



Núcleo de Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá
Belém, Pará, Brasil
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

Cristiane Rebouças Barbosa

Universidade Federal do Oeste do Pará
cris_ag10@hotmail.com

Marcia Mourão Ramos Azevedo

Universidade Federal do Oeste do Pará
marciazevedos@yahoo.com.br

Andréa Krystina Vinente Guimarães

Universidade Federal do Oeste do Pará
andreavinente@gmail.com

Jéssica de Carvalho Pantoja

Universidade Federal do Oeste do Pará
jessicka.carvalho17@gmail.com

Maicon Alexandre Silva Farias

Universidade Federal do Oeste do Pará
maicon.alexandresf@gmail.com

Recebido em: 2020-01-20
Avaliado em: 2021-01-25
Aceito em: 2021-09-29

ESTABILIDADE AERÓBICA E QUALIDADE DE SILAGENS DE CAPIM-ELEFANTE CONTENDO NÍVEIS DE RESÍDUO DE AÇAÍ

RESUMO: Objetivou-se nesta pesquisa avaliar a silagem de capim-elefante com diferentes níveis de inclusão de resíduo de açaí sobre a qualidade fermentativa e a estabilidade aeróbia. Para isso foram confeccionados 20 silos experimentais (SE), 04 por tratamento. O capim-elefante e o resíduo de açaí foram misturados no momento da ensilagem. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em cinco níveis de inclusão, 0; 10; 20; 30 e 40% do resíduo agroindustrial do açaí. Os SE foram abertos com 30 dias e colhidas amostras para análise bromatológica. O teor de matéria seca (MS) aumentou em até 10,8% nas silagens de 0 a 40% de inclusão do resíduo. A cada 1% de resíduo adicionado, o teor de matéria orgânica apresentou acréscimo de 0,063%. Nas temperaturas das silagens houve redução ($P < 0,05$) linear de 0,028% com a adição do resíduo de açaí. As silagens com 20 e 30% de resíduo do açaí permaneceram por mais tempos dentro da faixa ideal de pH, 3,82 e 3,98 às 60 e 72 horas, respectivamente. As silagens com 10, 20, 30, 40% apresentaram a maior estabilidade aeróbia, pois atingiram elevação de 2°C em relação à temperatura ambiente, com 12 horas de exposição ao oxigênio. Porém, a silagem sem inclusão do resíduo de açaí manteve-se estável por apenas 1 hora. Todas as silagens com resíduo de açaí apresentaram características sensoriais, fermentativas e teor de MS que as classificam como de boa qualidade, destacando-se o tratamento com 20% de resíduo de açaí.

PALAVRAS-CHAVE: Ensilagem, *Euterpe oleracea*, Subproduto.

AEROBIC STABILITY AND QUALITY OF ELEPHANT GRASS SILAGES CONTAINING LEVELS OF RESIDUE OF ACAI

ABSTRACT: The objective of this study to evaluate the elephant grass silage with different levels of inclusion of Acai residue on the fermentative quality and aerobic stability. For it were made 20 silos (SE), 04 for treatment. The elephant grass and the residue of acai berry have been mixed at the time of the silage. The experimental design was completely randomized design in five levels of inclusion, 0; 10; 20; 30 and 40% of industrial residue of Acai. The IF were opened with 30 days and collected samples for chemical analysis. The content of dry matter (DM) increased by 10.8% to 0 to 40% of silages of inclusion of the residue. Every 1% of added residue, organic matter content increased 0.063%. At temperatures of the silages was reduced ($P < 0.05$) 0.028% linear with the addition of the residue of Acai. Silages with 20:30% residue of Acai remained for more time within the ideal range of pH, 3.82 and 3.98 at 60 and 72 hours, respectively. Silages with 10, 20, 30, 40% presented the highest aerobic stability, because it reached 2° C elevation in relation to room temperature, with 12 hours of exposure to oxygen. However, the silage without inclusion of Acai residue remained stable for only 1 hour. All treatments with residue of Acai provided with sensory features silages, fermentative and MS content to rank as good quality, especially if treatment with 20% Acai residue, by presenting the best results of the variables analyzed.

KEYWORDS: by-product, ensilage, *Euterpe oleracea*.

ESTABILIDAD AERÓBICA Y CALIDAD DE ENSILAJE DE HIERBA DE ELEFANTE QUE CONTIENE NIVELES DE RESIDUOS DE AÇAÍ

RESUMEN: El objetivo de esta investigación fue evaluar el ensilaje de hierba de elefante con diferentes niveles de inclusión de residuos de açai en la calidad fermentativa y la estabilidad aeróbica. Para esto, se realizaron 20 silos experimentales (SE), 04 por tratamiento. La hierba de elefante y los residuos de açai se mezclaron en el momento del ensilado. El diseño utilizado fue completamente al azar en cinco niveles de inclusión, 0; 10; 20; 30 y 40% de los residuos agroindustriales de açai. Los SE se abrieron después de 30 días y se tomaron muestras para análisis bromatológicos. El contenido de materia seca (MS) aumentó hasta un 10,8% en ensilajes del 0 al 40% de inclusión del residuo. Por cada 1% de residuo agregado, el contenido de materia orgánica aumentó en un 0.063%. En las temperaturas de los ensilajes hubo una reducción lineal ($P < 0.05$) de 0.028% con la adición del residuo de açai. Los ensilajes con 20 y 30% de residuo de açai permanecieron por más tiempo dentro del rango de pH ideal, 3.82 y 3.98 a las 60 y 72 horas, respectivamente. Los ensilajes con 10, 20, 30, 40% mostraron la mayor estabilidad aeróbica, ya que alcanzaron una elevación de 2 ° C en relación con la temperatura ambiente, con 12

horas de exposición al oxígeno. Sin embargo, el ensilaje sin incluir residuos de açáí permaneció estable durante solo 1 hora. Todos los tratamientos con residuo de açáí proporcionaron ensilajes con características sensoriales, fermentativas y contenido de MS que los clasifica como de buena calidad, destacando el tratamiento con 20% de residuo de açáí, para presentar los mejores resultados de las variables analizadas.

PALABRAS CLAVES: ensilaje, *Euterpe oleracea*, subproducto.

INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) se destaca das outras forrageiras pelo potencial de produção, valor nutritivo e versatilidade de utilização. Sua capacidade de produção chega até 50t de matéria seca (MS) por hectare por ano, sendo que a conservação da forragem sob as formas de silagem constitui uma maneira de aproveitar o excesso de forragem produzido no período de abundância e utilizá-lo no período de escassez. Além de maior capacidade produtiva, o capim-elefante pode ser produzido a um menor custo do que outras espécies como o milho e o sorgo (EMBRAPA, 2016).

A ensilagem compreende a conservação de alimentos úmidos ou parcialmente secos em ambiente anaeróbico, destacando-se como uma das principais técnicas de conservação

de forrageiras utilizadas no Brasil. Neste processo, um grupo específico de bactérias fermentativas produzem o ácido láctico, que reduz o pH da massa ensilada e inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis. Esta técnica tem como objetivo conservar o valor nutritivo e as características do alimento (LIMA et al., 2015).

O uso do excedente da produção de capins na forma de silagem tem que ser visto de forma técnica, pois, o elevado teor de umidade e a baixa concentração de carboidratos solúveis predispoem o crescimento de microrganismos indesejáveis, que resultam em perda de forragem e menor valor nutritivo (BORGES et al., 2018). Porém, uma alternativa para melhorar os padrões fermentativos e o valor nutritivo da silagem seria o uso de aditivos. É crescente o número de pesquisas com inclusão de aditivos

ricos em MS que absorvem e sequestram a umidade além de proporcionar incremento do valor nutritivo (MOTA et al., 2012). Alguns autores evidenciaram o potencial da inclusão do resíduo do (*Euterpe oleracea*) açai na nutrição animal, podendo substituir o milho do suplemento de búfalas em lactação consumindo 3 kg de suplemento/animal/dia, no período chuvoso sem causar queda na produção de leite (10 kg) e na produção de sólidos do leite (GOMES et al., 2012; LIMA, 2017).

O fruto do açai é proveniente de uma palmeira tropical nativa da Amazônia Brasileira, com grande influência socioeconômica na região norte do Brasil. De acordo com IBGE (2020), o principal produtor de açai no Brasil continua sendo o estado do Pará, onde foram extraídas 1.478.168 toneladas em 2019. No entanto, aproximadamente 90% deste volume equivale aos resíduos gerados após o processamento do fruto, que em sua maioria são descartados de maneira incorreta acarretando transtornos ambientais.

Portanto, pesquisas de subprodutos que contribuam com o aumento da matéria seca e estabilidade da silagem de capim-elefante são fundamentais para a nutrição animal e para recomendações técnicas dadas principalmente a produtores de silagem. Diante deste contexto, objetivou-se avaliar silagem de capim-elefante com diferentes níveis de inclusão de resíduo de açai sobre a qualidade fermentativa e a estabilidade aeróbia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), no município de Santarém – Pará, cujas coordenadas geográficas são latitude 02° 26' 35" S e longitude 54° 42' 30" W, altitude de 51 metros e uma área de 24422,5 km² (IBGE, 2018). Com média de temperatura anual entre 25°C a 28°C, umidade relativa média do ar de 86%, tendo como clima dominante na região o quente e úmido, típico de regiões tropicais.

O capim-elefante para ensilagem foi oriundo da Fazenda Experimental da

UFOPA, Km 37 da PA-370, na cidade de Santarém-Pará. A colheita ocorreu com aproximadamente 90 a 100 dias de rebrota, de forma mecânica a 10 cm do solo, com o auxílio de uma picadeira estacionária com tamanho médio de partículas de 4,0 cm. O resíduo agroindustrial do açaí foi obtido no Mercado 2000 no município de Santarém – PA. Em seguida foi triturado em picadeira estacionária e passado em peneiras de 5,0 mm de diâmetro a fim de separar a parte mais fibrosa dos caroços.

Os materiais (capim e o resíduo de açaí) foram transportados para o Laboratório de Bromatologia/UFOPA, onde foram submetidos a pré-

secagem ao sol por 2 horas, para retirada de parte da umidade. Após a pré-secagem, o resíduo agroindustrial do açaí foi misturado manualmente com o capim-elefante. Foram avaliados cinco níveis de inclusão de resíduo de açaí em porcentagens crescentes (0%; 10%; 20%; 30% e 40%) na silagem de capim-elefante em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

De cada amostra a ser ensilada foram retiradas 500g, acondicionadas em sacos de papel e colocados em estufa de ventilação forçada de ar a temperatura de 55°C por 5 dias, para a determinação da composição químico-bromatológica (Tabela 1).

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos ingredientes *in natura* utilizados para confecção das silagens.

Constituinte ¹	Nível de inclusão (%)					Subproduto de açaí
	0	10	20	30	40	
MS (%MN)	27,69	30,62	36,95	41,05	45,13	62,10
% na MS						
MO	85,30	85,99	88,59	89,72	91,05	96,29
MM	14,70	14,02	11,41	10,29	8,96	3,72
EE	2,15	2,23	1,75	1,83	2,47	2,06

¹MN= matéria natural; MS=matéria seca; MO=matéria orgânica; MM=matéria mineral; EE=extrato etéreo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O capim-elefante e o resíduo do açafá foram misturados e ensilados em 20 silos experimentais (SE) de PVC com 100 mm de diâmetro e 350 mm de comprimento contendo 1,650 kg de silagem. O material foi compactado manualmente nos SE utilizando-se soquete de madeira, de modo a atingir densidade de 600 kg/m³. Os SE foram dotados de válvula do tipo Bunsen para o escape dos gases e vedados com tampas comerciais de PVC a fim de evitar entrada de ar nesses microambientes.

Após 30 dias de fermentação, os SE foram abertos. Procedeu-se então a avaliação sensorial das silagens conforme os critérios estabelecidos por Meyer, Bronsch e Liebetseder (1989), quanto aos aspectos odor, coloração e manipulação (teor de MS), para os quais as silagens receberam pontuações e, a partir da soma destas, as silagens foram então classificadas em boa a muito boa, satisfatória, regular e insatisfatória.

Logo após a abertura dos SE, retirou-se uma amostra para a determinação dos valores de pH das silagens conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). A temperatura da silagem no

interior dos SE também foi aferida utilizando um termômetro digital inserido na massa ensilada, em profundidade de 10 cm. Para a determinação dos teores de MS foram retiradas amostras de 500g de silagem, pré-secas, em estufa de circulação de ar a 55°C por 72 horas, moídas em moinho de facas com peneira de crivo de 2 mm e posteriormente determinados os valores de MS.

A determinação das perdas totais de MS foi calculada pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos SE, em relação a quantidade de forragem ensilada. Foi descontado o peso do silo experimental na ensilagem e na abertura, conforme equação descrita por Schmidt (2006):

$$PMS = [(MSi - MSf)] \times 100 / MSi,$$

Onde:

PMS = Perda Total de MS;

MSi = Quantidade de MS inicial. Peso do silo experimental após enchimento – peso do conjunto vazio (tara seca) x teor de MS da forragem na ensilagem;

MSf = Quantidade de MS final. Peso do silo experimental cheio antes da abertura – peso do conjunto vazio (tara úmida) x teor de MS da forragem na abertura.

Para o ensaio da estabilidade aeróbia foi feita uma amostra

composta de cada tratamento (0%; 10%; 20%; 30% e 40%) com 2 kg de silagem não compactado acondicionadas em baldes de polipropileno com capacidade para 15 kg, onde ficaram por 7 dias em uma sala fechada com temperatura ambiente. A temperatura da sala foi monitorada duas vezes ao dia (7:00h e 19:00h) durante sete dias, junto com a temperatura das silagens, com uso de termômetro inserido a 10 cm da massa. A temperatura ambiente foi monitorada com o mesmo termômetro utilizado na temperatura das silagens. Foram avaliados 16 tempos (0, 1, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120, 132, 144, 156 e 168 horas após a abertura dos SE) e no mesmo horário foram aferidos também os valores de pH, segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

A estabilidade aeróbia foi calculada como o número de horas observado para que a silagem, após a abertura do silo experimental, apresentasse elevação em 2°C em relação à temperatura ambiente (MORAN et al., 1996).

As perdas por gases e a recuperação de MS foram quantificadas de acordo com as equações propostas por Paziani et al. (2006). A determinação das perdas por gases foi calculada pela diferença de peso da massa de forragem no momento da ensilagem e da abertura e seus respectivos teores de MS (equação 1):

$$G = [(Pfe - Pab)] / [(MFfe \times MSfe)] \times 100$$

Onde:

G = perda por gases (% MS);

Pfe = peso do silo experimental cheio no fechamento (kg);

Pab = peso do silo experimental cheio na abertura (kg);

MFfe = massa de forragem no fechamento (kg);

MSfe = teor de MS da forragem no fechamento (% MS).

O índice de recuperação de matéria seca (RMS) foi obtido através do peso obtido pela massa de forragem nos momentos da ensilagem e da abertura e seus respectivos teores de MS (equação 2):

$$RMS = [(MFab \times MSab)] / [(MFfe \times MSfe)] \times 100$$

Onde:

RMS = índice de recuperação de matéria seca (%);

MFab = massa de forragem na abertura (kg);

MSab = teor de matéria seca da forragem na abertura (%);

MFfe = massa de forragem no fechamento (kg);

MSfe = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

A composição químico-bromatológica, das amostras *in natura* e da silagem, foi obtida segundo Silva e Queiroz (2002) para MS, matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE). Os valores de MO (matéria orgânica) foram estimados pela seguinte fórmula, em que: $MO = 100 - MM$

As médias das variáveis obtidas foram submetidas a análise de variância e de regressão, quando o F foi significativo foi aplicado o teste de Tukey, considerando o valor de $P < 0,05$ como nível de significância estatística. Quando os coeficientes de regressão se apresentaram significativos foi realizado o ajuste das equações, utilizando o pacote estatístico SISVAR 5.6 ® (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação sensorial quanto ao aspecto nutritivo das silagens de capim-elefante com adição de

diferentes níveis do resíduo agroindustrial do açaí, foram classificadas como “Boa a Muito Boa” (Tabela 2), pois não demonstraram alterações significativas nos parâmetros analisados, apresentando odor agradável, característico de silagens, com coloração esverdeada, indicando adequada fermentação anaeróbia das silagens, esses resultados podem ser explicados pela densidade típica (600 kg/m^3) da silagem, gerada pela compactação da massa e assim a expulsão do oxigênio, vedação e armazenagem apropriados.

Quanto ao aspecto sanitário, as silagens foram classificadas como “Boa a Muito Boa” (Tabela 3), com coloração típica esverdeada, textura consistente e sem mofos. No entanto, Lira Júnior et al. (2018) ao analisarem silagens de capim-elefante com inclusão de casca de maracujá, classificou as características sensoriais de todos os tratamentos como boa, uma vez que elas apresentaram coloração amarelada, odor levemente acre e ausência visível de bolor.

Tabela 2. Avaliação sensorial das silagens de capim-elefante com resíduo de açai quanto às características associadas ao valor nutritivo.

Tratamento ¹	Pontuação Total	Classificação*	Parâmetro*
1	24,75	Boa a Muito Boa	21 a 25
2	25	Boa a Muito Boa	21 a 25
3	25	Boa a Muito Boa	21 a 25
4	25	Boa a Muito Boa	21 a 25
5	25	Boa a Muito Boa	21 a 25

¹ Equivale ao tratamento 1: Sem subproduto de açai; 2: Inclusão de 10% de subproduto de açai; 3: Inclusão de 20% de subproduto de açai; 4: Inclusão de 30% de subproduto de açai; 5: Inclusão de 40% de subproduto de açai.

*Conforme critérios estabelecidos por Meyer, Bronsch e Liebetseder (1989).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3. Avaliação sensorial das silagens de capim-elefante com resíduo de açai quanto às características associadas ao aspecto sanitário.

Tratamento ¹	Pontuação Total	Classificação*	Parâmetro*
1	-4,5	Boa a Muito Boa	0 a -5
2	0	Boa a Muito Boa	0 a -5
3	0	Boa a Muito Boa	0 a -5
4	0	Boa a Muito Boa	0 a -5
5	0	Boa a Muito Boa	0 a -5

¹ Equivale ao tratamento 1: Sem subproduto de açai; 2: Inclusão de 10% de subproduto de açai; 3: Inclusão de 20% de subproduto de açai; 4: Inclusão de 30% de subproduto de açai; 5: Inclusão de 40% de subproduto de açai.

*Conforme critérios estabelecidos por Meyer, Bronsch e Liebetseder (1989).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observou-se redução nos teores de MS em todas as silagens analisadas, quando comparada ao material ensilado (Tabela 1 e 4). Essa redução de MS das silagens com a adição do resíduo agroindustrial do açai, utilizado na forma *in natura*, pode ser explicada

pelo teor de umidade do aditivo. No entanto, Negrão et al. (2016) avaliaram as perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz, e obtiveram aumento no teor de MS à media que o

farelo de arroz foi adicionado, evidenciando que é eficiente em absorver umidade, uma vez que propiciou aumento nos teores de MS.

Tabela 4. Composição químico-bromatológica das silagens.

Variável ¹	Nível de inclusão (%)					EPM ⁽²⁾	r ²	Equação ⁽³⁾
	0	10	20	30	40			
MS (%MN)	27,63	28,86	32,45	35,81	38,43	0,48	98,77	$y=27,288+0,213x+0,002x^2$ *
MO (%MS)	93,14	93,71	94,41	95,13	95,58	0,55	99,47	$y=93,132+0,063x$ *
MM (%MS)	6,86	6,29	5,59	4,87	4,42	9,32	99,47	$y=6,867-0,063x$ *
EE (%)	1,98	2,26	1,52	1,63	2,25	16,43	35,68	$y=2,164-0,044x+0,001x^2$ *

¹MN= matéria natural; MS=matéria seca; MO=matéria orgânica; MM=matéria mineral; EE=extrato etéreo.

*Significativo $P<0,05$ pelo teste t. (2) Erro-padrão da média. (3) Equação de regressão, teste de polinômio ortogonal, resposta linear, quadrática, cúbica ou quártica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A utilização do subproduto do açaí aumentou até 10,8 pontos percentuais no teor de MS na silagem, em seu nível mais alto de inclusão. O aumento do teor de MS (Tabela 4) foi estimado em 0,21 unidades percentuais para cada 1% de subproduto de açaí adicionado a silagem. Essa elevação pode ser explicada pelo teor de MS (62,10%) presente no resíduo quando comprado ao do capim-elefante (Tabela 1). Diferentemente, Bonfá et al. (2015) trabalhando com silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá, notaram que a inclusão de

níveis da casca de maracujá propiciou decréscimo (0,43%) nos teores de MS das silagens. Segundo os autores supracitados, esse fato ocorreu devido ao baixo teor de MS presente no coproduto no momento da ensilagem, evidenciando que, quanto maior o nível de inclusão da casca de maracujá, maior o teor de umidade adicionado ao material.

Para a obtenção de uma boa silagem o teor de MS é um dos requisitos mais importantes, visto que este interfere diretamente no processo fermentativo das silagens, com influência nos tipos de

ácidos orgânicos formados (MELO et al., 2016). Observou-se que as silagens do presente estudo apresentaram teor médio de MS de 32,67%, esse valor está no nível preconizado pela literatura, de 28 a 35% de MS, necessário para ocorrência de fermentação láctica (PACHECO et al., 2014).

O teor de matéria orgânica das massas ensiladas foi influenciado ($P < 0,05$) pela adição do aditivo. Com aumento de 2,44 pontos percentuais no teor de MO na silagem, em seu nível mais alto de inclusão. Verificou-se que a cada 1% de inclusão de resíduo de açai, houve um acréscimo de 0,063% na MO das silagens. Possivelmente esse aumento dos valores de MO está relacionado ao alto teor de MO no resíduo do açai (Tabela 1). Assim como o subproduto de açai, o resíduo agroindustrial de acerola possui alto teor de matéria orgânica, confirmado por Maia (2015) ao avaliar silagens de capim-elefante com níveis de resíduos de acerola (*Malpighia emarginata*), observou que houve aumento nos teores (0,16%) de matéria orgânica com

adição do resíduo na silagem de capim-elefante.

A matéria mineral foi influenciada pelos diferentes níveis do resíduo do açai ($P < 0,05$), variando de 4,42% a 6,86% nas silagens com inclusão de 40% de resíduo de açai e silagem sem aditivo (controle), respectivamente (Tabela 4). Esses resultados podem ser explicados pelo baixo teor de MM no resíduo do açai (Tabela 1). Efeito diferente foi obtido por Melo et al. (2016) em características fermentativas e composição química da silagem de capim-tanzânia com aditivos, em que ocorreu aumento gradual da matéria mineral.

Observou-se efeito quadrático no teor de extrato etéreo (EE) das silagens com os níveis de adição de resíduo de açai ($P < 0,05$), sendo estimado em 0,044% para cada 1% desse resíduo agroindustrial acrescentada na silagem. Essa redução no teor de EE foi resultado de maior concentração desse nutriente presente no capim-elefante quando comparado ao resíduo do açai, 2,15 e 2,06%, respectivamente (Tabela1). Maia et al. (2015) utilizando níveis de resíduo

da agroindústria da acerola nas silagens de capim-elefante, observaram aumento nos teores de EE em todos os tratamentos quando comprado à silagem controle.

Houve redução na temperatura das silagens com níveis de adição de resíduo de açai de forma linear ($P < 0,05$), estimando-se uma redução de 0,028% para cada 1% de resíduo de açai adicionada a silagem (Tabela 5). Esses resultados podem ser explicados pela adição dos níveis de resíduo de

açai, na efetivação em controlar o desenvolvimento dos microrganismos, refletindo em menores temperaturas. Rezende et al. (2011) trabalhando com perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio, relataram que as doses de 1,0 e 1,5% de cal foram efetivas em controlar o desenvolvimento dos microrganismos, refletindo em menores temperaturas.

Tabela 5. Médias dos valores de temperatura (T (°C)), pH, perda total de matéria seca (PMS), perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) das silagens de capim-elefante com diferentes níveis de inclusão de subproduto de açai.

Variável ¹	Nível de inclusão (%)					EPM ⁽²⁾	r ²	Equação ⁽³⁾
	0	10	20	30	40			
T (°C)	31,3	30,20	29,75	29,98	29,73	2,10	70,11	$y = 30,700 - 0,028x^*$
pH	3,57	3,77	3,79	3,95	4,02	2,16	96,05	$y = 3,588 + 0,014x - 0,00008x^{2*}$
PMS (g)	0,80	6,39	21,59	3,80	15,30	6,24	100,00	$y = 0,800 - 3,965x + 0,742x^2 - 0,033x^3 + 0,0004x^{4*}$
PG (%MS)	0,017	0,020	0,017	0,017	0,010	22,82	100,00	$y = 0,015 + 0,003x - 0,0003x^2 + 0,00001x^3 + 0,000x^{4*}$
PE (kg.t-1 MV)	0,123	0,077	0,138	0,124	0,076	100,60	100,0	-
RMS (%)	99,20	93,61	78,41	29,97	29,72	0,66	100,00	$y = 99,200 + 3,965x - 0,742x^2 + 0,033x^3 - 0,0004x^{4*}$

*Significativo $P < 0,05$. (1) Erro-padrão da média. (2) Equação de regressão, teste de polinômio ortogonal, resposta linear, quadrática, cúbica ou quártica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores de pH das silagens tiveram efeito quadrático ($P < 0,05$) com média de 3,82 (Tabela 5), dentro da faixa de pH ideal (3,8 a 4,2) para efetiva fermentação de silagens de boa qualidade (MCDONALD et al., 1981). No entanto, os tratamentos de 0, 10 e 20% apresentaram valores abaixo da faixa de pH ideal (Tabela 5), valores semelhantes foram encontrados (3,59; 3,83; 3,70 e 4,27) por Barcelos et al. (2018) que trabalharam com silagem de capim-elefante, cultivar mineiro cortado aos 70 dias após o corte de nivelamento com diferentes proporções de casca de café.

As perdas de matéria seca (PMS) reduziram em função aos níveis do resíduo do açai nas silagens (Tabela 1) com maiores perdas para o tratamento com 20% do aditivo ($P < 0,05$). Efeito oposto foi observado por Paziani et al. (2006), com perdas de 5,7 a 6,7% da MS em silagens de capim-tanzânia, com a umidade natural ou com recursos para elevar a MS.

Observou-se efeito quártico ($P < 0,05$) dos níveis de resíduo de açai sobre as perdas por gases (PG). A adição de 10% de resíduo de açai

apresentou PG superior (0,020%) aos demais tratamentos, porém, considerado de baixa magnitude. Já a inclusão de 40% do aditivo apresentou a menor média (0,010%) de PG (Tabela 5). Estes resultados são inferiores ao encontrados por Melo et al. (2016), ao avaliar características fermentativas e composição química da silagem de capim-tanzânia com aditivos, observaram médias de 0,90 a 1,11% de PG. De acordo com os mesmos autores, a maior ou menor produção de gases pode estar relacionada às PMS durante o processo fermentativo, provavelmente causadas por fermentações indesejáveis proveniente do metabolismo de microrganismos, como clostrídeos, enterobactérias e leveduras que se desenvolvem em pH mais elevado e que são responsáveis pela produção de gases.

As silagens não diferiram ($P > 0,05$) quanto a perda por efluentes (PE), com média 0,108%. No entanto, foi observado por Rezende et al. (2011) perda de efluentes ($P < 0,01$) para os tratamentos, observando-se uma regressão linear. Segundo os autores, a

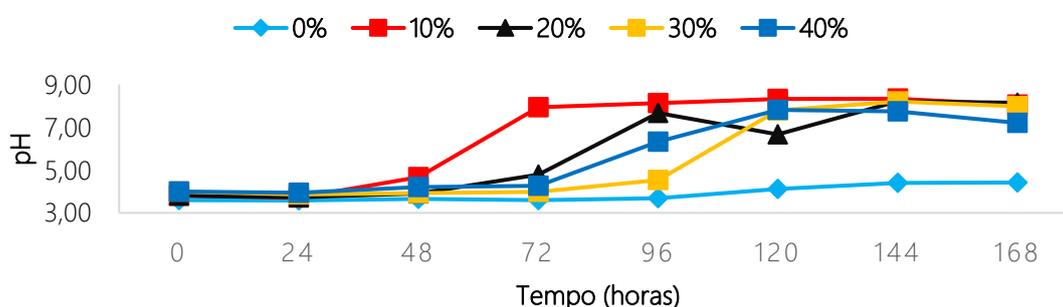
diminuição na perda de efluente a partir da adição de 14% de raspa de batata pode ser explicada pelo teor de MS, pois quando esta quantidade de raspa de batata foi adicionada à silagem, observou-se um teor de 30,03% MS na silagem produzida.

Os valores de RMS das silagens reduziram de forma quártica ($P < 0,05$) com a adição do resíduo de açai. As silagens apresentaram recuperação média de MS de 66,18% (Tabela 5), porém verificou-se que o tratamento com maior adição (40%) de resíduo de açai apresentou menor recuperação

(29,72). Estes resultados foram inferiores aos encontrados por Amaral et al. (2008), trabalhando com silagens do capim-marandu, obtendo-se recuperação média de MS de 92,9%.

A silagem sem inclusão de resíduo de açai manteve seu valor de pH ideal (4,11) até 120 horas de exposição aeróbia (Figura 1). No entanto, o T2 apresentou o menor tempo (0 hora) na faixa de pH ideal (3,8), seguido pelo T5 com 36 horas e pH, 4,00. Já os T3 e T4 apresentaram os maiores tempos (60 e 72 horas) dentro da faixa ideal de pH, 3,82 e 3,98, respectivamente.

Figura 1. Comportamento temporal das silagens de capim-elefante em aerobiose com relação ao pH do tratamento sem subproduto de açai; com adição de 10% de subproduto de açai; com adição de 20% de subproduto de açai; com adição de 30% de subproduto de açai e adição de 40% de subproduto de açai.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram adicionados 2°C aos valores da temperatura ambiente (Figura 2). Observou-se picos de temperatura nas silagens por volta de 28 horas de exposição aeróbia, o que pode estar associado ao aumento da temperatura ambiente.

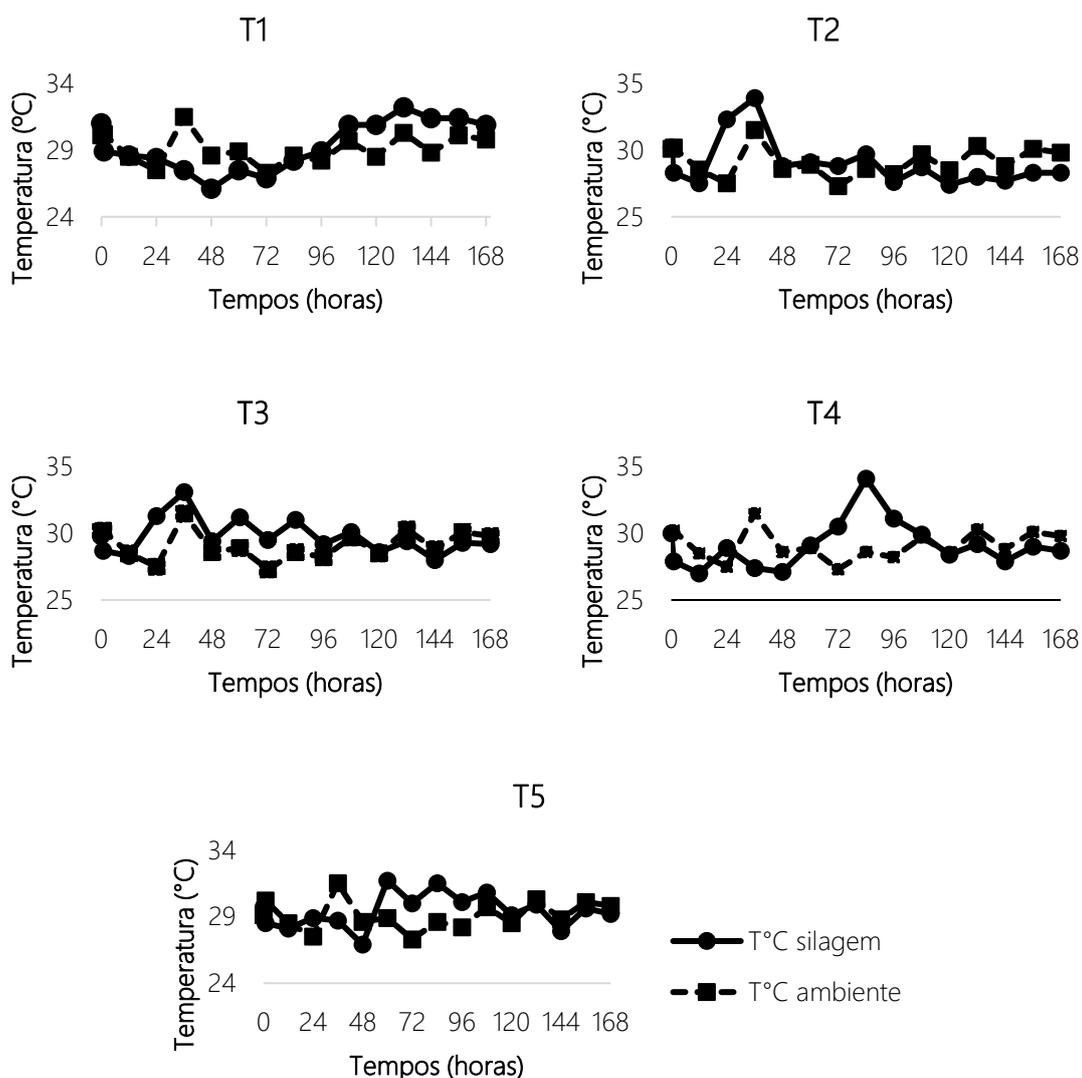
De acordo com os dados (Figura 2), podemos observar que as silagens do T2, T3, T4 e T5 apresentaram a maior estabilidade aeróbia, pois atingiram elevação de 2°C em relação à temperatura ambiente, em até 12 horas de exposição ao oxigênio. Porém, a silagem sem inclusão do resíduo de açai manteve-se estável por apenas 1 hora, sendo a primeira a atingir 2°C acima da temperatura ambiente. Com isso, foi também a primeira a apresentar sinais de deterioração aeróbia, enquanto as demais silagens se mantiveram estáveis.

Podemos observar (Figura 2) que a máxima temperatura foi atingida pela silagem com a adição de 30% de resíduo de açai, em seguida pela

silagem com o acréscimo de resíduo de 10%. Em relação ao número de horas gastas para se atingir a máxima temperatura, as silagens tratadas com 10% e 30% com o aditivo, apresentaram temperaturas máximas com 36 e 84 horas, respectivamente. Porém, a silagem com inclusão de 30% de resíduo de açai apresentou maior variação (27 a 34,1 T°C) entre as silagens.

Possivelmente a silagem tratada com 30% de resíduo de açai expressou maiores teores de carboidratos solúveis residuais, proporcionando meio favorável ao maior desenvolvimento de microrganismos deterioradores. De acordo com Woolford (1978), o aumento da temperatura das silagens em exposição ao oxigênio é decorrente do crescimento de microrganismos aeróbicos que utilizam ácidos orgânicos e outros nutrientes solúveis como fonte de energia, resultando em perdas nutritivas.

Figura 2. Comportamento temporal da temperatura das silagens de capim-elefante com níveis de subproduto de açaí e da temperatura ambiente durante exposição aeróbia dos tratamentos sem subproduto de açaí; com adição de 10% de subproduto de açaí; com adição de 20% de subproduto de açaí; com adição de 30% de subproduto de açaí e adição de 40% de subproduto de açaí.



Fonte: Elaborado pelo autor.

CONCLUSÃO

Todas as silagens com resíduo de açaí apresentaram características sensoriais, fermentativas e teor de MS

que as classificam como de boa qualidade, destacando-se o

tratamento com 20% de resíduo de açaí.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.6, p.977-983, 2008.

BARCELOS, A. F.; CARVALHO, J. R. R.; TAVARES, V. B.; GONÇALVES, C. C. M. Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca de café. **Ciência animal brasileira**, Goiânia, v.19, 1-12, e-27432, 2018.

BONFÁ, C. S.; CASTRO, G. H. F.; VILLELA, S. D. J.; SANTOS, R. A.; EVANGELISTA, A. R.; JAYME, C. G.; GONÇALVES, L. C.; PIRES NETO, O. S.; BARBOSA, J. A. S. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v.67, n.3, p.801-808, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-7982>. Acesso em: 18 nov. 2018.

BORGES, B. R. S.; NEGRÃO, F. M.; ZZANINE, A. M.; MACHADO, A.; CALDEIRA, F. H. B.; LINS, T. O. J. D. Potencial da ensilagem de capim-braquiaria com inclusão de farelo de arroz: Revisão. **PUBVET**. v.12, n.2, a28, p.1-9, Fev., 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n2a28.1-9>. Acesso em: 13 jan. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Pecuária de leite no Brasil. In: **Capim-elefante: versatilidades de usos na pecuária de leite**. Brasília: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016. 195p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, 2014.

GOMES, D. I.; VÉRAS, R. M. L.; ALVES, K. S.; DETMAN, E.; OLIVEIRA, L. R. S.; MEZZOMO, R.; SANTOS, R. B.; BARCELOS, S. S. Performance and digestibility of growing sheep fed with açaí seed meal-based diets. **Tropical Animal Health and Production**, 44(7):1751-7. Oct. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31672-pam-2020-valor-da-producao-agricola-nacional-cresce-30-4-e-chega-a-r-470-5-bilhoes-recorde-da-serie>. Acesso em: 24 set. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2018. **Estimativas da População Residente para Os Municípios e para As Unidades da Federação com Data de Referência em 1º de Julho de 2018**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/municipio/150680>. Acesso em: 24 set. 2021.

LIMA, E. D. M.; JAYME, D. G.; SILVA, F. C. O.; MICHEL, P. H. F.; CÔRTEZ, I. H. G.; ANJOS, G. V. S.; SILVA, N. T. A.; OTTONI, D. Deterioração aeróbia de

silagens. *Revista Eletrônica Nutritime*, vol. 12, n. 2, p. 3996– 4003, 2015.

LIMA, E. M. **Caroço de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) na alimentação de búfalas lactantes em pastejo**. 2017. Parauapebas – PA: Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, 2017. Dissertação (Mestre em Saúde e Produção Animal na Amazônia), Universidade Federal Rural da Amazônia, 2017.

LIRA JÚNIOR, W.B.; BEZERRA, S.B.L.; PAULA, T.A.; BEELEN, R.N.; AMORIM, P.L.; BEELEN, P.M.G. Características de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e casca de maracujá in natura. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.70, n.3, p.905-912, 2018.

MAIA, I. S. A. S. **Composição químico-bromatológica e avaliação sensorial de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, schum.) com níveis de resíduos da acerola e tamarindo**. 2015. Mossoró-RN: Universidade Federal Rural do Semi-árido. Dissertação (Mestre em Produção Animal). Universidade Federal Rural do Semi-árido, 2015.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Wiley & Sons, 1981. 218p.

MELO, M. J. A. F.; BACKES, A. A.; FAGUNDES, J. L.; MELO, M. T.; SILVA, G. P.; FREIRE, A. P. Características fermentativas e composição química da silagem de capim tanzânia com aditivos. *Boletim de Indústria Animal*, v.73, n.3, p.189-197, 2016. DOI:

<<http://dx.doi.org/10.17523/bia.v73n3.p189>>

MEYER, H.; BRONSCH, K.; LIEBETSEDER, J. **Supplemente zu Vorlesungen und bungen in der Tierernahrung**. Verlag M. e H. Schaper, Hannover, 1989.

MORAN, J.P.; WEINBERG, G.; ASHBELL, Y.H.; Hen, Y.; Owen, T. **A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage**. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 11., 1996, Aberystwyth. Proceedings... Aberystwyth: University of Wales Aberystwyth, p.162-163, 1996.

MOTA, P. E. S.; MOURA, R. L.; CARVALHO, W. F.; SILVA, S. F.; OLIVEIRA, E. M.; SANTANA, A. S.; PORTELA, G. L. F.; OLIVEIRA, M. R. A. Características Fermentativas da Silagem de Capim-Elefante Contendo Diferentes Aditivos. *Revista Científica Produção Animal*, v.14, n.2, p.133-137, 2012.

NEGRÃO, F. M.; ZANINE, A. M.; SOUZA, A. L.; CABRAL, L.S.; FERREIRA, D. J.; DANTAS, C. C. O. Perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, Salvador, v.17, n.1, p.13-25 jan./mar., 2016.

PACHECO, W. F., DE SOUZA CARNEIRO, M. S., PINTO, A. P., EDVAN, R. L., DE ARRUDA, P. C. L., DO CARMO, A. B. R. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com

níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Acta Veterinaria Brasilica**, vol. 8, 155-162, 2014.

PAZIANI, S. F.; NUSSIO, L. G.; LOURES, D. R. S.; IGARASI, M. S.; PEDROSO, A. F.; MARI, L. J. Influência do teor de matéria seca e do inoculante bacteriano nas características físicas e químicas da silagem de capim Tanzânia. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 28, n. 3, p. 265-271, 2006.

REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; FARIA JUNIOR, D. C. N. A.; BARBOSA, L. A. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.739-746, 2011.

SCHMIDT, D. C. Model-driven engineering. **Computer-ieee computer society**, v. 39, n. 2, p. 25, 2006.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). 2.ed., Viçosa, MG: UFV. 2002, 178p.

WOOLFORD, M.K. **The problem of silage effluent**. *Herbage Abstracts*, v.48, p.397-403, 1978.