

**Silagem de parte aérea de araruta (*Maranta arundinacea*) com inclusão de polpa cítrica**  
**Aerial part silage of araruta (*Maranta arundinacea*) whit inclusion of citrus pulp**  
**Ensilaje de parte aérea de araruta (*Maranta arundinacea*) con inclusión de pulpa cítrica**

Recebido: 06/05/2020 | Revisado: 10/05/2020 | Aceito: 12/05/2020 | Publicado: 22/05/2020

**Divaney Mamédio**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3514-5982>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

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

**Daniele Rebouças Santana Loures**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6633-4930>

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil

E-mail: [drloures@ufrb.edu.br](mailto:drloures@ufrb.edu.br)

**Jeskarlandia Silva Barros**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7751-8279>

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil

E-mail: [jeskar\\_barros@hotmail.com](mailto:jeskar_barros@hotmail.com)

**Grazielle Ferreira Rocha**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1885-8868>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

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

**Resumo**

Objetivou-se com este estudo avaliar a composição química, as perdas de matéria seca e estabilidade aeróbia de silagem de parte aérea de araruta com inclusão de polpa cítrica, assim como validar a forragem como uma fonte alternativa de alimento para animais ruminantes. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizados em esquema fatorial 3x4 (níveis de inclusão de aditivo e tempo de abertura) com cinco repetições. A inclusão de 30% de aditivo promoveu aumento de 8,5% no conteúdo de matéria seca da silagem exclusiva. Foi demonstrado uma diminuição dos componentes fibrosos da massa de silagem quando comparada ao material *in natura*. A inclusão de polpa cítrica e tempos de abertura dos silos

não influenciaram o conteúdo de carboidratos não fibrosos. Porém, o aditivo promoveu aumento no conteúdo total de carboidratos das silagens. Não houve diferença estatística para as perdas de efluentes e gases. Somente a silagem com inclusão de 30% de polpa cítrica teve a menor recuperação de matéria seca. A média de temperatura máxima alcançada na silagem foi de 34,5°C. o tempo médio para aumento da temperatura foi de 67 horas para todas as silagens. A silagem de parte aérea de araruta pode ser utilizada na alimentação animal e se constitui um recurso forrageiro potencial para o uso na região semiárida.

**Palavras-chave:** Aditivo; Alimento alternativo; Bagaço de laranja; Conservação de forragem.

### **Abstract**

The aim of this study was to evaluate the chemical composition, dry matter losses and aerobic stability of aerial part silage of araruta whit inclusion of citrus pulp and validate the forage as an alternative source of food for ruminant animals. The experimental design was completely randomized factorial scheme 3x4 (inclusion levels of additive and opening times) with five replications. The inclusion of 30% of additive promoted an increase of 8.5% in the dry matter content to the exclusive silage. Fermented silage compared to the *in natura* material showed a decrease of the fibrous components. The inclusion of citrus pulp and silo opening times did not influence the non-fibrous carbohydrate content. However, the additive promoted increases in total carbohydrate content of silages. There was no statistical difference for effluent and gas losses. Silage only including 30% citrus pulp had the lowest dry matter recovery. The average maximum temperature reached by the silages was 34.5°C. The average time for temperature increase was 67 hours for all silages. Aerial part silage of araruta can be used in animal feed, and is a potential forage resource for use in semiarid region.

**Keywords:** Additive; Alternative food; Forage conservation; Orange bagasse.

### **Resumen**

El objetivo de este estudio fue evaluar la composición química, las pérdidas de materia seca y la estabilidad aeróbica de del ensilaje de parte aérea de araruta con inclusión de pulpa de cítricos, así como validar el forraje como una fuente alternativa de alimento para animales rumiantes. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado en un esquema factorial 3x4 (niveles de inclusión de aditivo y tiempos de apertura) con cinco repeticiones. La inclusión del 30% del aditivo promovió un aumento del 8,5% en el contenido de materia seca al ensilaje exclusivo. El ensilado fermentado en comparación con el material *in natura*, mostró una disminución de los componentes fibrosos. La inclusión de pulpa de cítricos y los tiempos de

apertura del silo no influyeron en el contenido de carbohidratos no fibrosos. Sin embargo, el aditivo promovió aumentos en el contenido total de carbohidratos de los ensilajes. No hubo diferencias estadísticas para las pérdidas de efluentes y gases. Solo el ensilaje con inclusión de un 30% de pulpa de cítricos tuvo la menor recuperación de materia seca. El promedio alcanzado de temperatura máxima por los ensilajes fue de 34,5°C. El tiempo promedio para el aumento de la temperatura fue de 67 horas para todos los ensilajes. El ensilaje de parte aérea de araruta puede ser utilizado en la alimentación animal, y se constituye un recurso forrajero potencial para el uso en la región semiárida.

**Palabras clave:** Aditivo; Alimento alternativo; Bagazo de naranja; Conservación de forraje.

## 1. Introdução

Araruta (*Maranta arundinacea*) es una de las muchas plantas forrajeras con potencial de conservación en forma de ensilaje, además de contribuir con la disminución del efecto negativo de la estacionalidad de la producción de forraje en regiones constantemente afectadas por la sequía.

Esta es una planta tropical, con una preferencia por suelos más arenosos, bien drenados y profundos, y que muestra buena tolerancia a las condiciones climáticas de las regiones áridas, con requerimiento mensual de lluvia de al menos 30 mm y temperaturas superiores a 22 °C (Feltran & Peressin, 2014). Presenta una producción de masa de hojas verdes a los 10 meses después de la siembra, con una variación entre 5.9 (Zárate & Vieira, 2005) y 9.9 t ha<sup>-1</sup>.

La *M. arundinacea* tiene toda su explotación dirigida a la industria de extracción de almidón, a partir de sus tubérculos, especialmente para el consumo humano, y toda su parte aérea es desechada sin la posibilidad de ser aprovechada como un subproducto.

Cabe señalar que, incluso con la búsqueda de nuevos productos que puedan utilizarse en la alimentación animal, no se encontró ningún trabajo en la literatura que propusiera el estudio de la calidad nutricional de su parte aérea y el uso por los animales. Por esta razón, se cree que esta planta demuestra potencial de uso como forraje conservada en forma de ensilaje.

El ensilaje es el método de conservación de forraje en ausencia de oxígeno, que cuando no es hecha correctamente, desencadena la ocurrencia de pérdidas de materia seca (MS), así como de su valor nutricional, principalmente después de la apertura del silo. Sin embargo, ya hay muchas investigaciones que han buscado reducir estas pérdidas a partir del uso de materiales aditivos, con el fin de mejorar la fermentación del ensilaje.

Según Henderson (1993), con la inclusión de aditivos es posible evitar las fermentaciones secundarias, secuestrar la humedad, incluso elevar el contenido de MS, y mejorar la estabilidad aeróbica del ensilaje. En este contexto, es posible obtener resultados positivos con la adición de pulpa de cítricos (PC) en el ensilado de la parte aérea de araruta (EPA).

El uso de residuos agroindustriales en la alimentación animal se constituye una alternativa potencial al uso de alimentos tradicionales, además de que algunos de ellos pueden servir como mejoradores nutricionales de la alimentación animal.

Dentro del grupo de estos residuos se encuentra la pulpa de cítricos. Este es un subproducto de la agroindustria de los cítricos, que representa el 50% de la fruta total con Rego et al. (2012), y presenta en la forma in natura 24,9% de MS, 8,03% de proteína bruta y 79,0% de nutrientes digestibles totales (Macedo et al., 2007). De acuerdo con Rego et al. (2012), la pulpa de cítricos se considera un material higroscópico.

Por lo tanto, se objetiva evaluar la composición química, la estabilidad aeróbica y la pérdida del ensilaje de la parte aérea de araruta con inclusión de pulpa de cítricos, así como, validar el forraje como una fuente alternativa de alimento para rumiantes.

## **2. Metodología**

Las investigaciones se llevan a cabo con el propósito de obtener nuevos conocimientos para la sociedad según lo recomendado por Pereira et al. (2018). Se lleva a cabo un experimento de naturaleza cuantitativa con un pequeño sesgo cualitativo.

El presente experimento se realizó en la Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil (12°40'0" de latitud Sur y 39°06'0" de longitud occidente, con respecto al meridiano de Greenwich).

El diseño experimental fue completamente aleatorizado, en un esquema factorial 3x4 (niveles de inclusión de aditivos y tiempos de apertura), con cinco repeticiones. El EPA consistió en: ensilaje exclusivo (EEx), menor nivel de inclusión de PC de 15% (E15) y mayor nivel de inclusión de PC de 30% (E30), en la materia natural del ensilaje.

La pulpa de cítricos se obtuvo deshidratando las cáscaras de naranja a pleno sol y luego se cortaron en el molino de grano. Antes del ensilado, se recogieron muestras del material original y posteriormente se analizaron en los laboratorios (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Materia seca (MS), materia orgánica (MO % en MS), proteína bruta (PB % en MS), extracto etéreo (EE % en MS), fibra en detergente neutro (FDN % en MS), fibra de detergente ácido (FDA % en MS), lignina (LIG % en MS), hemicelulosa (HEM % en MS), celulosa (CEL % en MS), carbohidrato no fibroso (CNF % en MS), fibra detergente neutra corregida para cenizas y proteínas (FDNcp % en MS) de parte aérea de araruta (*Maranta arundinacea*) y de pulpa de cítricos (PC).

ALI	MS	MO	PB	EE	FDN	FDA	LIG	HEM	CEL	CNF	FDNcp
EEx	14,90	95,84	20,23	1,95	33,19	29,54	2,86	3,65	30,33	62,50	28,52
E15	20,16	96,26	21,18	1,42	27,71	23,72	2,98	3,99	24,73	69,30	22,81
E30	16,10	95,70	23,03	2,36	32,25	26,40	3,90	5,85	28,35	64,93	25,45
PC	88,2	96,06	6,68	1,22	25,96	18,02	5,67	7,94	12,35	66,37	24,86

Alimento (ALI), ensilaje exclusivo (EEx) ensilaje con 15% de PC (E15), ensilaje con 30% de PC (E30).  
Fuente: autores.

Los ensilajes se hicieron en mini silos de tubo de PVC (10 cm de diámetro y 40 cm de largo), adaptados con válvula de tipo "Bunsen" para el escape de gases, y capacidad de aproximadamente 3 kg de ensilado. En la parte inferior de cada silo se colocó arena, separada del forraje por una pantalla de plástico, para la cuantificación del efluente.

El material ensilado fue compactado con un bastón de madera. Después del llenado, cada silo, con la tara previamente identificada, fue pesado, sellado y acondicionado en local ventilado. Los silos se abrieron a los 1, 7, 14 y 45 días después del sellado. En la apertura, los silos se pesaron de nuevo para determinar las pérdidas de MS durante el proceso de fermentación y luego se tomaron muestras de los ensilajes para el análisis química. Las muestras fueran pesadas y sometidas a presecado en estufa de ventilación forzada a 55°C por 72 horas, y luego se molió en molino estacionario "Thomas Wiley", adaptado con tamiz de 1 mm.

La materia seca, el extracto etéreo (EE), la materia orgánica (MO), la proteína bruta (PB) y la fibra detergente ácida (FDA) se determinaron de acuerdo con las metodologías descritas por Silva & Queiroz (2002). El contenido de fibra detergente neutro (FDN) se determinó de acuerdo con Mertens (2002), utilizando  $\alpha$ -amilasa termoestable y omitiendo el uso de sulfito de sodio. Los porcentajes de carbohidratos no fibrosos (CNF), hemicelulosa (HEM) y celulosa (CEL) se obtuvieron mediante las fórmulas matemáticas:  $CNF = (100 - MM - EE - FDNcp - PB)$ , donde FDNcp es el FDN corregido para cenizas y proteínas;  $HEM = FDN - FDA$ ;  $CEL = FDA - LIG$  y  $CT = (100 - PB - EE - MM)$  según lo recomendado por Sniffen et al. (1992).

La determinación de las pérdidas de ensilaje se realizó de acuerdo con Jobim et al. (2007). La recuperación de MS se obtuvo por la diferencia de peso de la materia de forraje en el momento del ensilaje y la apertura del silo y sus respectivos contenidos de MS.

La evaluación de la estabilidad aeróbica de los ensilajes se realizó poco después de la apertura de los silos, donde todo el contenido de ensilaje se distribuyó en cubetas de plástico descubiertas en una cantidad aproximada de 1,2 kg de ensilaje no compactado, envuelto en una habitación protegida y a temperatura ambiente. Los datos de la temperatura ambiente y del ensilaje se recogieron dos veces al día, a las 9 y 17 horas por 10 días. Para las lecturas de temperatura se usaron termómetros ubicados en el centro de la masa de forraje de cada cubo Bernardes et al. (2007).

Al final de los 10 días, se tomaron muestras del material para evaluar el porcentaje de pérdidas de MS. Para la evaluación de la estabilidad aeróbica de los ensilajes se consideró el tiempo observado en el que la masa de ensilaje aumentó 2°C en relación a la temperatura ambiente. Las variables de estabilidad aeróbica se evaluaron de acuerdo con las metodologías descritas por O'Kiely et al. (2002) y Jobim et al. (2007).

Los datos fueron probados en cuanto a la normalidad del error (prueba de Shapiro-wilk, Shapiro & Wilk, 1965) y la homogeneidad de la varianza (prueba de Bartlett, Bartlett, 1950). Luego de verificar el cumplimiento de estos supuestos, los datos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias comparadas por la prueba de Tukey, a 5% de significancia. Para el análisis de la interacción entre los factores estudiados, (inclusión de aditivo y tiempos de apertura) se utilizó la prueba de Tukey y la estabilidad aeróbica se efectuó por análisis de regresión.

Para el análisis de los datos fueron usados los procedimientos PROC GLM, PROC MEANS y PROC REG del paquete estadístico Statistical Analysis System – (SAS 9.1).

### **3. Resultados**

Hubo efecto significativo ( $P < 0.05$ ) de la inclusión de PC en los ensilajes en estudio. El ensilaje con inclusión de 30% de PC tuvo el mayor rendimiento de MS en comparación con los otros ensilajes. Los tiempos de apertura proporcionaron una reducción en la MS del ensilaje, como verificado en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Materia seca (MS %), extracto etéreo (EE % en MS), fibra de detergente ácido (FDA % en MS), lignina (LIG % en MS) y celulosa (CEL % en MS) de ensilaje de parte aérea de araruta (*Maranta arundinacea*) (EPA) con inclusión de pulpa de cítricos (PC).

Variables	Ensilaje de Parte Aérea de Araruta				EEM	P-valor
	EEx	E15	E30			
<sup>1</sup> MS	14,02c	19,97b	22,50a		2,5134	0,0000
<sup>1</sup> EE	3,36a	2,44b	2,58b		0,2862	0,0000
<sup>1</sup> FDA	31,68a	25,02b	26,13b		2,06	0,0000
<sup>1</sup> LIG	4,06a	3,13b	3,26b		0,2907	0,0132
<sup>1</sup> CEL	27,61a	21,89b	22,87b		1,7661	0,0000

  

Variables	Tiempo de apertura del silo (día)				EEM	P-valor
	1	7	14	45		
<sup>1</sup> MS	19,74a	18,81b	18,07b	18,70b	0,3444	0,0002
<sup>1</sup> EE	2,01b	2,95a	3,08a	3,14a	0,2646	0,0000
<sup>1</sup> FDA	26,29b	27,08ab	28,83a	28,25a	0,5716	0,0019
<sup>1</sup> LIG	3,64a	3,47a	3,64a	3,18a	0,1085	0,5702
<sup>1</sup> CEL	22,65b	23,60ab	25,18a	25,07a	0,6095	0,0043

<sup>1</sup>% en MS, Ensilaje exclusiva (EEx) ensilaje con 15% de PC (E15), ensilaje con 30% de PC (E30). Promedios con letras iguales seguidas en una misma columna no difieren estadísticamente, según Tukey (P <0.05). Fuente: autores.

Los niveles de EE, FDA, LIG y CEL fueron mayores en el ensilaje exclusivo y mostraron una tendencia al aumento con el avance de los días de fermentación, excepto la LIG que no tuvo su contenido influenciado por los tiempos de apertura de los silos (Cuadro 2).

La distribución de las interacciones entre ensilajes y tiempos de apertura se presentará en el Cuadro 3. El contenido promedio de MO de los ensilajes fue de 91%. No se observaron cambios en la MO del E30 en los diferentes tiempos de apertura, es decir, la materia orgánica se mantuvo estable.

La inclusión de PC en los ensilajes alteró el porcentaje de MO, en comparación con EEx, excepto en el último tiempo de apertura del silo (45 días), donde el E15 y EEx se mostró estadísticamente iguales (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Efecto de la interacción entre la inclusión de pulpa de cítricos (PC) y los tiempos de apertura del silo (día) sobre los contenidos de materia orgánica (MO % en MS), fibra en detergente neutro (FDN % en MS), hemicelulosa (HEM % en MS), carbohidrato no fibroso (CNF % en MS), fibra en detergente neutro corregida para cenizas y proteínas (FDNcp % en MS), carbohidratos totales (CT % en MS) y proteína bruta (PB % en MS) de ensilaje de parte aérea de araruta (*Maranta arundinacea*) (EPA) con inclusión de pulpa de cítricos (PC).

Ensilaje	Tiempos de apertura del silo (día)				EEM	P-valor EPA x PA
	1	7	14	45		
-----Materia Orgánica-----						
EEx	87,86Cb	86,85Cbc	85,94Cc	91,39Ba	1,1929	0,0001
E15	89,80Bb	91,73Ba	92,06Ba	91,96Ba	0,5337	
E30	94,22Aa	93,95Aa	93,84Aa	93,65Aa	0,1191	
-----Fibra en Detergente Neutro-----						
EEx	66,14Aa	62,00Aa	66,29Aa	64,27Aa	1,0031	0,0339
E15	42,42Cb	47,16Bab	49,17Ba	47,36Bab	1,4419	
E30	49,51Bab	46,66Bb	52,48Ba	46,93Bb	1,3567	
-----Hemicelulosa-----						
EEx	35,68Aa	31,69Ab	33,70Aab	30,92Ab	1,0691	0,0175
E15	19,48Ca	21,72Ba	22,70Ba	22,15Ba	0,7066	
E30	24,03Bab	21,21Bab	25,05Ba	20,76Bb	1,0512	
-----Carbohidrato no Fibroso-----						
EEx	39,64Cc	36,91Bc	43,44Bb	56,20Aa	4,2664	0,0010
E15	47,08Bb	52,09Aa	51,57Aa	51,14Ba	1,1466	
E30	52,58Aa	54,53Aa	53,84Aa	55,71Aa	0,6544	
-----FDN corregida para Cenizas y Proteínas-----						
EEx	23,02Aa	22,88Aa	17,20Ab	12,20Bc	2,5912	0,0001
E15	17,79Ba	18,20Ba	18,52Aa	18,35Aa	0,156	
E30	20,20ABa	18,11Ba	18,74Aa	17,91Aa	0,5178	
-----Carbohidratos Totales-----						
EEx	62,66Bb	59,79Bb	60,63Bb	68,40Ba	1,9393	0,0000
E15	64,87Bb	70,29Aa	70,08Aa	69,49Ba	1,2821	
E30	72,78Aa	72,64Aa	72,58Aa	73,61Aa	0,2395	
-----Proteína Bruta-----						
EEx	22,82Aa	23,56Aa	21,81Aa	18,90ABb	1,0225	0,0003
E15	23,31Aa	18,86Bb	19,21Bb	19,66Ab	1,0298	
E30	19,42Ba	18,53Ba	18,26Ba	17,53Ba	0,3904	

Ensilaje exclusivo (EEx), ensilaje con 15% de PC (E15), ensilaje con 30% de PC (E30), Error estándar de la media (EEM). Promedios con letras iguales seguidas en una misma columna con letras mayúsculas y minúsculas en una misma fila, no difieren estadísticamente, según Tukey (P <0.05).

Fuente: Autores.

El ensilaje con mayor contenido de FDN y HEM fue EEx, con un promedio de 65 y 33%. La inclusión de PC al material ensilado proporcionó una reducción en el contenido de estos componentes fibrosos.



Con la inclusión de PC, los contenidos de CNF para el E30 permanecieron constantes por todo el período de fermentación del ensilaje, mostrando un promedio de 54%. Cuando se compararon los ensilajes con inclusión de PC y el ensilaje exclusivo, se observó que la inclusión promovió el aumento del CNF, con la excepción del EEx a los 45 días de la apertura, que fue estadísticamente igual a E30 y superior a E15.

En cuanto al contenido de CT, se observaron incrementos crecientes a medida que se hacia la inclusión de PC al ensilaje, y las concentraciones más altas se demostraron en el E30, con un promedio al alrededor del 73%.

Para el contenido de PB de la EEx, los mayores fueron registrados en los tiempos de apertura 1, 7 y 14, en cuanto que, en la E15, el mayor contenido de PB fue observado en el primer día de apertura. Para el E30, no hubo diferencia entre los tiempos de apertura (Cuadro 3).

La inclusión de PC no promovió la reducción en los procesos de pérdidas por efluentes y gases, en comparación con el ensilado exclusivo. Hubo una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para la recuperación de materia seca, que presentó un valor más bajo en E30 (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Pérdidas por efluentes (%) y gases (%) y recuperación de materia seca (RMS) de ensilaje de parte aérea de araruta (*Maranta arundinacea*) (EPA) con inclusión de pulpa de cítricos (PC).

Variables (%)	Ensilaje de Parte Aérea de Araruta			EEM	P-valor
	EEx	E15	S30		
Efluentes	0,30	0,52	0,71	0,2310	0,6184
Gases <sup>1</sup>	5,06	3,49	3,97	0,9231	0,0739
RMS	86,04a	84,97a	84,06b	0,5324	0,0004

  

Variables (%)	Tiempos de apertura del silo (día)				EEM	P-valor
	1	7	14	45		
Efluentes	0,08	0,26	1,20	0,35	0,2352	0,3731
Gases <sup>1</sup>	0,50b	1,88b	2,24b	12,08a	1,2703	0,0004
RMS	85,38	84,71	84,62	84,49	0,5332	0,4058

<sup>1</sup>MS, ensilaje exclusivo (EEx) ensilaje con 15% de PC (E15), ensilaje con 30% de PC (E30), Error estándar de la media (EEM). Promedios con letras iguales seguidas en una misma fila no difieren estadísticamente, según Tukey ( $P < 0.05$ ). Fuente: Autores.

Con respecto a los tiempos de apertura de los silos, solo la variable de pérdida de gas difirió estadísticamente ( $P < 0.05$ ), y para el día de apertura 45, hubo una mayor pérdida de gas. Hubo un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) para todas las variables relacionadas con el estudio de la estabilidad aeróbica (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Temperatura máxima ( $T_{max}$ ), número de horas para alcanzar la temperatura máxima ( $HT_{max}$ ), temperaturas acumuladas ( $\Sigma$  5 y 10 días), tiempo para elevar la temperatura ( $T_{elevación}$ ) y temperatura promedio ( $T_{med}$ ) de ensilaje de parte aérea de araruta (*Maranta arundinacea*) (EPA) con inclusión de pulpa de cítricos (PC).

Variables	Ensilaje de Parte Aérea de Araruta			EEM	P-Valor
	EEx	E15	E30		
$T_{max}$ (°C)	33,00 ± 0,20b	35,12 ± 3,16b	35,37 ± 0,77a	0,4352	0,0289 <sup>1</sup>
$HT_{max}$ (horas)	90,75 ± 5,92	97,50 ± 5,75	103,50 ± 9,00	4,0021	0,4713
$\Sigma$ 05 (días)	5,00 ± 0,84b	7,19 ± 1,12b	9,62 ± 1,12a	0,7866	0,0353 <sup>2</sup>
$\Sigma$ 10 (días)	9,00 ± 1,24b	15,56 ± 1,44b	21,37 ± 2,17a	1,7552	0,0018 <sup>3</sup>
$T_{elevación}$ (horas)	67,50 ± 3,00	70,50 ± 6,00	75,50 ± 7,55	3,6181	0,2119
$T_{med}$ (°C)	30,45 ± 0,12b	31,11 ± 0,14a	31,69 ± 0,22a	0,1754	0,0018 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> $\hat{Y} = 32,12500 + 1,18750 * X$  ( $R^2 = 0,4513$ ); <sup>2</sup> $\hat{Y} = 2,64583 + 2,31250 * X$  ( $R^2 = 0,5238$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = 2,93750 + 6,18750 * X$  ( $R^2 = 0,7532$ ); <sup>4</sup> $\hat{Y} = 29,84417 + 0,61875 * X$  ( $R^2 = 0,7538$ ).

Ensilaje exclusivo (EEx) ensilaje con 15% de PC (E15), ensilaje con 30% de PC (E30), Error estándar de la media (EEM). Promedios con letras iguales seguidas en una misma fila no difieren estadísticamente, según Tukey ( $P < 0.05$ ). Fuente: Autores.

La  $T_{max}$  promedio alcanzado por los ensilajes fue de 34,5 °C, es decir, por encima de 4,9 °C en comparación con la temperatura ambiente de 29,6 °C. El  $T_{max}$  más alto se observó en E30, que mostró la temperatura máxima después de 81 horas de la apertura del silo.

Hubo un aumento de las variables de temperatura acumulada en °C ( $\Sigma$  5 y 10 días) con la inclusión de PC. La temperatura acumulada fue más alta para el E30 en comparación con los otros ensilajes.

La inclusión de PC en los ensilajes no promovió el efecto ( $P > 0.05$ ) para la variable  $T_{elevación}$  de la masa de forraje, que presentó temperaturas superiores al ambiente en 2 °C. Los ensilajes (EEx, E15 y E30) rompieron la estabilidad aeróbica con 72, 81 y 48 horas, respectivamente.

#### 4. Discussão

El contenido de MS ejerce una gran influencia en la fermentación y conservación del material ensilado. Fue verificado en este estudio que la inclusión de PC promovió un aumento de cerca de 38% en el contenido de MS del ensilaje (Cuadro 1 y 2). Este aumento se debió al poder adsorbente de la PC (Brandão et al., 2013). Sin embargo, el contenido de MS se encuentra por debajo del valor esperado para un ensilaje de buena calidad.

Los valores de EE están dentro de los niveles aceptables en una dieta para rumiantes, una vez en que consta en la literatura que dietas con concentraciones mucho elevadas pueden interferir en las actividades de los microorganismos ruminales. Aunque este componente no expresa la fracción lipídica que realmente contribuye al metabolismo animal, ya que también presenta compuestos no energéticos (Pedó et al., 2008).

El tiempo de fermentación del material ensilado contribuyó para el aumento de la FDA, posiblemente debido al mayor consumo de carbohidratos solubles por los microorganismos (Cuadro 2) (Coan et al., 2007; Evangelista et al., 2009). Los altos niveles de FDA en una dieta son indeseables debido a su bajo uso por parte de los animales, además de correlacionarse negativamente con la digestibilidad de la MS (Silva et al., 2015). La evaluación del contenido de la fracción fibrosa de un ensilaje permite conocer el valor nutricional de los alimentos, ya que estos aportan una cantidad significativa de energía a bajo costo, así como también emergen en la evaluación de la disponibilidad energética (Detmann et al., 2004), siendo considerado un factor inversamente proporcional al valor energético y calidad de los alimentos, y se relaciona con el mecanismo regulador del consumo de voluminosos por ocupar mucho espacio en el rumen (Oliveira et al., 2015).

En este estudio, la relación entre los valores de FDN y FDA, y los contenidos de MS fue evidente, ya que el aumento de uno resultó en la disminución del otro, y esto se volvió más expresivo con la inclusión de PC (Cuadro 2 y 3). Con el avance de los días de fermentación de los ensilajes, hubo poca diferencia en el contenido de fibra, mismo que en este proceso haya un aumento del contenido celular en función del consumo de carbohidratos solubles por los microorganismos, como fue comentado por Coan et al. (2007).

Con respecto a los contenidos de LIG, los resultados encontrados pueden explicarse por el hecho de que la parte aérea de araruta se cosechó a los 10 meses de edad, cuando sus hojas aún no han alcanzado el punto de madurez fisiológica, lo que puede haber influido en el valor nutritivo del material ensilado, y por lo tanto se refleja en el bajo contenido de lignina. Esta, es considerada como el principal factor inhibidor de la degradación de los carbohidratos

en la pared celular en el rumen y el conocimiento de su concentración en una dieta permite determinar qué parte del alimento presenta efectos nocivos en la digestión del contenido celular (Gomes et al., 2011). La lignina es resistente a la degradación ruminal y solo una pequeña parte de ella puede ser parcialmente solubilizada, dependiendo del tipo de unión existente (Raffrenato et al., 2017).

En estudios sobre la relación entre la composición química y la digestibilidad de los pastos tropicales se queda bien aclarado lo que se discutió en los párrafos anteriores, una vez que hay una fuerte correlación negativa entre los componentes FDN, FDA y LIG, con la digestibilidad del alimento (Mahyuddin, 2008).

En relación a la hemicelulosa, su solubilización se debe a la hidrólisis de enlaces de tipo éster covalente entre la lignina y los carbohidratos estructurales (Lopes et al., 2009), y esta solubilización ocurre al inicio de la fermentación del ensilaje, a través de la acción de microorganismos, cuando hay ausencia de carbohidratos solubles (Evangelista et al., 2009).

La inclusión de PC aumentó el CNF debido a que, con el aumento en los días de fermentación, hubo una mayor degradación de los carbohidratos fibrosos por los microorganismos, reduciendo así la porción estructural del forraje. Se observa que este aumento en el CNF fue inversamente proporcional a los niveles de FDA (Cuadro 2) y FDN (Cuadro 3). El aumento del CNF puede considerarse un buen indicador de una mejor digestibilidad de los alimentos, por esta más disponible durante el proceso de digestión.

En estudios con ensilajes de *Stylosanthes* spp., se ha demostrado que el aumento del tiempo de apertura del silo redujo las concentraciones de CT en los ensilajes, una vez que este es el sustrato principal utilizado en la fermentación microbiana (Silva et al., 2014). Sin embargo, en este estudio se observó que la inclusión de PC incrementó la CT, así como el aumento para el tiempo de apertura correspondió al aumento del CT.

Hubo reducción de la PB a medida que se aumentó los niveles de inclusión de PC y se aumentó el tiempo de fermentación de los ensilajes. Posiblemente, la reducción en los contenidos de PB puede estar asociada a pérdidas de efluentes debido al material ensilado presentar un alto contenido de humedad, como lo mencionaron Loures y Nussio (2002).

El promedio general de PB presentado por la EPA fue de alrededor del 20%, considerándose un contenido adecuado para un ensilaje de buena calidad. El valor encontrado en este estudio está muy por encima del contenido mínimo (7% de PB), necesario para garantizar una buena fermentación ruminal (Sampaio et al., 2009).

Con respecto a las pérdidas de MS, estas pueden relacionarse con el aumento de la producción de gas, promovido por la fermentación a partir de los microorganismos

productores de CO<sub>2</sub>, sin embargo, los resultados referentes a las pérdidas por efluentes y gases obtenidos en este estudio, no demostró esta relación (Cuadro 4). Algunos factores, a ejemplo del mayor contenido de MS, grado de compactación y tipo de silo, pueden reducir la ocurrencia de pérdidas de efluentes en el ensilaje (Oliveira et al., 2010), así como el alto contenido de humedad del material ensilado puede aumentar estas pérdidas por favorecer el desarrollo de bacterias responsables por la fermentación indeseable (Pires et al., 2009).

La utilización de la PC en este estudio objetivó reducir la humedad de la parte aérea de araruta, y con eso aumentar la MS (Cuadro 2) y reducir las pérdidas durante el proceso de fermentación por el deterioro de la masa de forraje, así como mencionado en los estudios de Santos et al. (2010). Estos procesos de pérdida de gas influyen directamente en la recuperación de la materia seca de la masa de ensilaje (Pedroso et al., 2005).

Para tener una buena fermentación y reducir las pérdidas, el forraje debe tener entre 28 y 40% de MS, siendo que contenidos inferiores a este pueden favorecer fermentaciones secundarias, provocar altas pérdidas de nutrientes y de efluentes, formación de productos que deprecian el valor nutritivo del ensilaje y la actuación de microorganismos indeseables, mientras que los valores superiores al 40% causan problemas relacionados con la baja compactación (Jobim et al., 2009). Otro factor que influye en la cantidad de gases producidos es el tiempo de almacenamiento del ensilaje, siendo este debido a la acción de microorganismos indeseables, consumidores de carbohidratos, lo que lleva a las pérdidas de MS en forma de CO<sub>2</sub> y diferentes compuestos orgánicos volátiles (Junges, 2010).

Para la estabilidad aeróbica, se observó que las altas temperaturas de la masa de ensilaje (Cuadro 5) contribuyeron al intenso crecimiento de microorganismos descomponedores de carbohidratos y para la aceleración del deterioro de la masa de forraje, así como el expuesto por Ashbell et al. (2002). Este comportamiento se puede explicar debido a los ensilajes presentaren un alto contenido de humedad (Cuadro 1 y 2), así como un alto contenido de carbohidratos solubles, lo que provoca un aumento en la temperatura de la masa del ensilaje.

El aumento de la MS proporcionado por la inclusión de PC puede haber contribuido a que hubiera un incremento el tiempo de elevación de la temperatura de la masa de forraje, además del alcance de la temperatura máxima, con la reducción en los contenidos de carbohidratos solubles e inicio del proceso de deterioro, así como observado en los estudios de (Rodrigues et al., 2007).

El conocimiento de cómo se comporta cada ensilaje después de pasar por sus procesos de fermentación dentro del silo y principalmente fuera de él, nos permite utilizar herramientas

tales como el uso de PC, que contribuirá a la mejora de su valor nutricional o la estabilización de sus patrones de fermentación, ayudando en la toma de decisión como por cuánto tiempo y cuándo alimentar a los animales.

## 5. Considerações Finais

La inclusión de pulpa de cítricos contribuyó para aumentar el contenido de materia seca del ensilaje de parte área de araruta, pero el aumento en la inclusión de este aditivo no contribuyó a una mejor recuperación de la materia seca. Aun así, el uso de pulpa de cítricos como un aditivo alternativo para el ensilaje es válido, por dar un destino a estos residuos y contribuir con la reducción de los daños ambientales.

El ensilaje de parte área de araruta presentó buenos valores proteicos para la alimentación animal y se constituye como un recurso forraje potencial para el uso en regiones semiáridas. Sin embargo, se sugiere que esta investigación se repita en condiciones de laboratorio y luego a nivel de campo, considerando la posibilidad de otros niveles de inclusión de pulpa de cítricos, y la realización de pruebas de digestibilidad y su aceptabilidad por los animales rumiantes.

## Referências

Ashbell, G, Weinberg, ZG, Hen, Y & Filya, I. (2002). The effect of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silage. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 28(5), 261-263. doi:10.1038/sj/jim/7000237

Bartlett, MS. (1950). Tests of significance in factor analysis. *British Journal of statistical psychology*. 3(1), 77-85. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1950.tb00285.x>

Bernardes, TF, Reis, RA, Siqueira, GR, Amaral, RC & Pires, AJV. (2007). Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-Marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4), 754-762.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000400002>

Brandão, LGN., Pereira, LGR, Azevêdo, JAG, Santos, RD, Araújo, GGL, Dórea, JRR & Neves, ALA. (2013). Efeito de aditivos na composição bromatológica e qualidade de silagens

de coproduto do desfibramento do sisal. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(6), 2991-3000.  
doi:10.5433/1679-0359.2013v34n6p2991

Coan, RM, Reis, RA, Garcia, GR., Schocken-Iturrino, RP, Ferreira, DS, Resende, FD & Gurgel, FA. (2007). Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins Tanzânia e Marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(5), 1502-1511. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000700007>

Detmann, E, Zervoudakis, JT, Cabral, LD, Rocha Jr, VR, Valadares Filho, SD, Queiroz, AD, Ponciano, NJ, Fernandes, AM. (2004). Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6), 1866-75. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000700026>

Evangelista, AR, Siqueira, GR, Lima, JÁ, Lopes, J & Rezende, AV. (2009). Perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar com e sem inclusão de milho desintegrado com palha e sabugo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(1), 20-26.

Feltran, JC & Peressin, VA. (2014). Araruta. In A. T. E. Aguiar, C. Gonçalves, MEAGZ. Paterniani, MLS, Tucci, & CEF. Castro (Eds.), *Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas* (pp. 36-38). Campinas: Instituto Agronômico.

Gomes, DI, Detmann, E, Valadares Filho, SD, Fukushima, RS, Souza MA, Valente, TN, Paulino, MF & Queiroz, AC. (2011). Evaluation of lignin contents in tropical forages using different analytical methods and their correlations with degradation of insoluble fiber. *Animal Feed Science and Technology*, 168(3-4), 206-22.  
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.05.001>

Henderson, N. (1993). Silage additives. *Animal feed science technology*, 45(1), 35-56.  
[https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90070-Z](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90070-Z)

Jobim, CC, Nussio, LG, Reis, RA & Schmidt, P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4), 101-119.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>

Jobim, CC, Pereira Filho, JM & Silva, AMA. (2009). Utilização de forragens conservadas na região semi-árida do nordeste do Brasil. In: Bakke, IA, Bakke, AO, Silva, AMA, Melo, AC, Freire, ALO, Lôbo, KMS. (Eds.), *Sistemas Agrossilvi pastoris no Semi-Árido* (pp. 31-46). Campina Grande (PB): Editora Universitária.

Junges, D. (2010). *Aditivo microbiano na silagem de milho em diferentes tempos de armazenamento e avaliação da estabilidade aeróbia por termografia em infravermelho*. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

Lopes, WB, Vieira Pires, AJ, Porto Sales, RM, Pinto de Carvalho, GG, Bonomo, P & Reis Raposo, CM. (2009). Capim-elefante tratado com compostos alcalinos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(3), 714-722. Recuperado de <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1315/867>

Loures, DRS & Nussio, LG. (2002). Produção de efluente em silagens úmidas. São Paulo: BeefPoint. Acesso em 25 novembro de 2019. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/producao-de-efluente-em-silagens-umidas-6526/>.

Macedo, CAB, Mizubuti, IY, Moreira, FB, Pereira, ES, Ribeiro, ELA, Rocha, MA, Ramos, BMO, Mori, RM, Pinto, A, Alves, TC & Casimiro, TR. (2007). Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de bagaço de laranja em substituição à silagem de sorgo na ração. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(6), 1910-1916. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800027>

Mahyuddin, P. (2008). Relationship between chemical component and in vitro digestibility of tropical grasses. *HAYATI Journal of Biosciences*, 15(2), 85-89. <https://doi.org/10.4308/hjb.15.2.85>

Mertens, DR. (2002). Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 85(6), 1217-1240.



O'kiely, P, Moloney, A & O'riordan, EG. (2002). *Reducing the cost of beef production by increasing silage intake*. Dunsany (Co): Grange Research Centre.

Oliveira, LB, Pires, AJ, Carvalho, GG, Ribeiro, LS, Almeida, VV & Peixoto, CA. (2010). Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1), 61-67. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100008>

Oliveira, VS, Silva Morais, JA, Fagundes, JL, Santos Santana, JC, Lima IG & Santos, CB. (2015). Produção e composição químico-bromatológica de gramíneas tropicais submetidas a dois níveis de irrigação. *Archives of Veterinary Science*, 20(2), 27-36.  
<http://dx.doi.org/10.5380/avs.v20i2.36337>

Pedó, LFB, Nornberg, JL, Velho, JP, Hentz, F, Henn, JD, Barcellos, JOJ, Velho, IMPH & Marx, FR. (2008). Fracionamento dos carboidratos de silagens de milho safrinha colhidas em diferentes alturas de corte. *Ciência Rural*, 39(1), 188-194. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008005000053>

Pedroso, AD, Nussio, LG, Paziani, SD, Loures, DR, Igarasi, MS, Coelho, RM, Packer, IH, Horii, J & Gomes, LH. (2005). Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. *Scientia Agricola*, 62(5), 427-32. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000500003>

Pereira, AS, Shitsuka, DM, Parreira, FJ & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:  
[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Pires, AJ, Carvalho, GG, Garcia, R, Carvalho Jr, JN, Ribeiro, LS & Chagas, DM. (2009). Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(1), 34-9. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100005>

Raffrenato, E, Fievisohn, R, Cotanch, KW, Grant, RJ, Chase, LE & Van Amburgh, ME. (2017). Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on in vitro and in vivo neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages. *Journal of Dairy Science*, 100(10), 8119-8131. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12364>

Rego, FCA, Ludovico, A, Silva, LC, Lima, LD, Santana, EW & Françoze, MC. (2012). Perfil fermentativo, composição bromatológica e perdas em silagem de bagaço de laranja com diferentes inoculantes microbianos. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(6Supl2), 3411-3420. doi: 10.5433/1679-0359.2012v33Supl2p3411

Rodrigues, PHM, Lobo, JR, Silva, ED, Borges, LFO, Meyer, PM & Demarchi, JJAA. (2007). Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(6), 1751-1760. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800007>

Sampaio, CB, Detmann, E, Lazzarini, I, Souza, MA, Paulino, MF & Valadares Filho, SD. (2009). Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(3), 560-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000300023>

Santos, MVF, Gómez, AG, Perea, JM, García, A, Guim, A & Pérez, M. (2010). Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. *Archivos de Zootecnia*, 59(R), 25-43. <https://doi.org/10.21071/az.v59i232.4905>

Shapiro, SS & Wilk, MB. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52, 591-611. doi: 10.2307/2333709

Silva, DJ & Queiroz, AC. (2002). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: Editora UFV.

Silva, MDA., Carneiro, MSS., Pinto, AP, Pompeu, RCFF, Silva, DS, Coutinho, MJF & Fontenele, RM. (2015). Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(1), 571-578. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p571

Silva, MS, Jobim, CC, Nascimento, WG, Ferreira, GD & Oliveira, MR. (2014). Uso de aditivos e tempo de abertura dos silos em silagens de estilosantes campo grande. *Brasileira de*

*Saúde e Produção Animal*, 15(2), 381-393. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402014000200001>

Sniffen, CJ, O’connor, JD, Van Soest, PJ, Fox, DG & Russell, JB. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3562-3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>

Zárate, NAH & Vieira, MC. (2005). Produção da araruta “comum” proveniente de três tipos de propágulos. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(5), 995-1000. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000500012>

**Porcentaje de contribución de cada autor en el manuscrito**

Divaney Mamédio - 50%

Daniele Rebouças Santana Loures - 30%

Jeskarlandia Silva Barros - 10%

Grazielle Ferreira Rocha - 10%