

INFLUÊNCIA DA INCLUSÃO DE ADITIVOS NA ENSILAGEM DO BAGAÇO DE CEVADA

Renata Soares Tavares da Silva, Maria Carolina Costa Lopes, Raquel Nogueira Bade, Marcus Vinicius Martins Taveira, Leonardo Siqueira Glória, Lygea de Andrade Chevrand, Denise de Mello Bobány, André Vianna Martins

RESUMO

Objetivou-se avaliar a contribuição de aditivos para a conservação do bagaço de cevada na forma de silagem. Foram avaliados três tratamentos: ensilagem do bagaço de cevada como ingrediente único (TC); bagaço de cevada aditivado com 5% de milho com base na matéria natural (BM) e; bagaço de cevada aditivado com 0,36% de ácido propiônico com base na matéria natural (BP). Utilizaram-se baldes plásticos como silo experimentais, que foram mantidos à temperatura ambiente e luz solar. As silagens foram avaliadas no dia 0 e ao final de 28 e 56 dias de armazenamento, em que foram coletadas amostras para análises de composição química e de pH. Houve resultado da interação tratamento*período para o valor de pH nos tratamentos controle e BP, no dia 0, em função do ácido propiônico atuar reduzindo imediatamente o pH. As silagens aditivas com milho apresentaram maiores teores de matéria seca e carboidratos não fibrosos e menores teores de proteína bruta e de matéria orgânica fibrosa em comparação aos demais tratamentos. Os tratamentos TC e BP são iguais em relação à composição química. A conservação do bagaço sozinho em anaerobiose foi suficiente para preservar sua composição química ao final de 28 dias.

Palavras-chave: resíduo úmido de cervejaria; subprodutos agroindustriais; análises químicas.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the contribution of additives to the conservation of barley bagasse in silage form. Three treatments were evaluated: barley bagasse silage as a single ingredient (TC); barley bagasse with 5% maize based on natural matter (BM) and; barley bagasse with 0.36% propionic acid based on natural matter (BP). Plastic buckets were used as experimental silo, which were kept at room temperature and sunlight. Silages were evaluated at day 0 and at the end of 28 and 56 days of storage, when samples were collected for chemical composition and pH analysis. There was a result of the interaction treatment*period for the pH value in the control and BP treatments, on day 0, as a function of propionic acid acting immediately reducing the pH. Additive silages with corn presented higher levels of dry matter and non-fibrous carbohydrates and lower levels of crude protein and fibrous organic matter compared to the other treatments. The treatments TC and BP are equal in relation to the chemical composition. The preservation of bagasse alone in anaerobiosis was sufficient to preserve its chemical composition after 28 days.

Keywords: wet brewery waste; agroindustrial byproducts; chemical analysis.

INTRODUÇÃO

Dentre as atividades agropecuárias de maior relevância econômica no Estado do Rio de Janeiro está a pecuária leiteira. A atividade caracteriza-se pela produção de leite em pequenas propriedades, associada à mão-de-obra familiar e contratada, cujos sistemas de produção predominantes são o extensivo e o semiintensivo. Nestes sistemas a alimentação do rebanho baseia-se quase que exclusivamente no uso da pastagem como fonte de nutrientes aos animais, conforme constatado pelo Diagnóstico da Cadeia Produtiva do Leite do Estado do Rio de Janeiro, realizado pela FAERJ

e SEBRAE-RJ em 2010, que pontuou que 71,07% da área das propriedades leiteiras são destinadas à pastagem. Este mesmo documento descreve índices zootécnicos como idade ao primeiro parto e produção média diária de leite por vaca abaixo daqueles desejáveis para a atividade (FAERJ; SEBRAE-RJ, 2010).

A menor produtividade nestes sistemas está relacionada ao tipo e a qualidade da alimentação. Sistemas de produção baseados no uso exclusivo de pastagem estão sujeitos à sazonalidade na produção, devido à menor oferta quantitativa e qualitativa de forragem no período seco do ano, resultando em

desempenho animal aquém do potencial genético dos animais. De fato, o mesmo documento relata que a produção de leite no período das águas foi 37% maior do que no período seco (FAERJ; SEBRAE-RJ, 2010).

A suplementação da pastagem com alimentos de melhor valor nutritivo e de menor custo é uma alternativa para reduzir os efeitos da baixa produtividade. O resíduo úmido de cervejaria ou bagaço de cevada é um subproduto da indústria cervejeira, que vem sendo empregado na nutrição de ruminantes ao longo de décadas (ALLEN; STEVENSON, 1975). Este subproduto foi definido como uma massa resultante da aglutinação da casca com resíduos do processo de mosturação, do grão de cevada sozinho ou misturado a outros grãos de cereais (AAFCO, 2001, *apud* WESTENDORF; WOHLT, 2002). Além da cevada, outros grãos, chamados de adjuntos, podem ser adicionados ao processo de fabricação da bebida, dependendo do tipo de cerveja ou indústria.

O bagaço de cevada apresenta baixo conteúdo de carboidratos não fibrosos (solúveis) e possui maiores concentrações de proteína bruta (PB ~25% da MS), de carboidratos fibrosos (celulose e hemicelulose – contidos na matéria orgânica fibrosa - FDN ~50% da MS), e de minerais (MM), em comparação aos grãos que lhe deram origem (VALADARES FILHO *et al.*, 2017, NRC, 2001; WESTENDORF; WOHLT, 2002). Sua utilização na dieta animal é uma alternativa para redução dos custos de produção, associada a uma produção mais sustentável, em função do emprego de subprodutos agroindustriais (GERON *et al.*, 2007).

Contudo, a sua utilização na dieta animal é descrita como problemática em função de duas limitações principais: a alta variação na composição química e o curto tempo de estocagem nas fazendas, em função da sua natureza perecível e do alto conteúdo de umidade. A variação na sua composição química tem sido atribuída ao tipo de indústria e ao processamento, diferentes variedades de cevada, à inclusão de outros grãos no processo

de produção da bebida e à possível inclusão de leveduras no produto final. Nos EUA, foram reportadas variações no conteúdo de proteína bruta (PB) entre 21 a 33% na Matéria Seca (WESTENDORF; WOHLT, 2002). Dados nacionais têm indicado valores de PB entre 20% e 31,69% na MS (SILVA *et al.*, 2010; GERON *et al.*, 2007).

O baixo teor de matéria seca do bagaço de cevada tem sido apontado como um problema para a sua conservação ao longo do tempo nas condições aeróbias de estocagem nas propriedades (ALLEN; STEVENSON, 1975; SOUZA *et al.*, 2012; BRUST *et al.*, 2015; MORIEL *et al.*, 2015). A sua alta umidade e natureza perecível, na presença de oxigênio, favorecem o crescimento de fungos e leveduras, que causam a sua degradação com redução do valor nutritivo, presença de odores desagradáveis, partes emboloradas e enegrecidas, que afetam também a qualidade sanitária do alimento (MORIEL *et al.*, 2015).

Johnson e Huber (1987) recomendaram que o bagaço de cevada seja conservado por no máximo 10 dias em aerobiose ou por 28 dias na forma de silagem, quando tratado com NH₃ na proporção de 0,4% da matéria natural. Westendorf e Wohlt (2002) consideraram que o bagaço de cevada úmido exposto ao ar tem sua vida útil de estocagem inferior à 5 - 7 dias. No Brasil, este tem sido armazenado em tanques, em aerobiose, e é frequente que sejam adotados períodos muito maiores do que este, entre 15 a 30 dias (BRUST *et al.*, 2015). No Estado do Rio de Janeiro, relatos de intoxicação de bovinos por cepas tóxicas de *Aspergillus clavatus* e suas micotoxinas presentes no resíduo úmido de cervejaria durante o armazenamento foram descritas por Brust *et al.* (2015), que aconselharam a redução do tempo de estocagem do bagaço de cevada nas fazendas, além de melhoria nas condições de conservação, embora os casos de intoxicação sejam considerados esporádicos pelos autores.

JUSTIFICATIVA

O Estado do Rio de Janeiro é um polo cervejeiro e concentra 62 unidades industriais, tendo registrado um crescimento de 8,8% no número de cervejarias no ano de 2018 (MARCUSO; MÜLLER, 2019). O bagaço de cevada úmido representa 85% dos subprodutos da indústria e, estima-se, que a cada 100 kg de matéria-prima sejam produzidos entre 110 a 120 kg do resíduo (REINOLD, 1997).

A utilização do RUC na nutrição animal é substancial e deve ser constantemente estimulada, tanto em função do seu menor custo em relação aos alimentos convencionais, bem como pelos seus níveis em nutrientes. De acordo com Meneghetti e Domingues (2008) a utilização de fontes alimentares alternativas com melhor relação custo benefício pode ser uma estratégia de grande impacto na viabilidade da pecuária praticada, além de reduzir impactos ambientais associados aos subprodutos industriais.

Entretanto, a alta umidade do resíduo e a sua natureza perecível têm dificultado a conservação da qualidade nutricional e sanitária deste alimento nas fazendas ao longo do tempo. No Brasil, o interesse pela conservação do bagaço de cevada na forma de silagem, como ingrediente único (SOUZA *et al.*, 2012) ou aditivado com casquinha de soja e polpa cítrica (GREGHI *et al.*, 2014), ou com milho, farelo de trigo e farinha de mandioca (CLEMENTE, 2017) vem crescendo na última década.

Para a ensilagem de gramíneas tropicais são empregados aditivos para elevar o teor de matéria seca da forragem para patamares próximos à 30% da matéria natural e, também, como fonte de carboidratos solúveis, condições estas que seriam necessárias para diminuir as perdas por lixiviação e melhorariam o padrão de fermentação na silagem, respectivamente. A adição de milho aumenta o teor de matéria seca do material ensilado. O ácido propiônico funciona como inibidor de fermentação, cujo objetivo da inclusão é a redução do pH, inibindo a ação de enzimas e microrganismos, evitando

a degradação de proteína e o aparecimento de fungos (VILELA, 1998, *apud* CORRÊA; POTT, 2001).

Neste sentido, especialmente no Estado do Rio de Janeiro, em que a disponibilidade deste alimento é elevada (BORGES; SOUZA NETO, 2009), aditivos como milho moído e ácido propiônico devem ser investigados com propósito de melhorar a conservação do bagaço de cevada em anaerobiose, evitando riscos à saúde dos animais de produção.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar a contribuição de aditivos para a conservação do resíduo úmido de cervejaria na forma de silagem.

Objetivos específicos

- Avaliar a variabilidade na composição química do bagaço de cevada.
- Avaliar o efeito da inclusão dos aditivos milho e ácido propiônico sobre a composição química das silagens de resíduo úmido de cervejaria.
- Avaliar as mudanças da composição química das silagens ao longo do tempo.

METODOLOGIA

No primeiro ensaio, para avaliação da variabilidade da composição química do RUC ao longo do tempo, foram coletadas amostras semanais do resíduo de uma indústria no Município de Petrópolis - RJ, entre maio e julho de 2018. As amostras ($\pm 1,0$ kg) foram coletadas semanalmente diretamente do silo da indústria e armazenadas em sacos plásticos identificados, que foram congeladas no Laboratório de Farmacotécnica do UNIFESO. As análises químicas das amostras foram conduzidas em julho de 2018 no Laboratório de Zootecnia na Universidade Estadual do Norte Fluminense

Darcy Ribeiro, seguindo os mesmos protocolos oficiais descritos para as amostras das silagens do segundo ensaio.

O segundo ensaio foi conduzido no Centro Universitário Serra dos Órgãos – UNIFESO, no *Campus* Quinta do Paraíso, na Fazenda Escola de Medicina Veterinária, no município de Teresópolis, RJ, entre maio e julho de 2019. O preparo das amostras foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal do UNIFESO e as análises químicas no Laboratório de Zootecnia (LZO) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), entre os dias 17 e 28 de julho de 2019. O bagaço de cevada utilizado na realização desta pesquisa foi doado pelo Grupo Petrópolis, localizado no Município de Teresópolis, RJ.

Foram avaliados três tratamentos: bagaço de cevada ensilado como ingrediente único (tratamento controle – TC), bagaço de cevada ensilado com 5% de milho moído (BM) com base na massa na matéria natural e; bagaço de cevada ensilado com 0,36% de ácido propiônico (BP) com base na matéria natural. Os tratamentos foram avaliados em dois períodos de armazenamento (28 e 56 dias), com 8 repetições por tratamento por período, totalizando 48 silos experimentais.

As silagens foram confeccionadas em baldes plásticos com capacidade 15 litros, constituindo os silos experimentais, previamente higienizados, identificados e pesados com suas respectivas tampas, em balança comum. Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente nos silos. As silagens foram confeccionadas manualmente, pesando-se a quantidade de milho de acordo com o peso do bagaço no tratamento BM. No tratamento com adição de ácido propiônico (BP) foi utilizada uma proveta para mensurar o volume de ácido com base do peso de bagaço de cevada. Após a inclusão dos aditivos estes foram homogeneizados manualmente e os silos preenchidos até a boca, fechados, selados com fita adesiva e amarrados com fitas elásticas.

Todos os silos foram armazenados em temperatura ambiente e exposição à luz solar para simular a prática de armazenamento das fazendas. Evitou-se compactar o material dentro do silo, uma vez que este tipo de conduta não mimetiza o que ocorre nas fazendas, tendo em vista a natureza do alimento.

Na avaliação das silagens, foram tomadas amostras nos dias 0, 28 e 56 dias após ensilagem. No momento de abertura dos silos, aos 28 dias e aos 56 dias, as silagens foram avaliadas quanto à presença de partes emboloradas e enegrecidas, tendo sido esse material descartado. Em seguida, foram homogeneizadas e tomadas duas amostras, sendo uma delas para avaliação do pH e a outra para avaliação da composição química, que foram armazenadas em sacos plásticos identificados.

As silagens foram avaliadas quanto ao valor de pH imediatamente após a abertura dos silos adotando-se a metodologia proposta por Silva e Queiroz (2002). A avaliação consistiu na pesagem de 9 gramas de amostra em béckeres com adição de 60 mL de água destilada, com homogeneização com auxílio de um bastão. Ao final de 30 minutos de imersão, foi realizada a leitura do pH com o auxílio de um potenciômetro digital (PHTEK, modelo PHS - 3B).

No preparo das amostras estas foram pesadas, acondicionadas em recipientes do tipo marmitex e, submetidas a etapa de pré-secagem, em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas para a determinação da matéria seca ao ar (ASA) no Laboratório de Nutrição Animal no UNIFESO. As amostras secas foram acondicionadas em sacos plásticos. Em sequência as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey com peneiras de crivos de 1, de acordo com as recomendações propostas por Undersander, Mertens e Thiex (1993).

Para as análises de composição química, foram analisadas em laboratório os teores de Matéria Seca (MS, método AOAC 976.03; UNDERSANDER; MERTENS; THIEX,

1993), Matéria Mineral (MM, UNDERSANDER; MERTENS; THIEX, 1993), Proteína Bruta (PB, método AOAC 2001.11; THIEX *et al.*, 2002), Gordura Bruta (GB, método AOAC 2003.06; THIEX; ANDERSON; GILDEMEISTER, 2003) e Matéria Orgânica Fibrosa (aFDNmo, método AOAC 2002.04; MERTENS, 2002). Para a realização de todas as análises, as vidrarias e amostras foram pesadas em uma única balança analítica marca Shimadzu modelo AY220 e as determinações foram pesadas a frio com auxílio de dessecador.

A análise de matéria seca definitiva (ASE) do bagaço de cevada ensilado consistiu na pesagem de 2,0 g ($\pm 0,0050$) de amostra em pesa-filtros, que em seguida, foi submetido à secagem em estufa de ventilação forçada à 105 °C por 12 horas, seguindo o protocolo de Undersander, Mertens e ThieX (1993). A matéria mineral (MM) foi determinada utilizando-se cadinhos de porcelana com tampa e forno mufla (Modelo Q318M24, Quimis Aparelhos Científicos, Diadema, SP, Brasil) com controlador de temperatura automático. Na determinação 2,0 g ($\pm 0,0020$) de amostra foram acondicionados nos cadinhos com tampa e submetidos à queima em mufla a 600 °C por 5 horas. O conteúdo de matéria orgânica (MO) foi obtido como a diferença entre o teor de ASE e o teor de matéria mineral nas amostras.

Na análise de Proteína Bruta (PB) foi adotada a metodologia oficial AOAC detalhada por ThieX *et al.* (2002), em que 0,25 g ($\pm 0,0020$) de amostra da silagem de bagaço de cevada foi pesado em papel de seda, dobrado e acondicionado em tubo de digestão de 100 mL, com adição de 5 mL de H₂SO₄ e 1 g de mistura catalisadora (7.0 g K₂SO₄ + 0.8 g CuSO₄). Após a digestão, a solução foi submetida à destilação, utilizando-se hidróxido de sódio (40 w/w) e solução receptora de ácido bórico. Em seguida, titulada com ácido clorídrico (0,1 M), determinando-se o teor de nitrogênio total (N). A concentração de PB foi obtida através da multiplicação do teor de nitrogênio total determinado na amostra por 6,25.

A concentração de gordura bruta foi determinada pela extração em hexano em aparelho de gordura do tipo “Goldfish”. Na análise, 5 g de amostra ($\pm 0,0020$) foram acondicionados em cartuchos de papel (12 x 12 cm) e submetidos à extração, seguindo as etapas de imersão, gotejamento e recuperação. O conjunto bécker+gordura após a extração foi seco em estufa (105 °C por 45 minutos), acondicionados em dessecador (30 minutos) e pesados em seguida.

As análises de aFDNmo foram realizadas em aparelho de refluxo e cadinhos filtrantes conforme as recomendações de Mertens (2002). Foram pesados 0,5 g ($\pm 0,0050$) de amostra de silagem em bécker de 600 mL, sem bico, adição de 0,5 g de sulfito de sódio anidro (Na₂SO₄) e 50 mL de detergente neutro (pH 6,95 a 7,05). As amostras foram submetidas à extração em aparelho de refluxo por 60 minutos, com adição da primeira dose (2 mL) de solução de trabalho de alfa-amilase termoestável (Novozymes Termamyl® 2X KNU-T/g, Tecnoglobo, Curitiba, PR, Brasil) após a fervura. Após a extração, o resíduo foi recuperado em cadinhos filtrantes (placa porosa, 50 mL) e submetido às lavagens com água destilada (100 °C). Na primeira lavagem foi adicionada a segunda dose (2 mL) de solução de trabalho de alfa-amilase termoestável. Os cadinhos foram submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada (105 °C) por 12 horas, pesados e, em seguida, incinerados em forno mufla à 550 °C, para a correção das cinzas, obtendo-se o valor de aFDNmo. A concentração de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculada por diferença, subtraindo-se de 1000 os teores de matéria mineral, proteína bruta, gordura bruta e matéria orgânica fibrosa.

As variáveis de composição química das amostras do bagaço de cevada do primeiro ensaio foram submetidas à análise de regressão com o auxílio do PROC GLM do SAS (SAS Studio, University Edition, SAS System Inc., Cary, NC, USA). Foi realizada também, a análise descritiva dos dados, utilizando-se o procedimento UNIVARIATE do SAS.

O segundo ensaio foi realizado em DIC e as silagens foram avaliadas em esquema fatorial 3x2, com 3 tratamentos (com 8 repetições cada) e 2 períodos de armazenamento (28 e 56 dias), totalizando 48 unidades experimentais. As variáveis de composição química e pH das silagens nos diferentes tratamentos e em diferentes tempos de armazenamento foram avaliadas empregando o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$, em que: Y_{ijk} corresponde a k-ésima observação no i-ésimo tratamento no j-ésimo tempo de armazenamento; α_i corresponde ao efeito de tratamento i, sendo i = TC, BM 5% e BP; β_j corresponde ao efeito do j-ésimo tempo de armazenamento, sendo que j = 28 e 56 dias após

a ensilagem; $\alpha\beta_{ij}$ corresponde ao efeito da interação entre o tratamento e o tempo de armazenamento, e e_{ijk} corresponde ao erro aleatório. Os dados foram submetidos à análise de variância com o auxílio do PROC MIXED do SAS (SAS Studio, University Edition, SAS System Inc., Cary, NC, USA) e os contrastes comparados pelo Teste de Tukey, adotando-se α como 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de variáveis de composição química do bagaço de cevada ao longo das semanas de coletas, equações de regressão e valores de probabilidade estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de nutrientes no resíduo úmido de cervejaria, expressos em $g.kg^{-1}$, valor de probabilidade (P-valor) e respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2)

Variável	Média	P-valor	Equação	R^2
Matéria Seca [†]	179,85	0,01180	MS = 168,22+2,11x	0,30
Matéria Mineral	39,30	0,20140	MM = 43,71-0,802x	0,08
Matéria Orgânica	894,51	0,20140	MO = 956,28+0,8028x	0,08
Proteína Bruta	226,11	0,26750	PB = 210,32+2,87x	0,06
Gordura Bruta	86,14	0,00530	GB = 0,9933x ² +11,668x+60,207	0,46
aFDNmo	551,19	0,00370	aFDNmo = 2,23x ² +20,57x+524,14	0,48
CNF	97,27	0,77190	CNF = 90,56+1,218x	0,00
Lignina	51,33	0,00460	Lig = 0,398x ² +5,232x+65,22	0,48

[†]Valor de MS está expresso com base na matéria natural (MN). Para as demais variáveis, os valores estão expressos com base da matéria seca.

Na análise de regressão foi constatado efeito linear e significativo na concentração de matéria seca (MS) em função da semana de coleta. As concentrações de gordura bruta (GB), matéria orgânica fibrosa (aFDNmo) e lignina (Lig), com base na matéria seca, apresentaram efeito quadrático significativo, o que indica que houve variação na concentração destes nutrientes nas amostras coletadas na indústria ao longo do tempo. Não houve variação na concentração de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e carboidratos não fibrosos (CNF) nas amostras. Os valores de composição química do RUC

observados estão próximos aos valores das Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos descritos por Valadares Filho *et al.* (2017).

Contudo, quando analisamos os dados da análise descritiva básica, mostrados na Tabela 2, é possível inferir, que para todos os nutrientes analisados, não existe uma variação com significado biológico prático na formulação de dietas, dada a natureza da grandeza, tal como podemos estabelecer para a concentração de MS nas amostras, cujo valor médio foi de 179,85 gramas por quilograma e seu respectivo erro padrão da média, de 2,53 gramas. O mesmo

comportamento pode ser observado para as demais variáveis, cujo maior erro padrão em torno da média foi de 11,60 gramas por quilograma com base na MS para os carboidratos não fibrosos (CNF), que pode ser decorrente da presença de açúcares residuais em alguma partida coletada.

Dada a importância deste resíduo e do seu custo na formulação de dietas, os nutrientes de maior importância econômica têm sido apontados como sendo sua variação em umidade e também em relação ao conteúdo de proteína bruta, que constitui em um dos nutrientes mais caros nas dietas e cuja deficiência, de acordo com Van Soest (1994), acarreta em menor eficiência de síntese

microbiana ruminal. Através destes dados, podemos afirmar que a variação encontrada no teor de matéria seca e, inversamente, na quantidade de água no resíduo, é pequena. No caso específico da proteína bruta, a ausência de variabilidade possivelmente esteja relacionada ausência de inclusão de leveduras no bagaço nesta indústria, o que foi apontado por Westendorf e Wohlt (2002), para explicar a variação no conteúdo de proteína bruta no bagaço. Estes resultados indicam que a variação em torno da média, embora significativa ao longo do tempo, não representa uma alta variação em torno dos valores pontuais, concordando com os dados analisados por Costa *et al.* (1994).

Tabela 2 - Análise descritiva dos dados de composição química no resíduo úmido de cervejaria

Variável	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Erro Padrão
Matéria Seca [†]	179,85	11,31	6,29	2,53
Matéria Mineral	39,30	7,93	20,18	1,77
Matéria Orgânica	960,70	7,93	0,83	1,77
Proteína Bruta	226,11	32,48	14,37	7,26
Gordura Bruta	86,14	11,38	13,21	2,55
aFDN _{mo}	551,19	29,46	5,35	6,59
CNF	97,27	51,88	53,34	11,60
Lignina	51,33	4,87	9,49	1,12

[†]Valores de matéria seca são expressos em g.kg⁻¹ na matéria natural. Para as demais variáveis, os valores médios, desvio padrão e erro padrão são expressos em g.kg⁻¹ com base na Matéria Seca.

Os valores médios de composição química e de pH nas silagens avaliadas estão mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios de composição química e de pH das silagens de bagaço de cevada sem e com aditivos em diferentes tempos de armazenamento.

Variável	Tratamentos			Tempo de armazenamento			Valor de P		
	Controle	BM	BP	0 dias	28 dias	56 dias	T	TA	T x TA
Matéria seca, g.kg ⁻¹	184.45 A	208.72 B	185.85 A	188,41 A	-	197,6 B	<.0001	0.0213	0.4661
Matéria orgânica, g.kg ⁻¹	878.75	873.45	868.87	869,14 A	874,52 A	197,6 B	0.1307	0.244	0.0836
Matéria mineral, g.kg ⁻¹	51.64	53.52	59.61	43,69 A	47,11 A	73,96 B	0.1603	<.0001	0.3153
Proteína bruta, g.kg ⁻¹	260.71 A	231.91 B	259.24 A	239,13 A	256,72 B	256,01 B	<.0001	0.0001	0.5758
Gordura Bruta, g.kg ⁻¹	92.127 AB	104.52 A	86.414 B	93,53 A	86,51 A	103,01AB	0.0018	0.0032	0.0382
Matéria orgânica fibrosa, g.kg ⁻¹	555.55 A	476.33 B	561.52 A	566,02 A	505,94 B	521,45 B	<.0001	0.0001	0.4178
Carboidratos não fibrosos, g.kg ⁻¹	39.966 A	133.72 B	33.057 A	57,61 A	103,72 B	45,40 A	<.0001	0.0017	0.8365
pH	4.04 A	3.84 B	3.87 B	4,29 A	3,73 B	3,72 B	0.0006	<.0001	0.0057

Valores de MS são expressos com base na matéria natural e os demais, com base na matéria seca.

Controle – bagaço de cevada ensilado como ingrediente único; BM – bagaço de cevada ensilado com milho à 5% na MN; BP – bagaço de cevada ensilado com ácido propiônico a 0,4% na MN.

Médias seguidas de letras distintas nas linhas, diferem entre si ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Conforme pode ser observado, houve efeito da interação entre tratamento e período de armazenamento ($p= 0.0382$) para o teor de gordura bruta (GB) e para o valor de pH ($p=0.0382$) nas silagens. Para determinar o efeito da interação foram realizados contrastes pelo Teste de Tukey para identificar os efeitos significativos das interações. Nesta análise não foi observado efeito da interação entre tratamentos em seus respectivos tempos de comparação, isto é, do tratamento controle com o tratamento aditivado com milho ou em relação ao tratamento com ácido propiônico no tempo 0, ou no tempo de 28 ou 56 dias para o teor de gordura bruta (dados não tabulados).

Da mesma forma, fez-se a análise para a interação tratamento*tempo de armazenamento para o valor de pH nas silagens. Os valores de P para o pH nos contrastes no tempo 0 entre

TC*BM foi de 0,349, entre TC*BP foi de 0,04 e entre BM*BP foi de 0,38. Nos demais tempos de avaliação, não houve efeito significativo dos contrastes. O contraste significativo do valor de pH no tempo 0 dia entre os tratamentos controle e BP, deve-se ao fato do ácido propiônico ter provocado a queda imediata do pH, em relação ao tratamento sem aditivos. Este mesmo comportamento não foi observado entre o BM e o BP, pois ambos apresentaram valores de pH baixos e idênticos no momento da ensilagem. De fato, a utilização do ácido propiônico tem a finalidade de provocar um rápido abaixamento do pH evitando desta forma o crescimento de microrganismos indesejáveis como pontuou Vilela (1998) *apud* Corrêa e Pott (2001).

Com relação à composição química, houve efeito do tratamento sobre os teores de MS, PB, GB, aFDN_{mo} e CNF das silagens analisadas, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Efeito de tratamento sobre os parâmetros de composição química e valores de pH nas silagens

Variável	Tratamento		
	Controle	BM	BP
Matéria seca, g.kg ⁻¹	184,45 A	208,72 B	185,85 A
Matéria orgânica, g.kg ⁻¹	878,75	873,45	868,87
Matéria mineral, g.kg ⁻¹	51,64 A	53,52 A	59,60 A
Proteína bruta, g.kg ⁻¹	260,71 A	231,91 B	259,24 A
Gordura Bruta, g.kg ⁻¹	92,12 AB	104,52 A	86,41 B
Matéria orgânica fibrosa, g.kg ⁻¹	555,55 A	476,33 B	561,52 A
Carboidratos não fibrosos, g.kg ⁻¹	39,966 A	133,72 B	33,05 A
pH	4,04 A	3,84 B	3,87 B

Variável	P-valor contrastes		
	C x BM	C x BP	BM x BP
Matéria seca, g.kg ⁻¹	<0,0001	0,9550	<0,0001
Matéria orgânica, g.kg ⁻¹	0,5053	0,1093	0,5500
Matéria mineral, g.kg ⁻¹	0,5053	0,1093	0,5500
Proteína bruta, g.kg ⁻¹	<.0001	0,7194	<.0001
Gordura Bruta, g.kg ⁻¹	0,0598	0,5435	0,0015
Matéria orgânica fibrosa, g.kg ⁻¹	<.0001	0,8877	<.0001
Carboidratos não fibrosos, g.kg ⁻¹	<.0001	0,9265	<.0001
pH	0,0006	0,0055	0,7475

Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05 de probabilidade).

A inclusão do milho na proporção de 5% da matéria natural aumentou o teor de MS na silagem em relação aos demais tratamentos. Este comportamento é resultado do alto teor de MS no milho (848,6 g de MS por kg de MN), como sequestrante de umidade, elevando o teor de MS desta silagem para 208.72 g.kg⁻¹ na MN. A utilização de 5% do milho na MN, contudo, não foi suficiente para elevar o teor de MS da silagem para patamares ao redor de 30%, que de acordo com Mc Donald, Henderson e Heron (1991) seria o valor ideal para permitir adequada conservação da silagem.

Entretanto, o objetivo de adotar o milho como aditivo neste experimento não era de aumentar o teor de MS do material, mas sim de fornecer CNF para que ocorresse multiplicação de bactérias lácticas, responsáveis pela conversão dos açúcares simples em ácido lático, com consequente acidificação do material, evitando o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*. Como pode ser observado na tabela 4, o teor de CNF na silagem aditivada com milho foi de 133.72 g.kg⁻¹, resultado superior e diferente daquele observado para as silagens controle (39.96) e silagem com ácido

propiônico (33.05), que não apresentaram diferenças entre si.

Não foi possível analisar o crescimento de microrganismos nas silagens, contudo, é consenso na literatura, como sumarizado por Silva (2001) que, para obtenção de uma silagem de qualidade, é necessário que o material a ser ensilado possua entre 26 e 38% de MS e, teor mínimo de 6% de carboidratos solúveis, para permitir uma fermentação adequada. Como pode ser observado, os valores de MS e de CNF nas silagens de bagaço sozinho ou com ácido propiônico são inferiores a estes patamares. Neste sentido, a inclusão do milho elevou o teor de CNF para teores próximos daqueles mencionados por Silva (2001) para 15%, como observado nas silagens de milho e sorgo. Outro aspecto importante é que a inclusão de maiores quantidades de milho poderia inviabilizar a confecção das silagens dentro de uma fazenda. À despeito o alto valor nutricional do bagaço de cevada, sua manipulação nas fazendas, incluindo sua homogeneização com um aditivo, não consiste em tarefa de fácil execução, dada sua natureza pastosa e úmida.

A utilização do milho como aditivo reduziu a concentração de PB na silagem em comparação às silagens sem aditivos e com ácido propiônico, que não diferiram entre si. Este comportamento é explicado pelo efeito de diluição sobre este nutriente, em função da menor concentração de PB no milho, de 89,99 g/kg de MS, de acordo com análise química. Clemente (2017) também observou redução do teor de PB com adição de 20% de milho da matéria natural na ensilagem do bagaço de cevada, que apresentou valor de PB de 191,73 g.kg⁻¹ de MS, em comparação à silagem de bagaço como ingrediente único (269,15 g.kg⁻¹ de MS). No presente experimento, mesmo na silagem aditivada com milho, cujo teor de PB foi inferior, as silagens apresentam-se como fonte de proteína bruta na dieta dos animais, embora possuam também altos teores de matéria orgânica fibrosa (acima de 476 g de aFDNmo g.kg⁻¹ de MS). Da mesma forma, também houve redução do teor de aFDNmo nas

silagens com milho, o que reflete o seu menor teor no milho.

Os valores de pH nas silagens, em todos os tratamentos, estiveram dentro do intervalo de 3,8 a 4,2, considerado ideal para adequada conservação da silagem, embora as silagens aditivadas tenham resultado em valores menores de pH. O valor do pH é considerado um indicativo de qualidade de fermentação nas silagens com baixo teor de matéria seca, como pontuado por Cherney e Cherney (2003). Estes valores de pH sugerem que os tratamentos foram efetivos e que resultaram na acidificação da silagem. Observou-se na abertura dos silos que estas estavam com poucas áreas estragadas e apenas na parte superior da massa ensilada, preservando a qualidade da silagem.

A separação dos efeitos de período de armazenamento mostrou que houve mudança na composição química das silagens avaliadas ao longo do tempo, sobre todos os nutrientes, com exceção do teor de matéria orgânica, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Composição química das silagens nos diferentes períodos de armazenamento

Variável	Período de armazenamento, em dias		
	0	28	56
Matéria seca, g.kg ⁻¹	188,41A	-	197,6 B
Matéria orgânica, g.kg ⁻¹	869,14 A	874,52 A	877,41 A
Matéria mineral, g.kg ⁻¹	43,69 A	47,11 A	73,96 B
Proteína bruta, g.kg ⁻¹	239,13 A	256,72 B	256,01 B
Gordura Bruta, g.kg ⁻¹	93,53 A	86,51 A	103,01 AB
Matéria orgânica fibrosa, g.kg ⁻¹	566,02 A	505,94 B	521,45 B
Carboidratos não fibrosos, g.kg ⁻¹	57,61 A	103,72 B	45,40 A
pH	4,29 A	3,73 B	3,72 B
Variável	P-valor contrastes		
	TC x BM	TC x BP	BM x BP
Matéria seca, g.kg ⁻¹	-	0,0213	-
Matéria orgânica, g.kg ⁻¹	0,5184	0,2139	0,7632
Matéria mineral, g.kg ⁻¹	0,7316	<.0001	<.0001
Proteína bruta, g.kg ⁻¹	0,0003	0,0004	0,9771
Gordura Bruta, g.kg ⁻¹	0,4147	0,2012	0,0022
Matéria orgânica fibrosa, g.kg ⁻¹	<.0001	0,0033	0,3424
Carboidratos não fibrosos, g.kg ⁻¹	0,0452	0,7927	0,0017
pH	<.0001	<.0001	0,9472

Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05 de probabilidade).

Houve aumento do teor de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, gordura bruta e redução nos teores de matéria orgânica fibrosa

e de carboidratos não fibrosos independente do tratamento analisado nas silagens conservadas por 56 dias em comparação às silagens no dia 0. Estes dados podem estar relacionados à possível perda de efluentes, que pode ter resultado em aumento da concentração dos nutrientes no decorrer da ensilagem, embora este parâmetro não tenha sido analisado neste trabalho. Clemente (2017) observou uma perda de 103,97 kg de efluentes por tonelada de matéria natural para a silagem de bagaço de cevada sem aditivos, aos 30 dias de ensilagem, valor superior ao verificado na ensilagem do bagaço com milho pelo autor. Este é, possivelmente, a causa mais provável que explique esta mudança da composição química, uma vez que este comportamento foi observado em todos os tratamentos.

A adição do ácido propiônico a 0,4% da matéria natural do bagaço de malte resultou em concentrações de nutrientes mais próximas das concentrações verificadas na silagem de bagaço sozinho, com menor valor de pH em comparação à silagem sem aditivos. Estes resultados sugerem que estas duas silagens são iguais. Contudo, o ácido propiônico apresenta a desvantagem de onerar os custos das silagens aditivadas. Ao passo que a adição de milho, embora tenha modificado a composição química, também foi efetiva para manter a qualidade nutricional do bagaço, resultando em silagens ácidas.

De posse destes resultados é necessário que se avaliem medidas de qualidade, tais como perda de efluentes, perdas de matéria seca e crescimento de microrganismos, bem como a estabilidade aeróbica das silagens, para verificar se existem vantagens relacionadas à inclusão destes aditivos. Greggi *et al.* (2014) ao avaliarem os aditivos casquinha de soja e polpa cítrica e Moriel *et al.* (2015) ao avaliarem os aditivos casquinha de soja e ácido propiônico, observaram que os aditivos contribuíram na qualidade da silagem, mas que mesmo a ensilagem do bagaço de cevada como ingrediente único permitiu uma silagem de boa

qualidade e que o uso de aditivos está na dependência do custo de aquisição destes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação na composição química do resíduo úmido de cervejaria ao longo do tempo em amostras coletadas em uma indústria é pequena e não implica que sejam realizadas análises químicas a cada partida do material nesta indústria.

A ensilagem do bagaço de cevada foi eficiente para preservar sua qualidade, com pequenas perdas de material por emboloramento ou escurecimento, embora não tenha sido possível quantificar esta fração.

As silagens de bagaço de cevada como ingrediente único e com ácido propiônico resultaram em silagens com mesma composição química, embora a silagem aditivada com ácido propiônico tenha resultado em uma silagem mais ácida. A silagem de bagaço de cevada sozinho apresentou acidez compatível com aquela considerada adequada pela literatura. Desta forma, a adição de ácido propiônico não é justificável considerando os dados analisados neste experimento, e ainda, aumentaria o custo e a mão-de-obra para sua adição à ao bagaço.

A silagem de bagaço de cevada aditivada com 5% de milho na matéria natural permitiu a queda do pH, resultando em uma silagem com pH adequado, indicando sua conservação. Os teores de nutrientes, especialmente de PB e de matéria orgânica fibrosa foram inferiores nesta silagem.

São necessárias mais pesquisas que avaliem os indicativos de qualidade destas silagens para complementar os resultados obtidos até a presente data. Espera-se que a informação gerada neste estudo possa ser difundida e aplicada entre os produtores rurais da região, mostrando que apenas a anaerobiose no armazenamento deste subproduto é suficiente para resguardar sua qualidade com poucas perdas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, W. R.; STEVENSON, K. R. Influence of additives on the ensiling process of wet brewers' grains. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 55, p. 391-402, 1975.
- AAFCO (Association of American Feed Control Officials). BACHMAN, P. (Ed). **Official publication**. St. Paul (MN): AAFCO, Inc., 2001.
- BORGES, M. S.; SOUZA NETO, S. P. de. Parceria Entre o Setor Cervejeiro e o Pecuarista Leiteiro: Um Estudo de Caso. In: XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009. Salvador. **Anais [...]** Salvador, BA:ABREPO, 2009. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_099_668_12768.pdf> Acesso em 20 set. 2018.
- BRUST, L. A. C.; ARAGÃO, A. P.; BEZERRA JÚNIOR, P. S.; GALVÃO, A.; FRANÇA, T. N.; GRAÇA, F. A. S.; PEIXOTO, P. V. Enfermidades em bovinos associadas ao consumo de resíduos de cervejaria. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 12, p. 956-964, 2015.
- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing silage quality. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage science and technology**. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.141-198.
- COSTA, J. M. B.; MATTOS, W. R. S.; BIONDI, P.; DE CARVALHO, D. D.; Composição química bromatológica do resíduo úmido de cervejaria. **Boletim da Indústria Animal**. Nova Odessa, SP. v.51, n 1. p.21-26, jan./jun.1994.
- CLEMENTE, J. V. F. **Aditivos para ensilagem de resíduo úmido de cervejaria**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- CORRÊA, L.A.; POTT, E.B. Silagem de capim. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA, 2, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras. p.255-271. 2001.
- FAERJ: SEBRAE-RJ (Federação da agricultura, pecuária e pesca do estado do Rio de Janeiro: Serviço de apoio às micro e pequenas empresas – Rio de Janeiro). **Diagnóstico da cadeia produtiva do leite do Estado do Rio de Janeiro**: relatório de pesquisa. Rio de Janeiro: FAERJ: SEBRAE-RJ. 2010. 181 p.
- GERON, L. J. V.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F.; ERKE, J. A.; PRADO, O. P.; JACOBI, G. Caracterização, fracionamento protéico, degradabilidade ruminal e digestibilidade in vitro da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 291-299, 2007.
- GREGHI, G. F.; BARCELOS, B.; SARAN NETTO, A.; VILELA, F.G.; RODRIGUES, P. H. M.; MARINO, C.T. Contribuição da inclusão de polpa cítrica e casca de soja para a qualidade da silagem de resíduo úmido de cervejaria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, n. 1, p. 277-283, 2014.
- JOHNSON, C. O. L. E.; HUBER, J. T. Aerobic Storage and Utilization of Ammonia-Treated Distillers Wet Grains for Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 70. p. 1417–1425, 1987.
- MARCUSSO, E. F.; MÜLLER, C. V. **ANUÁRIO DA CERVEJA NO BRASIL 2018: Crescimento e Inovação**. Ministério da Agricultura, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/anuario-da-cerveja-no-brasil-2018>>. Acesso em: 20 mai. 2019.
- Mc DONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. The biochemistry of silage. 2.ed. Marlow: **Chalcombe Publications**, p.340. 1991.

- MENEGHETTI, C. C.; DOMINGUES, J. L.; Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n. 2, p.512-536, mar./abr. 2008.
- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.
- MÖLLER, J. Gravimetric determination of acid detergent fiber and lignin in feed: interlaboratory study. **Journal of AOAC International**, v. 92, p. 74-90, 2009.
- MORIEL, P., ARTIOLI, L. F. A., POORE, M. H., FERRARETTO, L. F. Dry matter loss and nutritional composition of wet brewers grains ensiled with or without covering and with or without soybean hulls and propionic acid. **The Professional Animal Scientist**. v.31, n. 6, p. 559-567, 2015.
- NRC (National Research Council) - **Nutrient requirements of dairy cattle**.7^a Ed. Washington: National Academic Press, 2001.406 p.
- REINOLD, M. R. **Manual prático de cervejaria**. São Paulo: ADEN, 1997. 214 p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- SILVA, J. M. **Silagem de forrageiras tropicais**. EMBRAPA: Gado de corte divulga. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, n. 51, 5 p. ago. 2001. Disponível em: <<http://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD51.html>>. Acesso em 20 nov. 2019.
- SILVA, V. B.; FONSECA, C. E. M.; MORENZ, M. J. F.; PEIXOTO, E. L. T.; MOURA, E. S.; CARVALHO, I. N. O. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 7, p. 1595-1599, 2010.
- SOUZA, L. C. D.; ZAMBOM, M. A.; POZZA, M. S. S.; NERES, M. A.; RADIS, A. C.; BORSATTI, L.; CASTAGNARA, D. D.; GUNDT, S. Development of microorganisms during storage of wet brewery waste under aerobic and anaerobic conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 188-193, 2012.
- THIEX, N. J.; ANDERSON, S.; GILDEMEISTER, B. Crude Fat, Hexanes Extraction, in Feed, Cereal Grain, and Forage (Randall/Soxtec/Submersion Method): Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, v. 86, p. 899-908, 2003.
- THIEX, N. J.; MANSON, H.; ANDERSON, S.; PERSSON, J. Á. Determination of Crude Protein in Animal Feed, Forage, Grain, and Oilseeds by Using Block Digestion with a Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid: Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 309-317, 2002.
- UNDERSANDER, D.; MERTENS, D. R.; THIEX, N. **Forage analyses procedures**. Omaha: National Forage Testing Association, 1993. 139 p.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.
- VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L.; AMARAL, H. F.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JUNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. **CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em: <www.ufv.br/cqbal>. Acesso em: 20 dez. 2019.
- VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu, SP. **Anais [...] BOTUCATU:SBZ**, p. 73-108, 1998.
- WESTENDORF, M. L.; WOHLT, J. E. Brewing by-products: their use as animal feeds. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, v. 18, n. 2, p. 233 – 252. 2002.