck, RE, Driehuis, F, Oude-Elferink, SJWH, Spoelstra, SF, 2003. Microbiology of Ensiling, in: Buxton, DR, Muck, RE, Harrison, JH. *Silage Science and Technology*. American Society of Agronomy, Madison, WI , pp.31-93.

Prado, IV, Lallo, FH, Zeoula, LM, Caldas Neto, SF, Nascimento, WG, Marques, JÁ, 2003. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduo industrial de abacaxi sobre o desempenho de bovinos confinados. R. Bras. Zootec. 32,737-744.

Rabelo, CHS, Rezende, AV, Rabelo, FHS, Nogueira, DA, Senedese, SS, Vieira, PF, Bernardes, CL, Carvalho, A, 2014. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade *in vitro*. Ci. Rural 44,368-373.

Tilley, JMA, Terry, RA 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Br. Grassl. Soc. 18,104-111.

Van Soest, P, Robertson, JB, Lewis, BA, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74,3583-3597.

Van Soest, PJ, Robertson, JB, 1985. Analysis of forages and fibrous foods, Cornell University, Ithaca.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Segunda ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Wadhwa. M, Bakshi, MPS, 2013. Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. (Ed. HPS Makkar), FAO, Rome. Available at <http://www.fao.org/docrep/018/i3273e/i3273e.pdf> [Verified July 2014]

Wilkinson, J.M., Davies, D.R. 2012. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. Grass For. Sci. 68:1-19.

Woolford, M.K. 1984. The silage fermentation. Marcel Dekker, New York.

Tabela 1

Composição química (g/kg de MS) de repolho e de fubá de milho utilizado para ensilagem.

Item	Repolho	Fubá de milho
MS	140,3	870,2
PB	156,3	78,8
FDN	428,0	256,8
FDA	210,4	29,6
Lignina (sa)	22,9	8,5

MS^a = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido.

Tabela 2

Composição química (g/kg de MS) dos tratamentos antes da ensilagem.

Fubá de milho, g/kg	200		300		400		500		600		SEM	P-valor ^a			Constraste ^{b,c}	
	Inoculante	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não		Sim	FM	I		Interação
MS ^d		280,5 ^h	326,9 ^g	346,8 ^f	361,9 ^e	418,4 ^c	382,9 ^d	488,6 ^b	483,8 ^b	552,5 ^a	546,1 ^a	2,48	<0,0001	0,0706	<0,0001	C**
PB		100,6 ^b	105,9 ^a	98,4 ^c	91,4 ^d	81,9 ^f	85,3 ^e	86,6 ^c	77,4 ^g	80,9 ^f	76,6 ^g	0,50	<0,0001	<0,0001	<0,0001	Q**
FDN		442,1 ^b	453,3 ^a	426,7 ^c	416,7 ^d	373,3 ^f	382,3 ^e	335,6 ^h	351,2 ^g	277,7 ⁱ	269,9 ^j	1,44	<0,0001	0,0005	<0,0001	C**
FDA		124,4 ^a	112,3 ^b	87,9 ^c	81,1 ^d	65,4 ^f	68,5 ^e	54,5 ^h	57,1 ^g	43,4 ⁱ	47,2 ⁱ	0,33	<0,0001	<0,0001	<0,0001	C**
Lignina (sa)		33,0	31,6	25,2	24,1	18,9	19,7	15,6	17,0	12,5	13,4	1,25	<0,0001	0,8755	0,7278	Q**

^{a-j} Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$).^aFM = fubá de milho; I = inoculante.^b* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.^cQ = efeito quadrático; C =efeito cúbico.^dMS = material seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente acido.

Tabela 3

Composição química (g/kg de MS), perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de silagens de repolho inoculados ou não com BAL em diferentes níveis de fubá de milho.

Fubá de milho, g/kg	200		300		400		500		600		SEM	<i>P</i> -valor ^a			Constraste ^{b,c}	
	Inoculante	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não		Sim	FM	I		Interação
Composição química, g/kg de MS ^d																
MS		237,8 ^g	246,6 ^g	329,9 ^e	305,2 ^f	371,8 ^d	390,4 ^c	437,5 ^b	439,2 ^b	526,3 ^a	521,6 ^a	7,31	<0,0001	0,9872	0,0646	C*
PB		94,9	95,8	89,3	89,6	84,7	88,1	85,3	86,0	82,4	80,8	2,21	<0,0001	0,6195	0,8806	L**
FDN		449,7 ^a	456,5 ^a	430,3 ^b	427,3 ^b	390,3 ^c	390,5 ^c	341,8 ^c	374,0 ^d	291,3 ^f	273,7 ^g	2,64	<0,0001	0,0363	<0,0001	C**
FDA		135,1	132,7	94,3	93,5	82,0	81,5	78,5	77,7	72,3	56,8	4,71	<0,0001	0,1903	0,4587	C**
Lignina (sa)		38,9	39,1	26,7	25,4	23,2	26,3	22,4	20,8	19,4	14,8	1,88	<0,0001	0,5193	0,4048	C**
DIVMS		754,7	744,7	763,3	749,6	740,6	750,4	751,3	761,7	779,9	782,1	13,16	0,934	0,9743	0,8358	L*
Diferenças entre forragem e silagem, g/kg de MS																
MS		42,8 ^b	80,3 ^a	16,9 ^c	56,7 ^b	46,7 ^b	-7,5 ^d	51,1 ^b	44,6 ^b	26,2 ^c	24,5 ^c	7,07	<0,0001	0,5052	<0,0001	C**
PB		5,6 ^{ab}	10,1 ^a	9,1 ^a	1,8 ^b	-2,8 ^b	-2,8 ^b	1,3 ^b	-8,6 ^c	-1,5 ^b	-4,2 ^{bc}	2,19	<0,0001	0,0354	0,0220	Q*
FDN		-7,7 ^{bc}	0,9 ^a	-3,6 ^{ab}	-10,6 ^c	-17,0 ^c	-12,6 ^c	-6,7 ^b	-22,8 ^c	-13,7 ^c	-3,9 ^{ab}	2,34	0,0001	0,9630	<0,0001	Q**
FDA		10,7 ^{ab}	-19,6 ^{bc}	-6,3 ^a	-12,4 ^b	-16,6 ^{bc}	-13,0 ^b	-24,0 ^c	-20,6 ^{bc}	-28,8 ^c	-10,3 ^{ab}	4,19	0,0462	0,4520	0,0358	C*
Lignina (sa)		-5,8	-7,5	-1,5	-1,4	-4,3	-7,0	-6,7	-3,9	-6,9	-1,4	2,13	0,1670	0,5468	0,3298	Ns
Perfil fermentativo																
pH		3,82	3,85	3,88	3,89	3,93	3,88	3,90	3,90	3,92	3,91	0,02	0,0013	0,7637	0,2150	L**
N amoniacal ^c		157,5 ^b	165,4 ^a	150,5 ^c	156,3 ^b	24,3 ^d	20,8 ^d	24,4 ^d	24,3 ^d	20,5 ^d	24,5 ^d	2,09	<0,0001	0,0447	0,0872	C**
Efluente, kg/ton		45,0	50,3	51,9	50,3	14,5	14,2	17,4	14,5	19,1	15,4	3,39	<0,0001	0,7631	0,6961	C**
Gás, g/kg MS		257,3 ^b	291,7 ^a	72,5 ^d	81,9 ^c	40,5 ^e	38,4 ^e	34,8 ^e	39,7 ^e	19,7 ^f	19,6 ^f	3,37	<0,0001	0,0003	0,0005	C**
Exposição aeróbica																
Máximo pH		4,30 ^{bc}	4,30 ^{bc}	4,20 ^{bc}	4,50 ^a	4,35 ^b	4,29 ^{bc}	4,32 ^b	4,22 ^{bc}	4,14 ^c	4,15 ^c	0,06	0,0256	0,4397	0,0344	Q*

^{a-g} Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$).

^aFM = fubá de milho; I = inoculante.

^{b*} $P < 0,05$; ^{**} $P < 0,01$; ns = não significativo.

^cL = efeito linear; Q = efeito quadrático; C = efeito cúbico.

^dMS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da Matéria seca.

^eN amoniacal expresso em relação ao nitrogênio total.

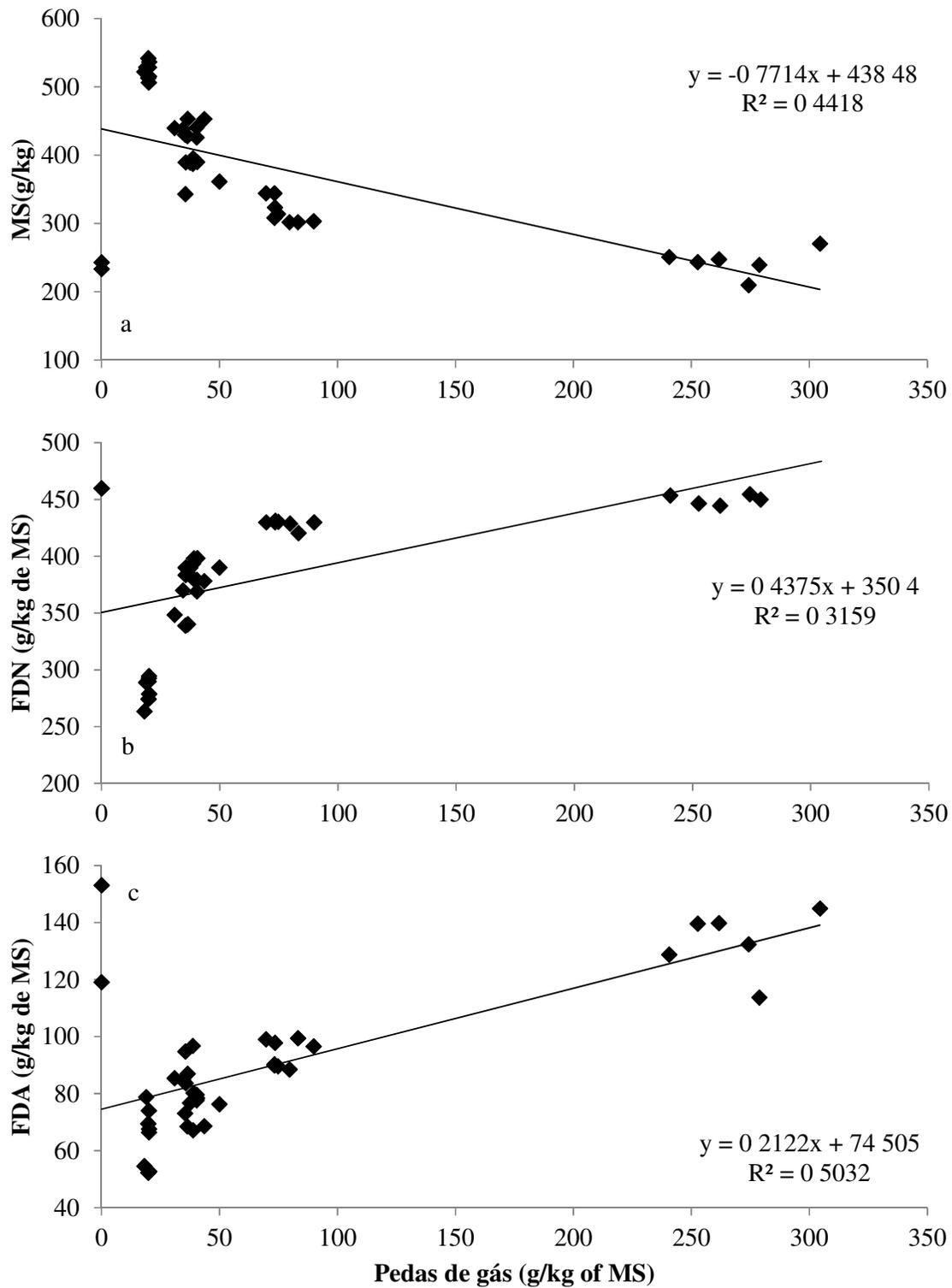


Fig. 1. Correlações entre MS(a), FDN(b) e FDA(c), com perdas de gás para silagens de repolho.

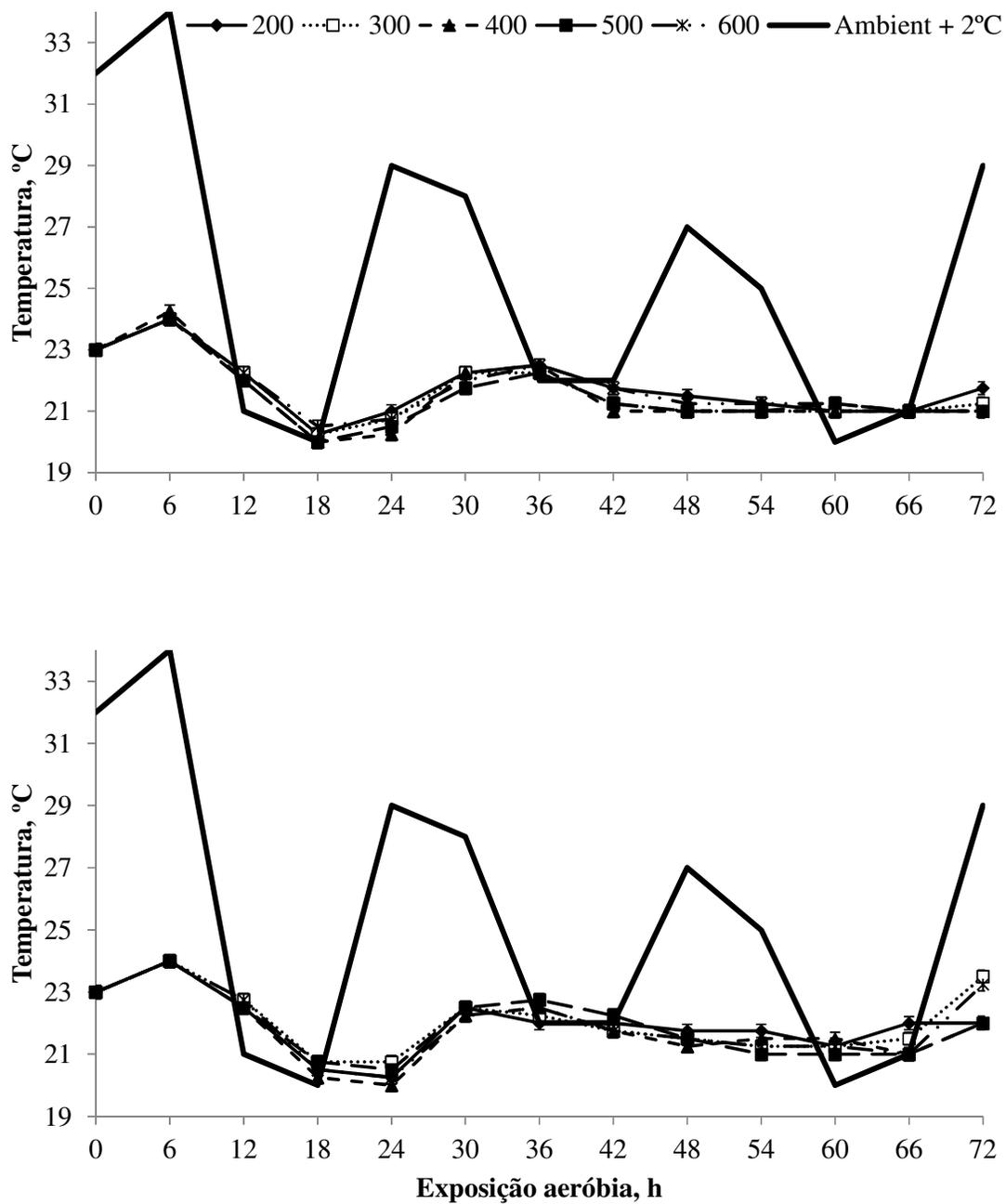


Fig. 2. Alterações de Temperatura das silagens de repolho tratadas com diferentes níveis de fubá de milho durante a exposição aeróbia (silagens a = controle, sem tratamento com inoculante; b = silagens inoculadas).

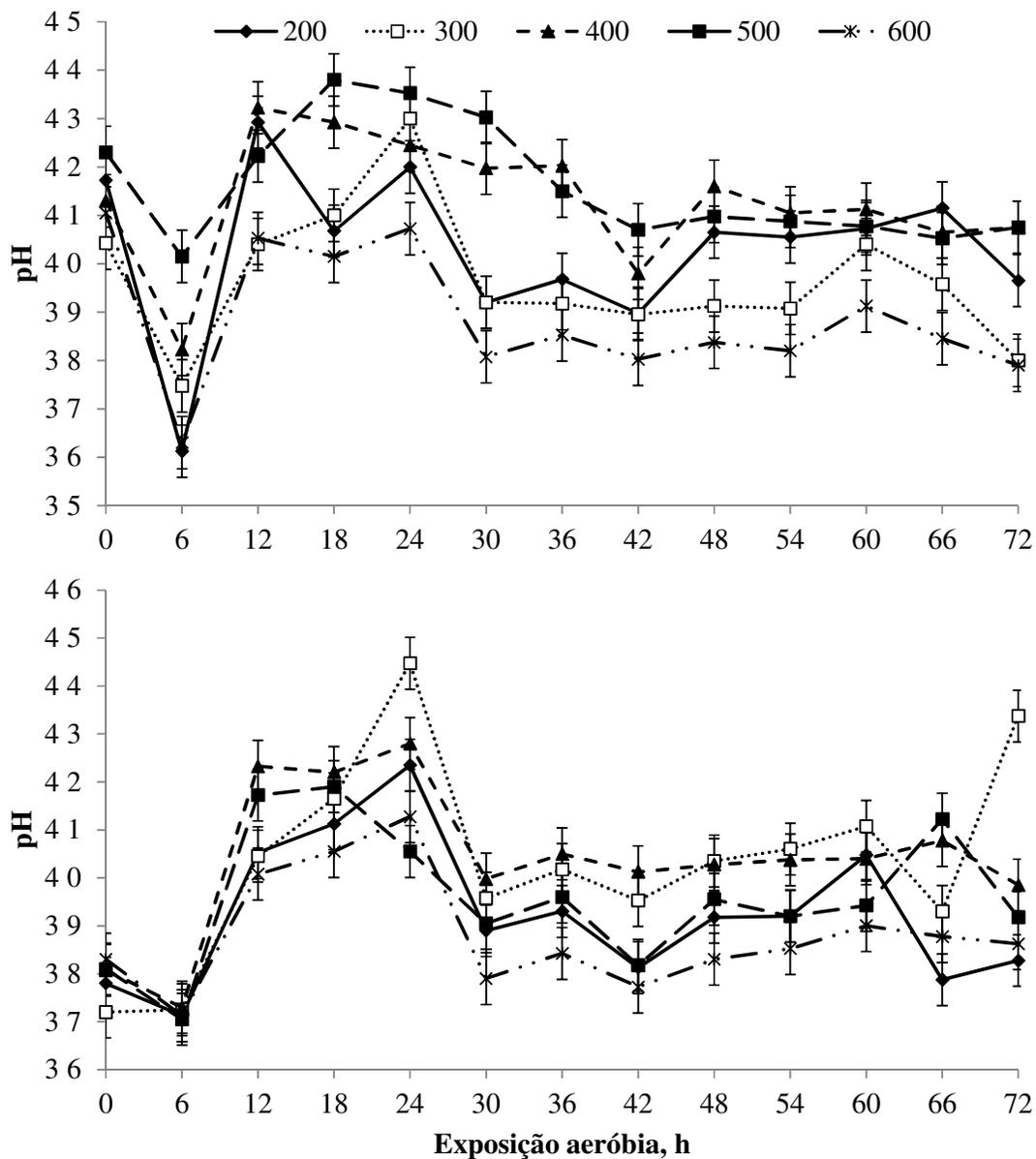


Fig. 3. Alterações nos valores de pH de silagens de repolho tratadas com diferentes níveis de fubá de milho durante a exposição aeróbia (silagens a = controle, sem tratamento com inoculante; b = silagens inoculadas).

