

**Caracterização bromatológica e perfil fermentativo de silagem de capim elefante  
misturada com ingredientes alternativos**

**Bromatological characterization and fermentative profile of elephant grass silage mixed  
with alternative ingredients**

**Caracterización bromatológica y perfil de fermentación del ensilado de pasto elefante  
mezclado con ingredientes alternativos**

Recebido: 05/09/2020 | Revisado: 07/09/2020 | Aceito: 10/09/2020 | Publicado: 12/09/2020

**Letícia da Silva Borges**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3733-148X>

Universidade Federal do Acre, Brasil

E-mail: [ticinha-borges@hotmail.com](mailto:ticinha-borges@hotmail.com)

**Renato Mesquita Peixoto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1338-0949>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Caprinos e Ovinos, Brasil

E-mail: [renatomiraima@gmail.com](mailto:renatomiraima@gmail.com)

**Lerner Arévalo Pinedo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8119-8626>

Universidade Federal Rural do Semiárido, Brasil

E-mail: [lernerpinedo@gmail.com](mailto:lernerpinedo@gmail.com)

**Betina Raquel Cunha dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9693-7820>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [cunhabrs@yahoo.com.br](mailto:cunhabrs@yahoo.com.br)

**Angelita Alecchandra Ribeiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3026-4002>

Universidade Federal do Acre, Brasil

E-mail: [angelita.ribeiro@hotmail.com](mailto:angelita.ribeiro@hotmail.com)

**Palloma Vitória Carlos de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8855-6008>

Universidade Federal Rural do Semiárido, Brasil

E-mail: [pallomavictoria@hotmail.com.br](mailto:pallomavictoria@hotmail.com.br)

**Dayana Souza Amorim**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5486-845X>

Universidade Federal do Acre, Brasil

E-mail: [dayanasouzaamorim@gmail.com](mailto:dayanasouzaamorim@gmail.com)

**Salvador Augusto Rufino González Chacón**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9703-6573>

Universidade Federal Rural do Semiárido, Brasil

E-mail: [mrguinox@gmail.com](mailto:mrguinox@gmail.com)

**Salenilda Soares Firmino**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2596-7210>

Universidade Federal Rural do Semiárido, Brasil

E-mail: [salenildafirmino@hotmail.com](mailto:salenildafirmino@hotmail.com)

**Resumo**

Objetivou-se avaliar a composição bromatológica, perfil fermentativo e perdas fermentativas da silagem de capim elefante (CE) adicionado com diferentes níveis de palma forrageira (PF) e torta de semente de cupuaçu (TSC). Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial  $2 \times 3 + 2$ , com cinco repetições cada, totalizando 40 mini silos experimentais, com armazenamento por 50 dias. Avaliaram-se oito tratamentos, um composto somente por CE, um *pool* contendo 40% de CE, 30% de TSC e 30% de PF, enquanto os seis tratamentos restantes foram CE ensilado somente com TSC, ou com PF, ambas as misturas em níveis de 20, 40 e 60%. Após abertura, mensurou-se perdas de matéria seca (PMS), por gases (PG) e efluentes (PE). Determinou-se os parâmetros bromatológicos e o potencial hidrogeniônico (pH), realizou-se a determinação dos ácidos orgânicos e nitrogênio amoniacal. A estabilidade aeróbia foi determinada através da mensuração da temperatura nos tempos 0, 12, 24, 48, 72 e 96 horas pós abertura dos silos. Para a matéria seca ocorreu variação ( $P < 0,05$ ) de forma quadrática, onde o *pool* e os tratamentos com inclusão de 40 e 60% de TSC obtiveram os maiores valores. A silagem somente com CE obteve o menor valor de pH (4,22). Concluiu-se que as perdas do CE foram minimizadas com a inclusão de 60% de TSC, enquanto o *pool* foi intermediário, tanto em termos bromatológicos quanto fermentativos.

**Palavras-chave:** Matéria seca; *Nopalea cochenilifera*; pH; Temperatura; *Theobroma grandiflorum*.

## Abstract

The objective was to evaluate the chemical composition, fermentative profile and fermentative losses of elephant grass (EG) silage with different levels of forage palm (FP) and cupuaçu seed cake (CSC). A completely randomized design (CRD) was adopted, in a 2x3+2 factorial scheme, with five replicates each, totaling 40 experimental mini silos, with storage for 50 days. Eight treatments were evaluated, one consisting only of EG, a *pool* containing 40% EG, 30% CSC and 30% FP, both mixtures at levels of 20, 40 and 60%. After opening, dry matter losses (DML), by gases (GL) and effluents (EL) were measured. Bromatological parameters and hydrogen potential (pH) were determined, organic acids and ammoniacal nitrogen were determined. Aerobic stability was determined by measuring the temperature at times 0, 12, 24, 48, 72 and 96 hours after opening the silos. For dry matter, there was a quadratic variation ( $P < 0,05$ ), where the *pool* and treatments with inclusion of 40 and 60% CSC obtained the lowest pH value (4,22). It was concluded that EG losses were minimized with the inclusion of 60% CSC, while the *pool* was intermediate, both in bromatological and fermentative terms.

**Keywords:** Dry matter; *Nopalea cochenilifera*; pH; Temperature; *Theobroma grandiflorum*.

## Resumen

El objetivo fue evaluar la composición química, perfil fermentativo y pérdidas fermentativas del ensilado de pasto elefante (PE) agregado con diferentes niveles de palma forrajera y torta de semilla de cupuaçu. Se adoptó un diseño completamente aleatorizado (DCA), en un esquema factorial 2x3+2, con cinco repeticiones cada una, totalizando 40 mini silos experimentales, con almacenamiento por 50 días. Se evaluaron ocho tratamientos, uno que consistió solo en PE, un grupo que contenía 40% de PE, 30% de TSC y 30% de PF, mientras que los seis tratamientos restantes fueron solo PE ensilada con TSC, o con PF, ambas mezclas a niveles de 20, 40 y 60%. Después de la apertura, se midieron las pérdidas de materia seca (PMS), por gases (PG) y efluentes (PE). Se determinaron los parámetros bromatológicos y el potencial de hidrógeno (pH), se determinaron los ácidos orgánicos y el nitrógeno amoniacal. La estabilidad aeróbica se determinó midiendo la temperatura en los tiempos 0, 12, 24, 48, 72 y 96 horas después de abrir los silos. Para la materia seca, hubo una variación cuadrática ( $P < 0,05$ ), donde el *pool* y los tratamientos con inclusión de 40 y 60% TSC obtuvieron los valores más altos. El ensilado con solo pasto elefante obtuvo el valor de pH más bajo (4,22). Se concluyó que las pérdidas de pasto elefante se redujeron al mínimo con la inclusión de 60% de TSC, mientras que el *pool* fue intermedio, tanto en términos bromatológicos como fermentativos.

**Palabras clave:** *Materia seca*; *Nopalea cochenilifera*; pH; Temperatura; *Theobroma grandiflorum*.

## 1. Introdução

O Brasil é um país com características climáticas que favorecem o cultivo de gramíneas tropicais, tornando as pastagens a forma mais econômica de alimentação de ruminantes, entretanto, a estacionalidade na produção das forrageiras é um problema enfrentado na agropecuária brasileira, exigindo alternativas como a ensilagem e fenação (Rezende et al., 2011).

A silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma excelente alternativa para a alimentação animal durante a estacionalidade, pois características como alta produtividade, bom valor nutritivo e aceitabilidade pelos animais a credencia como uma das melhores forrageiras para ensilagem (Mota et al., 2015).

Todavia, gramíneas tropicais apresentam limitações em seu uso, como o baixo teor de proteína e matéria seca, induzindo a fermentação secundária durante o processo de ensilagem que determina redução do seu valor nutritivo. Desse modo, surge a necessidade de inclusão de produtos que elevem o teor de matéria seca, acarretando melhoras no valor nutritivo e conservação das silagens (Pacheco et al., 2014).

Nativo da região Amazônica, o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) é uma fruta que apresenta aroma agradável, rico em vitaminas, sais minerais e pectina, a torta de sua semente é resultado da extração de quase 80% de óleo da semente seca, dando origem a um resíduo com elevado teor de fibra bruta (Xavier et al., 2016), podendo acarretar redução nos custos de produção, em virtude de substituir alimentos nobres como a soja e o milho (Mota et al., 2014).

Por outro lado, a palma forrageira (*Nopalea cochenilifera*) é uma cactácea de grande importância alimentar na região semiárida nordestina, rica em carboidratos e água, apresenta boa produtividade e alta adaptabilidade, podendo ser fornecida ao rebanho na forma de pastejo, farelo desidratado ou picada no cocho (Marques et al., 2017).

Adicionalmente, na avaliação da qualidade da silagem e de seu processo fermentativo, em geral, características como teor de matéria seca, pH e temperatura são os parâmetros tradicionalmente adotados. Portanto, objetivou-se avaliar a caracterização bromatológica, perfil fermentativo e as perdas fermentativas de silagem de capim elefante aditivada com diferentes níveis de inclusão de palma forrageira e torta de semente de cupuaçu.

## 2. Metodologia

O experimento foi realizado em área experimental na granja da Universidade Federal do Acre (UFAC), pertencente ao Centro de Ciências Biológicas e da Natureza (CCBN) em Rio Branco – Acre, coordenadas geograficamente na Amazônia Ocidental, a 9° 53' 16'' de Latitude Sul, e 67° 49' 11'' de Longitude Oeste e altitude de 150 m (ACRE, 2010). O clima da região é classificado como quente e úmido, do tipo Am, segundo Köppen, e temperaturas médias anuais em torno de 26,2 °C, umidade relativa do ar acima de 84%, e precipitação pluviométrica média anual entre 1.900 a 2.200 mm (Alvares et al., 2013).

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x3+2, com cinco repetições cada, totalizando 40 silos experimentais. O capim elefante (CE) foi ensilado juntamente com a torta de semente de cupuaçu (TSC) e com a palma forrageira (PF) nos níveis de 20, 40 e 60% da matéria natural. As porcentagens foram definidas baseadas no baixo teor de proteína bruta (PB) e carboidratos solúveis (CHOs) que o capim elefante possui, além do seu baixo teor de matéria seca (MS).

Desse modo, foram avaliados oito tratamentos: CE: silagem 100% de capim elefante (CE); TSC20: silagem com 80% de capim elefante (CE) e 20% de torta de semente de cupuaçu (TSC); TSC40: silagem com 60% de capim elefante (CE) e 40% de torta de semente de cupuaçu (TSC); TSC60: silagem com 40% de capim elefante (CE) e 60% de torta de semente de cupuaçu (TSC); PF20: silagem com 80% de capim elefante (CE) e 20% de palma forrageira (PF); PF40: silagem com 60% de capim elefante (CE) e 40% de palma forrageira (PF); PF60: silagem com 40% de capim elefante (CE) e 60% de palma forrageira (PF); *Pool*: silagem com 40% de capim elefante (CE) + 30% de torta de semente de cupuaçu (TSC) + 30% de palma forrageira (PF).

Para a confecção da ensilagem seguiu-se as recomendações de Pacheco et al. (2013), com o capim elefante sendo submetido a um corte de uniformização a 10 cm do solo e, após 60 dias de rebrota, colhido, e imediatamente transportado para a unidade experimental da UFAC onde permaneceu por um período de 12 horas em ambiente arejado para desidratação.

A torta de semente de cupuaçu (TSC) já processada foi doada pelo Projeto Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado – RECA, localizado no distrito de Nova Califórnia, município Porto Velho – Rondônia; enquanto a palma forrageira foi proveniente da Horta da unidade experimental do curso de Engenharia Agrônômica da UFAC.

A composição média de cada ingrediente utilizado no processo de ensilagem segundo a Composição Química Brasileira de Alimentos - CQBAL 4.0 (Valadares Filho et al., 2020) encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do capim elefante (CE), palma forrageira (PF) e torta de semente de cupuaçu (TSC).

Ingredientes	Variável						
	MS	PB	MM	EE	MO	FDN	FDA
Capim elefante	21,62	7,00	9,12	2,26	90,87	75,94	45,97
Palma forrageira	11,27	4,08	12,53	2,61	86,90	23,46	14,13
Torta de semente de cupuaçu	91,60	19,50	5,30	20,40	94,70	51,40	41,70

Fonte: Valadares Filho et al. (2020).

Foram utilizados silos laboratoriais de tubos de policloreto de vinil (PVC) com 50 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro com capacidade de 3 kg. Antes da ensilagem todos os silos receberam uma camada de areia equivalente a 150 g com a finalidade de reter todo o líquido drenado pela forragem que iria fermentar no interior dos mesmos. Posteriormente, foram pesados em balança eletrônica com precisão de 5 g, para obtenção do peso do conjunto (tubo + tampa + areia seca) da ensilagem.

No momento da ensilagem, o material foi homogeneizado e os silos foram preenchidos de acordo com os tratamentos estabelecidos. Após o enchimento dos silos com densidade média de  $500 \text{ kg m}^{-3}$ , os mesmos foram devidamente fechados, vedados com fita adesiva e pesados. Ressalta-se que todos os silos possuíam válvula de escape dos gases de tipo Bunsen para quantificação das perdas por gases.

Após 50 dias de armazenamento, os silos foram abertos e pesados novamente em balança de precisão para a mensuração das perdas de matéria seca, por gases e por efluentes. Coletou-se 10 g de amostras de cada silo para a imediata determinação do pH, o qual foi mensurado por medidor portátil (R-TEC-3P-MP) da Tecnal com pH devidamente calibrado, foram adicionados à cada amostra, em um béquer, 100 mL de água destilada, e homogeneizada com auxílio de bastões de vidro, de acordo com metodologia estabelecida por Instituto Adolfo Lutz (2008), e após repouso de 30 minutos, procedeu a medição do pH.

Para avaliação da temperatura foram utilizados baldes com capacidade para 1 kg e caixas de isopor de 3 L, onde foi colocado aproximadamente 500 g de amostras de cada tratamento nos recipientes. Conforme ocorria a abertura dos silos, eram coletadas amostras das três repetições de cada tratamento, após isso eram homogeneizadas, pesadas e acondicionadas em caixas de isopor e baldes.

A temperatura foi medida nos tempos 0, 12, 24, 48, 72 e 96 horas após abertura dos silos, com auxílio de dois termômetros, um do tipo culinário digital (TP101), outro do tipo higrômetro (DC103), onde os mesmos eram inseridos a 10 cm no material contido nos recipientes, de acordo com metodologia estabelecida por Andrade et al. (2012). A temperatura ambiental também foi obtida através de termômetro higrômetro:  $T_0=27,8$  °C;  $T_{12}=27,9$  °C;  $T_{24}=34,5$  °C;  $T_{48}=33,7$  °C;  $T_{72}=27,3$  °C e  $T_{96}=32,6$  °C. A taxa de aquecimento foi analisada seguindo metodologia proposta por Ruppel et al. (1995), levando em consideração a divisão da temperatura máxima de cada tratamento (°C) pelo tempo necessário para alcançá-la (h).

Ainda na abertura dos silos foram coletadas amostras de cada tratamento para determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), cuja determinação seguiu metodologia descrita por Silva & Queiroz (2009).

A mensuração das perdas totais de massa seca por fermentação foi realizada por meio das pesagens dos silos antes e depois de sua abertura. Esses resultados foram obtidos pelo cálculo da diferença entre os pesos das massas no enchimento e na abertura dos silos e multiplicados pelos seus respectivos teores de matéria seca. Finalmente, as perdas foram transformadas em porcentagem da massa inicial. As perdas de efluentes e perdas por gases, foram quantificadas por meio de equações propostas por Magalhães et al. (2012).

Os dados coletados foram tabulados e submetidos a análise de variância, teste de Tukey e Scott-Knott a 5% de probabilidade, além de análise de regressão, todos realizados no programa estatístico SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2011).

### **3. Resultados e Discussão**

Na Tabela 2 pode-se observar os valores médios da composição bromatológica referentes a cada tratamento.

**Tabela 2.** Valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), matéria orgânica (MO), carboidratos solúveis (CHOs) fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) na silagem de capim elefante adicionada ou não com palma forrageira (PF) e torta de semente de cupuaçu (TSC).

Tratamento	Variável							
	MS	PB	MM	EE	MO	CHOs	FDN	FDA
CE	20,55	5,68	6,50	1,39	93,50	6,61	73,41	48,57
TSC20	32,78	8,44	7,05	2,59	92,95	7,90	47,51	42,18
TSC40	46,67	10,51	7,63	4,83	92,37	8,80	46,44	41,82
TSC60	61,85	12,76	7,86	8,95	92,14	10,90	46,47	40,77
PF20	16,50	3,95	7,43	1,23	92,57	25,29	29,82	16,56
PF40	17,76	5,95	8,38	1,33	91,62	28,76	28,83	16,42
PF60	15,60	9,04	8,96	1,61	91,04	29,32	28,35	15,84
<i>POOL</i>	51,57	10,23	8,58	2,14	91,46	30,26	28,95	17,38
EPM	1,79	4,21	1,67	3,89	2,31	1,80	5,68	4,45
Prob. Linear	0,9347	0,0103	0,0001	0,0410	0,8176	0,0001	0,0001	0,0551
Prob. Quadrática	0,0001	0,0001	0,2581	0,0210	0,6521	0,0001	0,0120	0,0128
R <sup>2</sup>	0,99	0,97	0,91	0,94	0,89	0,93	0,99	0,92

CE – silagem com 100% de capim elefante, TSC20 – silagem com 80% de capim elefante e 20% de torta de semente de cupuaçu; TSC40 – silagem com 60% de capim elefante e 40% de torta de semente de cupuaçu; TSC60 – silagem com 40% de capim elefante e 60% de torta de semente de cupuaçu; PF20 – silagem com 80% de capim elefante e 20% de palma forrageira; PF40 – silagem com 60% de capim elefante e 40% de palma forrageira; PF60 – silagem com 40% de capim elefante e 60% de torta de semente de cupuaçu; e *Pool* – silagem com 40% de capim elefante + 30% de torta de semente de cupuaçu + 30% de palma forrageira; EPM – erro padrão da média; R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação da equação de regressão. Fonte: Autores.

Para a matéria seca ocorreu variação ( $P < 0,05$ ) de forma quadrática, onde os tratamentos com capim elefante misturado conjuntamente com PF e TSC (*pool*), bem como os com TSC incluída na proporção de 40 e 60% obtiveram os maiores valores médios. Aumentos gradativos nos valores de matéria seca somente foram evidenciados nos tratamentos acrescidos com torta de semente de cupuaçu, enquanto para os tratamentos com acréscimo de palma forrageira, os valores de MS foram menores, exceto no *pool*. Essa ocorrência pode ser atribuída ao baixo teor de MS que a palma forrageira possui, o qual varia entre 6,07 a 9,15%, podendo chegar até a 13,08%, dependendo da sua cultivar (Marques et al., 2017).

A matéria seca é considerada um importante fator para determinação da qualidade do processo fermentativo durante o processo de ensilagem, pois teores reduzidos desse parâmetro indica que ocorreu o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido acético (AA) e butírico. Essa situação favorece uma baixa pressão osmótica, e conseqüentemente o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (Pacheco et al., 2013).



Para as variáveis proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos solúveis e fibra em detergente neutro, ocorreu diferença significativa de forma linear e quadrática ( $P < 0,05$ ) para todos os tratamentos (Tabela 2). Os valores de carboidratos solúveis observados na presente pesquisa foram maiores que os encontrados por Carvalho et al. (2008), os quais avaliando o perfil fermentativo de silagens de capim elefante emurhecida e capim elefante + farelo de cacau, encontraram valores de 1,78 e 4,03, respectivamente.

Segundo Silva et al. (2011), concentração alta de carboidratos promove condições favoráveis ao estabelecimento de bactérias homofermentativas, promovendo a conservação do material ensilado. Desse modo, permite silagem de boa qualidade até mesmo para material com baixo teor de MS, mas quando os teores de carboidratos são baixos, somente se obtém silagem de boa qualidade quando o material ensilado apresentar alto nível de matéria seca.

Os teores alcançados de extrato etéreo variaram de acordo com material utilizado e seu nível de inclusão, para aquelas com torta de semente de cupuaçu e exclusiva de capim elefante, ocorrendo ainda crescimento linear, conforme se aumentou os valores de TSC, fazendo com que o tratamento TSC60 viesse a apresentar o maior valor de extrato etéreo dentre todos os tratamentos analisados (Tabela 2). Já os tratamentos com palma forrageira apresentaram os menores valores de extrato etéreo, mesmo com crescimento linear de acordo com o aumento da porcentagem de PF, sendo que seu maior teor de EE foi de 1,61 para o tratamento com 60% de inclusão de palma forrageira (PF60) (Tabela 2). Essa situação ocorre em virtude do alto teor de extrato etéreo que, em geral, permanece na torta de semente de cupuaçu após processo de prensagem, o qual é bem mais elevado que os teores presentes na palma forrageira (Valadares Filho et al., 2020).

Quanto aos teores de proteína bruta, houve aumento dessa variável com a inclusão de níveis crescentes de PF e TSC, alcançando teores máximos de 9,04 e 12,76 respectivamente, com a inclusão de 60% dos produtos alternativos. Para o *pool* obteve-se teor de 10,23 de PB (Tabela 2). O fato dos maiores teores de PB pertencerem aos tratamentos com doses crescentes de torta de semente de cupuaçu significa que no momento da ensilagem o produto alternativo apresentou teor mais elevado de proteína bruta em relação ao capim elefante, caracterizando efeito aditivo.

O teor de matéria mineral foi significativo ( $P < 0,05$ ) exibindo efeito linear crescente para todos os tratamentos de acordo com o acréscimo dos produtos alternativos, e apresentando menor valor para silagem exclusiva de capim elefante, com 6,50 e valor máximo para *pool*, com 8,58 (Tabela 2). Para silagem exclusiva de capim elefante o valor obtido de matéria mineral

foi próximo ao observado por Deminicis et al. (2014), os quais relatam 6,8 de matéria mineral em silagem exclusiva dessa forrageira.

Adicionalmente, detectou-se que o uso dos produtos alternativos contribuiu para a redução dos teores de FDN e FDA (Tabela 2). Situação semelhante ocorreu com Melo et al. (2016) que evidenciaram que em silagens de capim Tanzânia enriquecida com distintos aditivos houve uma redução dos valores de FDN e FDA.

Cabral et al. (2004), em estudo para determinar as taxas de digestão das frações proteicas e de carboidratos para feno de Tifton-85, farelo de soja, silagens de milho e de capim elefante, determinaram teores de 18,34; 6,53; 11,18; 1,52 e 75,42 para MS, PB, MM, EE e FDN respectivamente, para silagem de capim elefante. Valores semelhantes foram obtidos neste experimento (Tabela 2), com exceção da MM, com valor bem abaixo do que foi descrito pelos autores.

Na Tabela 3 podemos evidenciar os valores médios do pH e dos ácidos orgânicos encontrados nas distintas composições das silagens analisadas, tanto para os tratamentos com torta de semente de cupuaçu quanto para aqueles que receberam palma forrageira, houve crescimento linear e efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) da variável ácido acético.

**Tabela 3.** Valores médios do pH, ácido acético (AA), ácido propiônico (AP), ácido butírico (AB) e ácido láctico (AL) na silagem de capim elefante adicionada ou não com palma forrageira (PF) e torta de semente de cupuaçu (TSC).

Tratamento	Variável				
	pH	AA	AP	AB	AL
CE	4,22	2,05	0,47	0,22	3,49
TSC20	4,41	2,14	0,58	0,04	3,80
TSC40	4,52	2,21	0,78	0,06	3,98
TSC60	4,83	2,36	0,93	0,04	4,21
PF20	4,61	1,16	0,63	0,05	2,85
PF40	4,41	1,31	0,68	0,06	2,92
PF60	4,23	1,48	0,73	0,07	3,18
<i>POOL</i>	4,66	1,76	0,80	0,09	3,97
EPM	6,28	2,55	4,01	1,45	6,02
Prob. Linear	0,0001	0,0001	0,7821	0,2390	0,0001
Prob. Quadrática	0,9983	0,0001	0,5528	0,8128	0,0001
R <sup>2</sup>	0,95	0,93	0,98	0,99	0,90

CE – silagem com 100% de capim elefante, TSC20 – silagem com 80% de capim elefante e 20% de torta de semente de cupuaçu; TSC40 – silagem com 60% de capim elefante e 40% de torta de semente de cupuaçu; TSC60 – silagem com 40% de capim elefante e 60% de torta de semente de cupuaçu; PF20 – silagem com 80% de capim elefante e 20% de palma forrageira; PF40 – silagem com 60% de capim elefante e 40% de palma forrageira; PF60 – silagem com 40% de capim elefante e 60% de torta de semente de cupuaçu; e *Pool* – silagem com 40% de capim elefante + 30% de torta de semente de cupuaçu + 30% de palma forrageira; EPM – erro padrão da média; R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação da equação de regressão. Fonte: Autores.

Apesar dos baixos valores de matéria seca (Tabela 2), as silagens com palma forrageira apresentaram valores de ácido acético menores que os obtidos nas silagens aditivadas com TSC (Tabela 3). Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) para as variáveis ácido propiônico e ácido butírico de forma linear e quadrática para todos os tratamentos (Tabela 3).

O pH diferiu estatisticamente ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos, potencialmente devido a utilização de diferentes proporções do produto alternativo, apresentando comportamento linear, com o crescimento de seu valor de acordo com a maior inclusão do produto (Tabela 3).

Em geral, denota-se que enquanto nas silagens com TSC houve uma elevação do pH, nas com adição de palma forrageira ocorreu uma redução dos valores de pH. Esse cenário deve-se ao fato que durante o processo fermentativo, os carboidratos solúveis são utilizados para produção de ácido láctico e conseqüentemente redução dos valores de pH (Carvalho et al., 2008). Dessa forma, níveis mais altos e crescentes de CHOs encontrados nos tratamentos com PF (Tabela 2) influenciaram a queda do pH dos mesmos (Tabela 3).

Santos et al. (2019) obtiveram valores de pH entre 4,27 a 4,6 em silagens de capim elefante consorciada com Embaúba e inclusão de até 15% de torta de semente de cupuaçu, onde

se observou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) à medida que ocorria a inclusão de TSC. Para França et al. (2015), o pH deve alcançar no máximo teores de 4,6 em silagens que apresentam valores de MS superiores a 40%.

Em virtude da fermentação que ocorre em pH igual ou superior a 4,5 e a alta umidade, a deterioração de silagens de capins tropicais é caracterizada pela presença de bactérias aeróbias (Andrade et al., 2012). Para Oliveira et al. (2013) a generalização observada em relação a valores de pH é inválida, devido à falta de garantia que fermentações de caráter secundário foram inibidas.

Em silagens de sorgo aditivadas com até 75% de torta de semente de cupuaçu, Pinedo et al. (2019) obtiveram resultados com diferença significativa linear ( $P < 0,05$ ) para pH, onde os valores desse parâmetro foram menores que os obtidos nesse experimento, variando entre 3,72 a 4,12 com aumentos ocorrendo de acordo com o acréscimo da torta de semente de cupuaçu.

Na Tabela 4 estão demonstrados os valores médios de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ), perdas de matéria seca (PMS), perdas por efluentes (PE) e perdas por gases (PG) na silagem de capim elefante adicionada ou não com torta de semente de cupuaçu e palma forrageira.

**Tabela 4.** Valores médios de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ), perdas de matéria seca (PMS), perdas por efluentes (PE) e perdas por gases (PG) na silagem de capim elefante adicionada ou não com palma forrageira (PF) e torta de semente de cupuaçu (TSC).

Tratamento	Variável			
	$N-NH_3/NT$	PMS	PE	PG
CE	4,38	3,66	1,32	0,78
TSC20	4,80	3,28	1,15	0,84
TSC40	4,95	3,20	1,05	0,67
TSC60	5,10	3,06	0,99	0,52
PF20	6,79	4,18	1,55	0,96
PF40	7,12	4,91	1,70	1,00
PF60	7,83	5,06	1,77	1,04
<i>POOL</i>	7,97	3,22	1,34	0,39
EPM	2,98	4,03	1,95	2,90
Prob. Linear	0,0034	0,0001	0,001	0,0321
Prob. Quadrática	0,4891	0,0001	0,040	0,8213
$R^2$	0,98	0,79	0,99	0,91

CE – silagem com 100% de capim elefante, TSC20 – silagem com 80% de capim elefante e 20% de torta de semente de cupuaçu; TSC40 – silagem com 60% de capim elefante e 40% de torta de semente de cupuaçu; TSC60 – silagem com 40% de capim elefante e 60% de torta de semente de cupuaçu; PF20 – silagem com 80% de capim elefante e 20% de palma forrageira; PF40 – silagem com 60% de capim elefante e 40% de palma forrageira; PF60 – silagem com 40% de capim elefante e 60% de torta de semente de cupuaçu; e *Pool* – silagem com 40% de capim elefante + 30% de torta de semente de cupuaçu + 30% de palma forrageira; EPM – erro padrão da média;  $R^2$  – coeficiente de determinação da equação de regressão. Fonte: Autores.

Os teores de N-NH<sub>3</sub>/NT apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) de forma linear para todos os tratamentos, já para as variáveis PMS e PE observou-se efeito quadrático e linear ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4). Por outro lado, PG apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) apenas de forma linear para todos os tratamentos, enquanto de forma quadrática não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) (Tabela 4). O valor elevado de N-NH<sub>3</sub>/NT influencia na menor qualidade da silagem, devido a degradação de compostos nitrogenados promovida por bactérias do gênero *Clostridium* (Bonfá et al., 2015).

Ocorreu diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para PMS e PE de modo linear e quadrático entre todos os tratamentos (Tabela 4). Valores menores de perdas de matéria seca estão diretamente associados à baixa perda por efluentes (Rabelo et al., 2012). Para Rezende et al. (2008) altos valores de PE são observados em silagens com baixo teor de MS, onde ocorrem perdas de dissacarídeos e minerais, através da lixiviação.

O valor encontrado de perdas por gases para silagem exclusiva de capim elefante foi menor que o observado por Rezende et al. (2008) que ao avaliarem a inclusão crescente de diferentes aditivos em silagem de capim elefante, obtiveram PG igual a 1,08 para silagem exclusiva de CE.

Na Tabela 5 a partir das variáveis de temperatura mensurados nos diferentes tipos de silagem, denota-se que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as temperaturas dos tratamentos avaliados.

**Tabela 5.** Variáveis de temperatura das silagens de capim elefante adicionadas ou não com palma forrageira (PF) e torta de semente de cupuaçu (TSC) durante o período de exposição aeróbia.

Tratamento	t °C média	t °C máx.	H t °C máx.	°C/hora
CE	28,53 <sup>a</sup>	30,87a	96	0,32
TSC20	27,76 <sup>a</sup>	28,90a	48	0,60
TSC40	28,95 <sup>a</sup>	32,85a	96	0,34
TSC60	28,25 <sup>a</sup>	29,57a	96	0,31
PF20	28,73 <sup>a</sup>	31,47a	96	0,33
PF40	28,03 <sup>a</sup>	29,35a	96	0,31
PF60	27,63 <sup>a</sup>	28,57a	96	0,30
<i>POOL</i>	28,05 <sup>a</sup>	29,50a	96	0,31
CV (%)	5,03	5,72	-	-

CE – silagem com 100% de capim elefante, TSC20 – silagem com 80% de capim elefante e 20% de torta de semente de cupuaçu; TSC40 – silagem com 60% de capim elefante e 40% de torta de semente de cupuaçu; TSC60 – silagem com 40% de capim elefante e 60% de torta de semente de cupuaçu; PF20 – silagem com 80% de capim elefante e 20% de palma forrageira; PF40 – silagem com 60% de capim elefante e 40% de palma forrageira; PF60 – silagem com 40% de capim elefante e 60% de torta de semente de cupuaçu; e *Pool* – silagem com 40% de capim elefante + 30% de torta de semente de cupuaçu + 30% de palma forrageira. CV – coeficiente de variação; t °C média – temperatura média; t °C máx. – temperatura máxima alcançada; H t °C máx. – horas necessárias para atingir temperatura máxima; °C/hora – taxa de aquecimento. Médias seguidas de mesma letra dentro de colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Dentre todos os tratamentos analisados, apenas o com inclusão de 40% de torta de semente de cupuaçu (TSC40) apresentou temperatura superior a temperatura ambiente, ultrapassando em 1 °C, durante a mensuração T<sub>0</sub>, após abertura do silo. Segundo Silva et al. (2014), as baixas concentrações ainda existentes de oxigênio fazem com que a energia resultante da respiração e oxidação seja utilizada pelas células, onde o excedente em forma de calor é liberado, aumentando a temperatura da silagem.

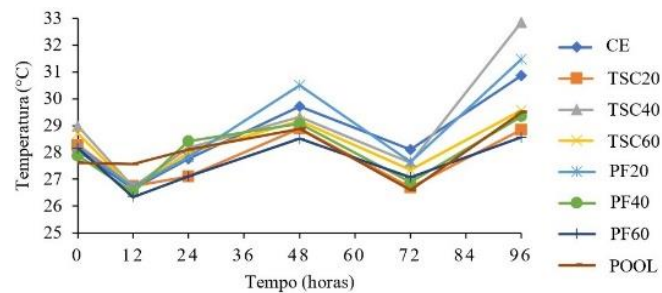
Segundo Andrade et al. (2012) o aumento da temperatura é atribuído ao início das atividades metabólicas de microrganismos oportunistas, onde os mesmos produzem calor e consomem carboidratos residuais. Ademais, esses autores relatam que a quebra na estabilidade é caracterizada pelo aumento da temperatura da silagem entre 1 a 3 °C a mais que a temperatura ambiente. Para Tabacco et al. (2011) a quebra da estabilidade aeróbia ocorre somente quando a temperatura da silagem eleva em 2 °C a mais que a temperatura ambiente.

Segundo Lima et al. (2015) em algumas silagens são detectados dois picos de temperatura, o primeiro ocorrendo cerca de dois ou três dias após exposição aeróbia, onde está

relacionado ao desenvolvimento de leveduras, e o segundo, que ocorre de três ou quatro dias após exposição, onde é caracterizado pelo desenvolvimento de fungos.

Na Figura 1 observa-se a variação de temperatura média das silagens durante o período de exposição aeróbia.

**Figura 1.** Variação da temperatura média das silagens durante o período de exposição aeróbia.



Fonte: Autores.

Após essa exposição, o primeiro pico de temperatura ocorreu por volta das 48 horas pós abertura dos silos; o segundo pico ocorreu na última avaliação, por volta das 96 horas. Situação similar foi descrita por Rabelo et al. (2012), que após aferição das temperaturas de silagens em ensaio de estabilidade, observaram o primeiro pico das temperaturas por volta das 48 horas após abertura dos silos.

#### 4. Considerações Finais

A adição da torta de semente de cupuaçu em 60% melhorou a composição bromatológica e perfil fermentativo, assim como as perdas foram minimizadas na silagem de capim elefante, enquanto para silagens com palma forrageira recomenda-se o uso de aditivos sequestrantes de umidade em sua composição.

Com relação ao tratamento contendo capim elefante associado com palma forrageira e torta de semente de cupuaçu, este se mostrou intermediário em termos bromatológicos e fermentativos.

Estudos avaliando o consumo e desempenho com animais ruminantes devem ser realizados com essas silagens, para comprovar com exatidão o seu uso como alternativa da melhor escolha da silagem recomendada.

## Referências

Acre. (2010). *Zoneamento ecológico-econômico do Acre fase II escala 1: 250.000: documento síntese*. Rio Branco, AC: Secretaria de Estado de Planejamento: Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Recuperado de [http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes\\_estados/Acre/Fase%202/Documento\\_Sintese.pdf](http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes_estados/Acre/Fase%202/Documento_Sintese.pdf)

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

Andrade, A. P., De Quadros, D. G., Bezerra, A. R. G., Almeida, J. A. R., Silva, P. H. S., & Araújo, J. A. M. (2012). Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(3), 1209-1218. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n3p1209

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. (2015). Silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(3), 801-808. DOI: 10.1590/1678-4162-7982

Cabral, L. S., Valadares Filho, S. C., Detmann, E., Zervoudakis, T., Veloso, R. G., & Nunes, P. M. M. (2004). Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e capim elefante, o feno de capim Tifton-85 e farelo de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6), 1573-1580. DOI: 10.1590/S1516-35982004000600025

Carvalho, G. G. P., Garcia, R., Pires, A. J. V., Pereira, O. G., Fernandes, F. E. P., & Carvalho, B. M. A. (2008). Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurchecido ou com adição de farelo de cacau. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60(1), 234-242. DOI: 10.1590/S0102-09352008000100032

Deminicis, B. B., Araújo, R. P., Rocha, N. S., Abreu, M. L. C., Guerra, R. N., Hertel, V. L. S., Pandolfi Filho, A. D., Rodrigues, P. R., & Amorim, I. M. (2014). Efeitos de diferentes aditivos sobre a composição bromatológica e pH de silagens de capim elefante. *Publicações em*



*Medicina Veterinária e Zootecnia - PUBVET*, 8(13), 1551-1697. Recuperado de <https://www.pubvet.com.br/uploads/314784b1fc0d3778ce895f7b8edd9341.pdf>

Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001

França, A. M. S., Ferreira, I. C., Hermisdorff, I. C., Mendonça, E. P., Fernandes, E. A., & Rossi, D. A. (2015). Dinâmica química, microbiológica e física da silagem de farelo úmido de glúten de milho. *Ciência Rural*, 4(45), 684-689. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140716

Instituto Adolfo Lutz. (2008). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz :*Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. São Paulo: IMESP. Recuperado de [http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016\\_3\\_19/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf)

Lima, E. M., Jayme, D. G., Silva, F. C. O., Michel, P. H. F., Côrtes, I. H. G., Anjos, G. V. de S., Silva, N. T. A., & Ottoni, D. (2015). Deterioração aeróbia de silagens. *Revista Eletrônica NutriTime*, 12(2), 3996-4003. Recuperado de [https://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/ARTIGO299.pdf](https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO299.pdf)

Magalhães, F. A., Valadares Filho, S. C., Menezes, G. C. C., Machado, M. G., Zanetti, D., Pina, D. S., Pereira, O. G., & Paulino, M. F. (2012). Composição química e perdas fermentativas de ensilagem de cana com diferentes graus Brix, com ou sem óxido de cálcio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(2), 256-263. DOI: 10.1590/S1516-35982012000200004

Marques, O. F. C., Gomes, L. S. P., Mourthé, M. H. F., Braz, T. G. S., & Pires Neto, O. S. (2017). Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. *Caderno de Ciências Agrárias*, 9(1), 75-93. DOI: 10.35699/2447-6218.2017.2940

Melo, J. A. F., Backes, A. A., Fagundes, J. L., Melo, M. T., Silva, G. P., & Freire, A. P. L. (2016). Características fermentativas e composição química da silagem de capim Tanzânia com aditivos. *Boletim de Indústria Animal*, 73(3), 189-197. DOI: 10.17523/bia.v73n3p189

Mota, D. A., Fragata, N. P., Brito, E. P., Casagrande, D. R., Rosa, B. L., & Borges, C. R. de A. (2014). Torta de cupuaçu na alimentação de tourinhos Nelore confinados. *Boletim de Indústria Animal*, 71(4), 309-316. DOI: 10.17523/bia.v71n4p309

Mota, P. E. S., De Moura, R. L., Portela, G. L. F., De Carvalho, W. F., & Oliveira, M. R. A. de. (2015). Perdas e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes aditivos. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 11(1), 126-130. DOI: 10.30969/acsa.v11i1.540

Oliveira, M. R., Neumann, M., Ueno, K. R., Neri, J., & Marafon, F. (2013). Avaliação das perdas na ensilagem de milho em diferentes estádios de maturação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12(3), 319-325. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p319-325

Pacheco, W. F., Carneiro, M. S. de S., Edvan, R. L., De Arruda, P. C. L., & Carmo, A. B. R. do. (2013). Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com feno de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8(2), 240-246. Recuperado de <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/1360/1903>

Pacheco, W. F., Carneiro, M. S. de S., Pinto, A. P., Edvan, R. L., De Arruda, P. C. L., & Do Carmo, A. B. (2014). Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). *Acta Veterinaria Brasilica*, 8(3), 155-162. DOI: 10.21708/avb.2014.8.3.3289

Pinedo, L. A., Dos Santos, B. R. C., Firmino, S. S., Assis, L. C. S. L. C., Braga, A. P., Lima, P. de O., Oliveira, P. V. C., & Pinto, M. M. F. (2019). Silagem de sorgo aditivada com coproduto alternativo da torta de semente de cupuaçu. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 29633-29645. DOI: 10.34117/bjdv5n12-112

Rabelo, C. H. S., De Rezende, A. V., Nogueira, D. A., Rabelo, F. H. S., Senedese, S. S., Vieira, P. F., Barbosa, L. A., & Carvalho, A. (2012). Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(3), 656-668. DOI: 10.1590/S1519-99402012000300006

Rezende, A. A. S., Pascoal, L. A. F., Van Cleef, E. H. C. B., Gonçalves, J. S., Olszewski, N., & Bezerra, A. P. A. (2011). Composição química e características fermentativas de silagens de cana-de-açúcar contendo farelo de babaçu. *Archivos de Zootecnia*, 60(232), 1031-1039. DOI: 10.4321/S0004-05922011000400019

Rezende, A. V., Gastaldello Junior, A. L., Valeriano, A. R., Casali, A. O., Medeiros, L. T., & Rodrigues, R. (2008). Uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(1), 281-287. DOI: 10.1590/S1413-70542008000100040

Ruppel, K. A., Pitt, R. E., Chase, L. E., & Galton, D. M. (1995). Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 78(1), 141-153. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76624-3

Santos, B. R. C., Gomes, F. A., Pinedo, L. A., & Maia, G. F. N. (2019). Silagens de capim-elefante e embaúba aditivada com produtos alternativos na Amazônia Ocidental. *Nativa*, 7(6), 820-827. DOI: 10.31413/nativa.v7i6.6463

Silva, D. J., & Queiroz, A. C. (2009). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: UFV, 235.

Silva, M. S. J., Jobim, C. C., Nascimento, W. G., Ferreira, G. D. G., & Oliveira, M. R. (2014). Uso de aditivos e tempo de abertura dos silos em silagens de estilosantes campo grande. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(2), 381-393. DOI: 10.1590/S1519-99402014000200001

Silva, T. C., Dantas, P. A. S., Dórea, J. R. R., Santos, E. M., Zanine, A. M., & Pereira, O. G. (2011). Populações microbianas, perfil fermentativo e composição de silagens de capim-elefante com jaca. *Archivos de Zootecnia*, 60(230), 247-255. DOI: 10.4321/S0004-05922011000200009

Tabacco, E., Righi, F., Quarantelli, A., & Borreani, G. (2011). Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. *Journal of Dairy Science*, 94(3): 1409-1419. DOI: 10.3168/jds.2010-3538

Valadares Filho, S. C., Lopes, S. A., Machado, P. A. S., Chizzotti, M. L., Amaral, H. F., Magalhães, K. A., Rocha Junior, V. R., & Capelle, E. R. (2020). CQBAL 4.0. *Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos*. Recuperado de <https://cqbal.com.br/>!

Xavier, D. T. O., Brandão, V. M. D., Silva, F. N., Brandão, L. V., & Souza, R. A. L. (2016). Torta de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em dietas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). *Publicações de Medicina Veterinária e Zootecnia - PUBVET*, 10(11): 795-803. DOI: 10.22256/pubvet.v10n11.795-803

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Letícia da Silva Borges – 30%

Renato Mesquita Peixoto – 20%

Lerner Arévalo Pinedo – 20%

Betina Raquel Cunha dos Santos – 5%

Angelita Alecchandra Ribeiro – 5%

Palloma Vitória Carlos de Oliveira – 5%

Dayana Souza Amorim – 5%

Salvador Augusto Rufino González Chacón – 5%

Salenilda Soares Firmino – 5%