

Artículo de revisión

Perspectivas do uso de extratos de plantas amazônicas (açai, copaíba, salva-do-marajó, pupunha e bacuri) como potenciais moduladores da fermentação ruminal: um breve panorama

Perspectives on the use of extracts from Amazonian plants and fruits (açai, copaiba, salva-do-marajo, pupunha and bacuri) as potential modulators of ruminal fermentation: a brief overview

Perspectivas del uso de extractos de plantas y frutos amazónicos (açai, copaíba, salva-do-marajó, pupunha y bacuri) como potenciales moduladores de la fermentación ruminal: un breve panorama

Gabriela de Jesus Coelho ^{1*} Zoot, MSc. ✉ [ORCID](#), Julián Andrés Castillo Vargas ¹ Quim, MSc, PhD. [ORCID](#), Tiago Costa de Araújo ¹ Quim. [ORCID](#), Raylon Pereira Maciel ¹ Zoot, MSc, PhD. [ORCID](#), Kaliandra Souza Alves ¹ Zoot, MSc, PhD. [ORCID](#), Daiany Iris Gomes ¹ Zoot, MSc, PhD. [ORCID](#), Rafael Mezzomo ¹ Zoot, MSc, PhD. [ORCID](#)

* Autor de correspondencia.

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, Pará.

Fecha correspondencia:

Recibido: junio 08 de 2022.

Aceptado: septiembre 12 de 2022.

Forma de citar:

Coelho G de J, Vargas JAC, Costa de Araújo T, Pereira Maciel R, Souza Alves K, Gomes DI Mezzomo R.

Perspectivas do uso de extratos de plantas amazônicas (açai, copaíba, salva-do-marajó, pupunha e bacuri) como potenciais moduladores da fermentação ruminal: um breve panorama. CES Med. Zootec. 2022; 17(2): 36-62.

<https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.6773>

Resumo

Na flora amazônica, incontáveis plantas possuem compostos bioativos, que potencialmente podem ser utilizados como moduladores da fermentação ruminal. Apesar da importância, poucos estudos têm sido desenvolvidos para avaliar a utilização de plantas amazônicas como aditivos alimentares naturais na nutrição de ruminantes. Assim, objetiva-se apresentar um panorama dos dados científicos da literatura sobre os efeitos do uso dos extratos de açai, copaíba, salva-do-marajó, pupunha e bacuri na fermentação ruminal e os seus potenciais de utilização na dieta de ruminantes. O açai (*Euterpe oleracea* Mart.), possui 16,08 mg/g de matéria seca de flavonoides, compostos com potente ação antimicrobiana. Estudos com suplementação do óleo de açai tem mostrado efeitos modulatórios na fermentação ruminal e na produção de leite de ovelhas e vacas. Adicionalmente, a oleoresina de copaíba (*Copaifera* spp.) e a

[Open access](#)[© Derecho de autor](#)[Licencia creative commons](#)[Ética de publicaciones](#)[Revisión por pares](#)[Gestión por Open Journal](#)[System](#)

DOI: 10.21615/cesmvz.6773

ISSNe: 1900-9607

[Publica con nosotros](#)

manteiga das sementes de bacuri (*Platonia insignis* Mart.), possuem, respectivamente, 88% e 41% de terpenos; a composição fitoquímica do óleo de salva-do-marajó (*Hyptis crenata* Pohl ex Benth) ainda não está completamente caracterizada, mas esta fonte está majoritariamente composta por terpenos cânfora (33,62%), 1,8-cineol (19,76%) e α -pineno (15,24%), que apresentam atividade in vitro antimicrobiana, capaz de reduzir a produção total de gás em ambiente ruminal in vitro. A pupunha, fruto da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.), possui 355,95 mg/kg de carotenoides, com efeito

antimicrobiano in vitro contra algumas cepas bacterianas. Os achados desta revisão demonstram as potencialidades dos extratos amazônicos na maximização da produção animal, em razão dos possíveis efeitos na modulação da fermentação ruminal, sendo encorajada a realização de estudos adicionais visando uma maior exploração deles. Embora, atualmente, não existam estudos associados aos efeitos do açaí, salva-do-marajó, pupunha e bacuri na fermentação ruminal, pressupõe-se que pela sua composição fitoquímica, poderiam ter um efeito semelhante aos ionóforos na produção de ruminantes.

Palavras-chave: *aditivo; antimicrobiano; metabólito secundário; microbiota ruminal; ruminante.*

Abstract

In the Amazonian Forest, diverse plants have bioactive compounds, which can potentially be used as modulators of ruminal fermentation. Despite the importance, few studies have been developed to evaluate the use of extracts from Amazonian plants as natural feed additives in ruminant nutrition. Thus, the objective of this study is to present a brief overview of the scientific data in the literature regarding the effects of the use of extracts of açaí, copaíba, sage-do-marajó, peach palm, and bacuri on the ruminal fermentation and their potential for use in the diet of ruminants. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) has 16.08 mg/g of dry matter of flavonoids, compounds with potent antimicrobial activity. Studies with açaí oil supplementation have shown modulatory effects on rumen fermentation and milk production in sheep and cows. Additionally, the copaiba oleoresin (*Copaifera* spp.) and the bacuri (*Platonia insignis* Mart.) seed butter have 88% and 41% of terpenes, respectively; the phytochemical composition of marajó sage oil (*Hyptis crenata* Pohl ex Benth) is not completely resolved, but this source is mostly composed of the terpenes, camphor (33.62%), 1,8-cineole (19.76%) and α -pinene (15.24%), which have in vitro antimicrobial effects against different bacterial strains. The findings of this review demonstrate the potential of Amazonian extracts in maximizing animal production, due to the possible effects on the modulation of ruminal fermentation, being encouraged to carry out additional studies aiming at a greater exploration of them. Although, there are no current studies associated with the effects of açaí, sage, peach palm, and bacuri on rumen

fermentation, it is inferred that, due to their phytochemical composition, they may have a similar effect to ionophores on ruminant production.

Keywords: *additive; antimicrobial; secondary metabolite; ruminal microbiota; ruminant.*

Resumen

En la selva amazónica, innumerables plantas poseen compuestos bioactivos, que potencialmente pueden ser utilizados como moduladores de la fermentación ruminal. A pesar de la importancia, han sido desarrollados pocos estudios evaluando el uso de extractos de plantas amazónicas como aditivos alimentarios naturales en la nutrición de rumiantes. Así, el objetivo de este estudio es presentar un breve panorama de los datos científicos en la literatura sobre los efectos del uso de extractos de açai, copaíba, salvia-do-marajó, chontaduro y bacuri en la fermentación ruminal y su potencial de uso en la dieta de los rumiantes. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) tiene 16,08 mg/g de materia seca de flavonoides, compuestos con potente acción antimicrobiana. Los estudios con suplementos de aceite de açai han demostrado efectos moduladores sobre la fermentación ruminal y la producción de leche en ovejas y vacas. Adicionalmente, la oleorresina de copaiba (*Copaifera* spp.) y la mantequilla de semilla de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) poseen 88% y 41% de terpenos, respectivamente; la composición fitoquímica del aceite de salvia de marajó (*Hyptis crenata* Pohl ex Benth) no está completamente resuelta, sin embargo esta fuente está mayoritariamente compuesta de los terpenos alcanfor (33,62%), 1,8-cineol (19,76%) y α -pineno (15,24%), los cuales poseen efecto antimicrobiano in vitro frente a diferentes cepas bacterianas. Los hallazgos de esta revisión demuestran el potencial de los extractos amazónicos en la maximización de la producción animal, debido a sus posibles efectos sobre la modulación de la fermentación ruminal, siendo incentivados a realizar estudios adicionales con el objetivo de una mayor exploración de estos. Aunque actualmente no existen estudios asociados a los efectos del açai, la salvia, el chontaduro y el bacuri en la fermentación ruminal, se supone que, por su composición fitoquímica, podrían tener un efecto similar a los ionóforos en la producción de rumiantes.

Palabras clave: *aditivo; antimicrobiano; metabolito secundario; microbiota ruminal; rumiante.*

Introdução

O aumento projetado da população global para nove bilhões de pessoas em 2050 ⁽⁴⁴⁾ e a crescente demanda por práticas sustentáveis que minimizem os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, tem intensificado as mudanças na indústria pecuária para atender às expectativas mundiais de produção. Dessa forma, a adoção de estratégias alimentares, como o uso de aditivos alimentares na nutrição de animais ruminantes, são uma alternativa para produzir de forma mais eficiente, além de reduzir o ônus ambiental.

O Brasil possui grande diversidade de flora, com vegetações de diferentes características e com muitos princípios ativos ainda desconhecidos. No entanto, é no bioma Amazônico (Figura 1), que ocupa cerca de 58,9% do território brasileiro, onde concentra-se a mais rica biodiversidade, com metade das espécies vegetais do planeta e alto grau de endemismo ⁽²⁰⁾. Algumas plantas amazônicas têm sido amplamente utilizadas de forma empírica pelos povos tradicionais para tratar patologias, como por exemplo infecções microbianas e, apesar da importância que possuem, ainda há carência de estudos científicos sobre os efeitos medicinais.

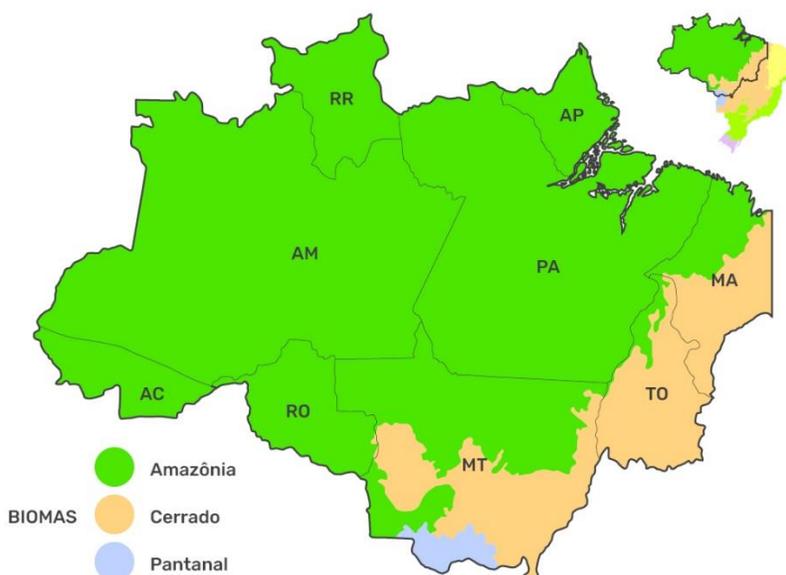


Figura 1. Bioma amazônico e os estados que o compõe.

Fonte: amazonia2030.org.br

Os possíveis efeitos medicinais das plantas amazônicas têm despertado interesse na produção animal em virtude dos potenciais efeitos na modulação da fermentação ruminal. Pois, comprovadamente, a inclusão de aditivos vegetais pode, efetivamente, modificar a fermentação ruminal pela inibição de bactérias gram-positivas, reduzindo a desaminação, a concentração de NH_3N e metanogênese ^(24, 49). Isso ocorre porque as plantas possuem metabólitos secundários, que se originam de processos metabólicos primários, mas não constituem a estrutura molecular vital dos vegetais e são responsáveis pela proteção à estresses abióticos e bióticos ^(12, 47). Esses compostos podem apresentar ampla atividade antimicrobiana, antioxidante e anti-inflamatória, o que hipoteticamente possibilita a sua utilização na produção animal, objetivando explorar as atividades específicas em produtos naturais ⁽⁴⁷⁾. Dentre eles, os antimicrobianos como alternativa biologicamente natural aos antibióticos não ionóforos na modulação da fermentação ruminal, uma vez que a utilização dos antimicrobianos não ionóforos tem sido limitada pelo desenvolvimento de cepas resistentes e

pelo efeito residual em produtos de origem animal^(8, 23, 28, 50, 65). Isso motivou as restrições da União Europeia quanto ao uso de antibióticos considerados antimicrobianos criticamente importantes pela Organização Mundial de Saúde, desde 2006, recentemente, o Ministério da Agricultura e Assuntos Rurais da China emitiu o Anúncio nº194 em 2020, que proíbe a inclusão de antibióticos medicamentosos na dieta de animais (ex. virginiamicina)⁽⁸²⁾.

Dessa forma, as antocianinas e flavonoides, fitoquímicos majoritários do açaí e os terpenos, fitoquímicos majoritários da copaíba, salva-do-marajó, pupunha e bacuri, tem sido alvo de estudos devido ao potencial efeito modulador da microbiota ruminal. O estudo com a utilização do extrato de repolho roxo com bovinos de corte, realizado por Gao *et al.* (2022), foi observado aumento na concentração de AGV total, na proporção molar de propionato e redução na relação acetato/propionato. No estudo de Lee *et al.* (2021), o uso de folhas de oliveira, rico em terpenos, como aditivo na fermentação ruminal *in vitro* reduziu a produção de metano (CH₄). Shakeri *et al.* (2017), observaram redução na produção de metano, nitrogênio amoniacal ruminal e aumento na concentração molar de propionato com a utilização subprodutos e extratos de oliveira *in vitro*.

Por essas razões, O açaí, copaíba, salva-do-marajó, pupunha e bacuri apresentam em sua composição metabólitos secundários que hipoteticamente têm o potencial de selecionar microorganismos benéficos no rúmen, principalmente reduzindo bactérias gram-positivas, com possíveis impactos na (i) eficiência energética (mitigando a emissão de metano), (ii) eficiência de utilização da proteína (reduzindo as perdas por amônia e aumentando a quantidade de proteína não degradada no rúmen), (iii) na saúde ruminal (com redução nas concentrações de ácido láctico, e melhora na relação acetato:propionato no rúmen) e (iv) aumento da digestibilidade da matéria seca^(28, 36). Portanto, objetiva-se com essa revisão apresentar dados científicos disponíveis na literatura dos efeitos dos extratos de açaí, copaíba, salva-do-marajó, pupunha e bacuri na modulação da microbiota ruminal e desempenho animal. Objetiva-se também apresentar informações científicas que fundamentem o potencial de uso desses extratos de plantas amazônicas, principalmente dos extratos em que ainda não se possuem pesquisas realizadas com animais ruminantes.

Modulação da fermentação ruminal e os fitoquímicos das plantas

Em ruminantes, a digestão dos alimentos ingeridos acontece através da fermentação realizada por microrganismos no trato gastrointestinal, no rúmen, os alimentos passam processos fermentativos realizados por bactérias, protozoários e fungos. Nesse processo, a degradação inicial ocorre através de sistemas enzimáticos extracelulares em que, os carboidratos são degradados a monossacarídeos e, no metabolismo intracelular reduzidos a piruvato, precursor dos ácidos graxos voláteis (AGV's); as proteínas são degradadas a aminoácidos e, desaminados no metabolismo intracelular a amônia, a-cetoácidos (precursor dos AGV's) ou são utilizados na síntese de proteína microbiana. Adicionalmente, os lipídeos esterificados e galactolipídeos são hidrolisados por enzimas da membrana celular, formando glicerol, galactose e ácidos graxos

saturados e insaturados; o glicerol e galactose são metabolizados a AGV's ao entrarem na célula bacteriana e os ácidos graxos insaturados são biohidrogenados extracelularmente, através da utilização de NADH do citoplasma bacteriano, tornando-os saturados ⁽²⁵⁾.

Assim, o processo de fermentação ruminal converte os alimentos ingeridos majoritariamente em ácidos graxos voláteis, dióxido de carbono, metano, amônia e ácido láctico. Em que, podem ser utilizadas diferentes rotas para formação do produto final da fermentação ruminal, os AGV's, onde o acetato, propionato e butirato são os mais importantes ⁽¹⁹⁾. A proporção que cada AGV é produzido é dependente da espécie bacteriana, da concentração de NADH e H₂ e da dieta fornecida aos animais ^(45, 25). Adicionalmente, a utilização de H₂ do meio ruminal depende da ação das bactérias metanogênicas, que usam H₂ para formação de dióxido de carbono e metano ⁽²⁵⁾, em que a produção de metano representa 2 a 15% da ingestão de energia bruta da dieta ^(18, 48).

Nesse sentido, a modulação da fermentação ruminal e o desenvolvimento da população microbiana é realizada para otimizar a utilização de energia proveniente da dieta, e minimizar a produção de metano, a degradação da proteína no rúmen e a acidose ruminal, considerados processos ineficientes e prejudiciais aos animais ⁽¹⁸⁾. Uma das formas de manipular a fermentação ruminal pode ser através da utilização de aditivos moduladores da fermentação ruminal, dentre eles, os antibióticos ionóforos, que devido ao uso indiscriminado, questões recentes têm sido debatidas sobre o efeito residual e a resistência de cepas aos antibióticos sintéticos, encorajando a busca por aditivos alimentares naturais, minimizando os riscos à saúde e ao meio ambiente ⁽⁴⁹⁾.

Por essa razão, os aditivos naturais têm sido alvo de estudo, devido a presença de metabólitos secundários, que são derivados do metabolismo primário das plantas, classificados como terpenos, fenóis e alcaloides. No ambiente ruminal esses compostos são capazes de interagir com os microrganismos, que levam a alterações na fermentação ruminal, redução da metanogênese *in vitro* e *in vivo*, refletindo no desempenho de animais ruminantes ⁽¹⁸⁾.

Os terpenos são sintetizados a partir do difosfato de isopentenil (isoprenos C10), classificados conforme a quantidade de isoprenos. Os fenóis são biosintetizados a partir de diferentes rotas metabólicas, são caracterizados pela presença de ao menos um anel aromático. Os alcaloides possuem diferentes precursores biogênicos, apresentam nitrogênio em sua estrutura química ⁽⁷⁾. Os efeitos desses fitoquímicos vegetais sobre a população de bactérias, fungos e protozoários, originam mudanças nos produtos finais da fermentação, como amônia e AGV's. No estudo com a utilização de extratos de plantas que possuem metabólitos secundários como aditivos na dieta de búfalos, Sama *et al.* (2016) observaram que houve redução na concentração de nitrogênio amoniacal e a população de protozoários ciliados com a utilização do aditivo. Joch *et al.* (2018), avaliaram o efeito dos metabólitos secundários sobre os parâmetros de fermentação ruminal *in vitro* e observaram que a produção de AGV's e metano foram afetadas

dependendo do metabólito e da dose utilizada, as menores concentrações reduziram a produção de metano e alteraram a dinâmica das famílias de bactérias *Lachnospiraceae*, *Succinivibrionaceae*, *Prevotellaceae*, *Clostridiales* e *Ruminococcaceae*.

Além disso, esses compostos fitoquímicos podem ser degradados no ambiente ruminal⁽⁵⁴⁾. Por isso, ainda não está totalmente elucidada a função dos fitoquímicos no ambiente ruminal, especialmente, na fermentação ruminal. Com base nos achados, os extratos de plantas amazônicas podem apresentar potencial modulador da microbiota ruminal, devido à presença d metabólitos secundários.

Açaí

O açaí (Figura 2), é fruto de uma palmeira monoica nativa da região amazônica, apreciado desde a época pré-colombiana, que se destaca pela alta concentração de macronutrientes⁽⁸⁰⁾. Embora existam diferentes espécies de açaí no Brasil, as mais conhecidas são *E. oleracea* Mart. (Açaí do Pará), *E. precatoria* Mart. (Açaí do Amazonas), *E. edulis* Mart. (Juçara), *E. catinga* Wallace (açazinho), *E. Longibracteata* Barbosa Rodrigues (Açaí da Terra firme); mas apenas espécies nativas da região amazônica são utilizadas comercialmente⁽²⁶⁾.



Figura 2. Açaí, fruto nativo da Amazônia brasileira.

Fonte: embrapa.br

O fruto tem sido considerado como uma “superfruta” na alimentação humana em razão das suas propriedades medicinais e sua composição como teor de fibras (76,4%), lipídeos (24,7%), ácidos graxos insaturados (70,1%), antocianinas e vitaminas (0,41%) e por ser fonte de energia (37,8 kcal/100g)⁽²¹⁾. A polpa de açaí possui aproximadamente 50% de lipídeos na matéria seca, com rico conteúdo de antocianinas, pertencente à família dos flavonoides, que confere fruto uma cor avermelhada⁽⁸⁰⁾ (Figura 3). A polpa também é conhecida por suas propriedades

medicinais, tais como: antimicrobiana, anti-inflamatória, anticarcinogênica, além de prevenir a oxidação de proteínas de baixa densidade e doenças neurológicas e cardiovasculares^(3, 10, 68, 71, 79). Além disso, o perfil fenólico, a atividade antioxidante e as propriedades farmacológicas têm sido relatados^(33, 35, 70).



Figura 3. Óleo bruto do açai.

Fonte: acervo dos autores.

Dentre os compostos fitoquímicos presentes na polpa de açai, as antocianinas e proantocianidinas são as famílias de flavonoides predominantes, com teor de 3,19 mg/g de MS e 12,89 mg/g de MS, respectivamente; as antocianinas são representadas pela presença majoritária de cianidina 3-glicosídeo e cianidina, 3-rutinosídeo⁽⁶⁴⁾. Também são detectados os flavonoides homoorientina, orientina, isovitexina, scoparina, taxifolina deoxihexose, vitexina, luteolina, crisoeriol, quercetina e diidrocaempferol^(24, 64). Devido à presença desses compostos fitoquímicos, a polpa de açai apresenta alta capacidade antioxidante, principalmente, pela presença de luteolina, quercetina e diidrocaempferol, que podem contribuir com a redução do estresse oxidativo causado dentro das células⁽²⁴⁾. Em ensaios *in vitro*, o óleo da polpa de açai mostra efeito inibitório no crescimento de bactérias gram-positivas (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*)^(32, 36).

Após o beneficiamento da polpa do açai, as sementes são descartadas, podendo representar até 80% do peso do fruto, gerando volume considerável de resíduos agroindustriais⁽³⁵⁾. A fim de reduzir o ônus ambiental e econômico, essa grande quantidade de resíduos incentivou a

utilização de sementes de açaí para diversos fins, em que uma parte tem sido utilizada como ingrediente na dieta de animais ruminantes ^(14, 29, 43).

Recentemente, a caracterização das sementes de açaí tem sido estudada, apresentando teor de 86% de fibras, 4,89% de proteína e 2,75% de lipídeos ⁽³⁵⁾. As sementes de açaí apresentam teor fenólico total de 64,58 mg/g de extrato, representado por procianidina B₁ (16,08 mg/g), catequina (15,66 mg/g), epicatequina (5,32 mg/g), procianidina B₂ (1,49 mg/g) ⁽³⁵⁾. O alto teor dos compostos fenólicos na semente de açaí pode ser correlacionado com a alta atividade antioxidante, sendo superior à atividade antioxidante da polpa ⁽⁶⁾. Além disso, as sementes apresentam atividade antimicrobiana contra bactérias gram-positivas (*S.aureus* e *E. faecalis*) e *Candida albicans* ⁽³³⁾.

É importante ressaltar que esses achados mostram que as sementes de açaí possuem teores de compostos bioativos elevados em comparação a polpa do fruto, e está sendo descartada como resíduo agroindustrial. Nesse sentido, pesquisas utilizando óleo da semente de açaí na nutrição de ruminantes podem demonstrar maior potencial na modulação da fermentação ruminal e no desempenho desses animais, visto que as pesquisas desenvolvidas com o óleo polpa do fruto apresentam resultados promissores (Tabela 1).

Os efeitos da inclusão do óleo de polpa de açaí sobre o aumento da produção de leite em ovelhas e vacas no período de lactação, pode estar relacionado aos possíveis efeitos na fermentação, proporcionando aumento na concentração de propionato, principal precursor da glicose e redução da concentração de amônia, elucidando o aumento da concentração de glicose e redução de ureia sericas ⁽⁶⁰⁾.

As alterações relatadas no padrão de fermentação com as diferentes dosagens do óleo da polpa açaí podem ser atribuídas ao efeito inibitório na atividade microbiana, pois a utilização de óleo pode reduzir a digestibilidade, produção de gases e AGV ⁽¹³⁾.

Apesar desses estudos serem direcionados à suplementação com óleo da polpa de açaí, acredita-se que a utilização do óleo das sementes de açaí como aditivos possam apresentar efeito modulador da microbiota ruminal e proporcionar alterações no padrão de fermentação e no desempenho, com base na composição do óleo, que possui teor considerável de flavonoides; que são polifenóis encontrados em sementes e vegetais, e podem ser classificados em oito grupos, com base na estrutura molecular: flavanol, flavandiol, flavona, diidroflavonol, flavona, flavonol, isoflavona e antocianidina ⁽¹⁷⁾.

Comprovadamente, no ambiente ruminal, esses compostos proporcionam equilíbrio do pH ruminal em acidose subaguda, apresentam atividade antibacteriana, melhoram a produtividade através do aumento da produção de propionato em relação ao acetato ⁽⁴¹⁾. Em ensaio *in vitro*, os flavonoides naringina e quercetina reduziram a produção de metano, bem

com a quantidade de protozoários ciliados e metanogenos hidrogenotróficos ⁽⁴⁶⁾. A utilização de extrato cítrico comercial de mistura de flavonoides (Bioflavex[®]), também proporcionou redução na produção de metano, bem como reduziu a população de archaea metanogênica hidrogenotrófica e, promoveu aumento da concentração de propionato e na população de *Megasphaera elsdenii*, em ensaio *in vitro* ⁽⁷³⁾. Portanto, devido à presença e o teor de flavonoides na polpa e nas sementes de açaí e os efeitos desse composto químico no ambiente ruminal, acredita-se que a utilização dos óleos da polpa e das sementes de açaí possam reduzir a produção de metano, aumentar a produção de propionato e equilíbrio do pH ruminal.

Tabela 1. Efeitos da inclusão do óleo da polpa de açaí na dieta de ruminantes sobre a saúde, produção e qualidade do leite e parâmetros de fermentação ruminal.

Fonte	Categoria	Descrição do estudo	Dosagem ^a	Efeitos ^b
Santos <i>et al.</i> , 2019	Ovelhas leiteiras	Inclusão de óleo de açaí no concentrado. Comparação com a utilização da mesma dosagem de óleo de soja	6,5	Aumento na produção de leite; redução da lipoperoxidação; aumento na concentração sérica de glicose e globulina, redução na concentração sérica de triglicerídeos, ureia e na concentração de gordura do leite no dia 14
Santos <i>et al.</i> , 2020	Vacas no período de transição	Inclusão de óleo de açaí no concentrado. Comparação com a utilização da mesma dosagem de óleo de soja	10	Aumento na produção de leite; redução da CCS
Freitas <i>et al.</i> , 2018	<i>in vitro</i>	Incubação do óleo de açaí usando Tifton 85 como substrato. Doses de óleo de açaí foram comparadas com o tratamento sem óleo de açaí.	10, 20, 50	Redução na produção total de gás, sem inibir a produção de CH ₄

^a expressa em g/kg de MS da dieta; ^b CCS = contagem de células somáticas.

Copaíba

As copaíbas são árvores de grande porte e crescimento lento, que podem chegar até 40 m de altura, com tronco áspero e escuro de até 4 m de diâmetro. Seu nome tem origem indígena tupi: “cupa-yba”, que significa árvore reservatório ou depósito, devido à presença de óleo resina no tronco (Figura 4). Pertencem ao gênero *Copaifera* que possui mais de 60 espécies catalogadas e distribuídas na região amazônica e Centro-Oeste do Brasil ⁽⁵⁾. A copaíba também é conhecida popularmente como copaibeira ou pau-de-óleo.



Figura 4. Árvore copaíba (*Copaifera* spp.).

Fonte: icmbio.gov.br

A copaíba tem recebido atenção de muitos exploradores e viajantes desde os primeiros anos da sua descoberta, especialmente porque a população tradicional amazônica usa o seu óleo como medicamento popular com base em evidências empíricas ⁽⁷⁴⁾. Atualmente, é uma das plantas medicinais mais utilizadas e comercializadas no Brasil, em razão das suas propriedades medicinais, cosméticas e industriais comprovadas ⁽²¹⁾. A óleosina extraída do tronco (Figura 5) possui características de viscosidade e cor amarelo-marrom, conhecida por suas propriedades anti-inflamatórias e potente atividade antimicrobiana contra bactérias gram-positivas ⁽¹⁾. Isto deve-se à presença de metabólitos secundários, sendo estes representados pela presença de mais de 60 terpenos, dentre os quais estão majoritariamente o α -cubebeno, α -copaeno, β -elemeno, β -cariofileno, γ -elemeno, α -bergamoteno, α -humuleno, trans-cadina-

1, 4-dieno, germacreno D, β -bisaboleno e A-cadineno. No óleo essencial de copaíba, os terpenos representam 88% dos metabólitos secundários presentes, em que o β -cariofileno constituiu cerca de 55% dos terpenos totais ⁽⁷⁶⁾.



Figura 5. Óleo de copaíba extraído do tronco da árvore.

Fonte: acervo dos autores.

Ao mesmo tempo em que o limoneno, α -pineno e β -cariofileno são conhecidos por suas propriedades antimicrobianas e farmacológicas, foram avaliados pela capacidade de modular a fermentação ruminal e inibir a digestão ruminal ⁽⁵⁴⁾. No entanto, as respostas obtidas ainda não descrevem inteiramente seus efeitos no ambiente ruminal. Mas acredita-se que apresentem atividade citotóxica em diversos microorganismos, agindo na permeabilidade das membranas, causando efluxo de metabólitos e íons, com a consequente ruptura e morte de bactérias gram-positivas e gram-negativas ^(57, 74).

Em ensaios *in vitro* utilizando o óleo bruto de copaíba como fitofármaco, o extrato inibiu espécies de bactérias gram-positivas, *S. aureus* e de bactérias gram-negativas, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* ^(16, 37). Em outro estudo, o óleo essencial da copaíba apresentou atividade antimicrobiana contra *S. aureus*, *S. epidermidis*, ambas espécies de bactérias gram-positivas ⁽²⁾. Esses resultados motivaram investigações científicas com utilização do óleo de copaíba na nutrição de ruminantes, sugerindo que esse extrato pode afetar o padrão de

fermentação ruminal e melhorar a utilização de nutrientes, em razão do efeito dos metabólitos sobre as bactérias gram-positivas no rúmen (Tabela 2).

Tabela 2. Efeitos da inclusão do óleo de copaíba na dieta de animais ruminantes.

Fonte	Categoria	Descrição do estudo	Dosagem ^a	Efeitos ^b
Lima <i>et al.</i> , 2018	Bovinos	Óleo de copaíba diluído em álcool isopropílico, adicionado ao suplemento como spray. Sistema de pastejo com suplementação. Comparação com tratamento sem óleo de copaíba	0,5	Aumento do consumo de MS e PB
Oliveira <i>et al.</i> , 2020	Cordeiros	Dieta com relação volumoso:concentrado de 53:47, em sistema de confinamento. Comparação com tratamento sem óleo de copaíba e tratamento com monensina	0,5; 1,0 e 1,5	Aumento da degradabilidade potencial e efetiva da MS
Oliveira <i>et al.</i> , 2020	Ensaio <i>in vitro</i>	Dieta com relação volumoso:concentrado de 53:47. Comparação com tratamento sem aditivos e tratamento com monensina	0,5 e 1,0	Aumento da digestibilidade da MS e FDN
Moura <i>et al.</i> , 2017	Cordeiros	Dieta com relação volumoso:concentrado de 53:47, em sistema de confinamento. Comparação com tratamento sem aditivos e tratamento com monensina	0,5; 1,0 e 1,5	Aumento do tempo de alimentação e do tempo ruminando; aumento da espessura de gordura da carcaça

^a expressa em g/kg de MS da dieta; ^b MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro.

Apesar das dosagens estudadas terem promovido efeitos positivos, que apoiam os possíveis efeitos microbianos (Tabela 02), em ensaio *in vitro* da digestibilidade da MS, a maior dosagem do óleo de copaíba (3000 mg/L de inóculo) reduziu a digestibilidade da MS em todas as dietas utilizadas, 10:90 e 50:50 (proporção volumoso: concentrado). Por outro lado, a dosagem de 300 mg/L de inóculo proporcionou efeitos benéficos como o aumento da concentração de propionato e redução da concentração de acetato com a dieta 10:90, a mesma dosagem também promoveu redução de NH₃N sem alterar as concentrações de AGV com a dieta 50:50 ²⁸. Isto sugere que com a utilização da maior dosagem (3000mg/L de inóculo), a fermentação ruminal foi inibida pela propriedade adsortiva, em que formam uma cobertura hidrofóbica na célula bacteriana ou no alimento, impedindo o metabolismo das bactérias ou

sua adesão nas partículas de alimento; agindo na permeabilidade da membrana, e por conseguinte, causando a ruptura e morte microbiana ⁽²⁵⁾.

De acordo com os achados, a composição fitoquímica da oleoresina de copaíba, que em sua maioria são terpenos, mostram atividade letal ou citotóxica contra bactérias, protozoários e fungos, tem como principal mecanismo de ação a ruptura da membrana celular de bactérias, agindo através da interação com a biomembrana e proteínas da membrana ⁽⁵⁷⁾. No ambiente ruminal *in vitro*, os terpenos limoneno, terpineno, timol, cravacol e linolol são capazes de reduzir a produção total de gás ⁽⁹⁾. Por essa razão, acredita-se que a utilização da oleoresina de copaíba como aditivo pode ser útil na redução da produção de gás, melhorando a eficiência de utilização de energia da dieta.

Com base nesses resultados, outras investigações científicas com óleo de copaíba podem ser direcionadas para avaliar o desempenho produtivo de ruminantes e produção de gás e seus impactos nas emissões de metano.

Salva-do-marajó

A salva-do-marajó (*Hyptis crenata* Pohl ex Benth; Figura 6), é uma planta herbácea anual que atinge 60 a 80 cm de altura, encontrada em solos arenosos próximo a riachos na Ilha de Marajó, estado do Pará, Brasil. A planta é conhecida como salva-do-marajó, utilizada pelas comunidades ribeirinhas para aromatização de alimentos e na medicina popular ⁽⁶⁵⁾.



Figura 6. Planta salva-do-marajó.

Fonte: belem.pa.gov.br

Devido às consideráveis variedades de compostos químicos, bem como ao óleo essencial, e os metabólitos secundários que podem ser obtidos da salva-do-marajó, atribuem-se a essa planta uma série de efeitos e atividades, tanto para as plantas que sintetizam esses compostos, quanto para os animais e seres humanos que entram em contato com essas substâncias ⁽⁷²⁾. Embora sejam escassos estudos sobre a salva-do-marajó e sua composição fitoquímica ainda não esteja completamente caracterizada, o óleo obtido a partir das folhas e ramos finos (Figura 7), possui como terpenos majoritários cânfora (33,62%), 1,8-cineol (19,76%) e α -pineno (15,24%) ⁽⁶⁹⁾. Esses componentes ativos dos óleos têm ação antimicrobiana, desestabilizando a membrana dos microorganismos de forma semelhante aos antibióticos ionóforos ⁽⁵⁷⁾.

Algumas propriedades dos óleos essenciais das folhas e ramos finos de salva-do-marajó foram relatadas, como antimicrobiana ⁽⁷⁸⁾, bactericida e larvicida ⁽⁷⁷⁾, bem como antioxidante ⁽⁵⁶⁾, apresentando maior atividade contra as bactérias gram-positivas, e comprovadamente inibindo cepas de *Staphylococcus aureus* e *Enterococcus faecalis*. Tais propriedades do óleo de salva-do-marajó podem ter potencial de modular benéficamente a fermentação ruminal. Os compostos presentes nesse óleo potencialmente podem favorecer o crescimento de bactérias gram-negativas, nas quais estão inseridos os microrganismos fermentadores de lactato, as bactérias proteolíticas, as bactérias que produzem preferencialmente ácido propiônico ⁽²⁵⁾. Este pode, conseqüentemente, reduzir problemas metabólicos relacionados à acidose, reduzir a degradação e perdas de proteína no rúmen e melhorar a eficiência de utilização de energia da dieta e reduzir a emissão de metano.



Figura 7. Óleo da salva-do-marajó extraído das folhas e ramos finos.

Fonte: acervo dos autores.

Em razão da concentração de terpenos no óleo de salva-do-marajó, que apresentam atividade antimicrobiana e são capazes de reduzir a produção total de gás em ambiente ruminal *in vitro* ^(57, 9), acredita-se que a utilização do óleo de salva-do-marajó como aditivo na nutrição de ruminantes possa modular a microbiota ruminal, reduzir a produção de gás e elucidar os possíveis efeitos no ambiente ruminal, pois até onde pode-se pesquisar na literatura, os estudos com óleo da salva-do-marajó em nutrição de ruminantes inexistem. Nesse sentido, antes de recomendar qualquer tipo de utilização como aditivo na alimentação de ruminantes, estudos devem ser realizados para verificar se os efeitos realmente ocorrem no ambiente ruminal, quais as dosagens adequadas e qual a proporção dos possíveis efeitos na produção animal.

Pupunha

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), é uma palmeira nativa da região amazônica. O fruto, conhecido como pupunha (Figura 8), possui polpa comestível aderida à semente rígida e fibrosa; a coloração da casca varia entre vermelho, laranja e amarelo, dependendo do estágio de maturação ⁽⁴⁰⁾. Tradicionalmente, a pupunha é consumida após o cozimento em água contendo sal para melhorar o sabor e eliminar os cristais de oxalato de cálcio da casca.



Figura 8. Pupunha, fruto da palmeira nativa da região amazônica.

Fonte: museu-goeldi.br

A polpa do fruto apresenta pH neutro em torno de 6 a 3,9% de proteína, 18,7% de lipídeos ⁽⁵³⁾. Com perfil de ácidos graxos com 50,57% de ácido palmítico, 3,39% de ácido palmitoleico, 36,27% ácido oleico, 5,18% ácido linoleico, 1,17% ácido linolênico ⁽⁶²⁾. Dentre os compostos fitoquímicos encontrados na polpa do fruto foram encontrados luteína (11,94 mg/Kg de óleo),

cis luteína (2,22 mg/kg de óleo), *cis* δ -caroteno (1,64 mg/kg de óleo), δ -caroteno (1,64 mg/kg de óleo), *cis* licopeno (26,84 mg/kg de óleo), licopeno (30,8 mg/kg de óleo), *cis* γ caroteno (35,4 mg/kg de óleo), γ -caroteno (67,62 mg/kg de óleo), *cis* β -caroteno (27,66 mg/kg de óleo) e β -caroteno (150,19 mg/kg de óleo) ⁽⁶³⁾.

As sementes da pupunha são compostas por 75,7% de ácidos graxos saturados e 24,3% de ácidos graxos insaturados ⁽⁴⁾. Foram relatados a presença de compostos fitoquímicos nas sementes, esteroides, sendo β -sitosterol (51,3%), esqualeno (16,9%), campesterol (6,3%), estigmasterol (2,9%), δ -5-avenasterol (4,8%) e lanosterol (1%) majoritários desta família; e álcoois triterpênicos, principalmente: cicloartenol (8,7%), 24-metilenocicloartenol (5%) e citrostadienol (2%), além da presença de isômeros de vitamina E (α -tocoferol, β -tocoferol, γ -tocoferol) ⁽⁵⁵⁾.

Os extratos etanólicos da casca, polpa e das sementes da pupunha apresentam atividade antimicrobiana, inibindo o crescimento da cepa de bactérias gram-positivas, *S.aureus*, em ensaio microbiológico *in vitro* ⁽³⁴⁾. Em razão disso, os compostos fitoquímicos presentes nos extratos de pupunha, bem como as propriedades relatadas, sugerem que os extratos mencionados acima podem ser capazes de modular a beneficemente a fermentação ruminal.

Apesar de uma parte dos subprodutos da pupunha sejam destinados para utilização como ingredientes na dieta de animais ruminantes ^(38, 51, 52), o teor de β -caroteno da pupunha, que atua como antioxidante e aumenta a produção microbiana *in vitro* ⁽⁸¹⁾, pode possibilitar a utilização do óleo da pupunha como aditivo modulador da microbiota ruminal. Em razão disso, o desenvolvimento de estudos para avaliar os possíveis efeitos da utilização dos extratos de pupunha como aditivo no ambiente ruminal são fortemente encorajados.

Bacuri

O *Platonia insignis* Mart., conhecida popularmente como “bacurizeiro”, é uma árvore frutífera de 15 a 20 metros nativa da região Amazônica, encontrada principalmente no estuário do rio Amazonas ⁽⁶⁷⁾. O bacuri (Figura 9), fruto da árvore, apresenta importância na agroindústria por seus frutos serem apreciados no mercado tanto *in natura*, quanto processado na produção de doces, sorvetes e geleias ⁽⁵⁸⁾.



Figura 9. Bacuri, fruto nativo da região amazônica.

Fonte: blogs.unicamp.br

Os frutos são quimicamente caracterizados por seu alto teor de água 76%, 2% de lipídeos, 1,5% de proteína e 0,5% de matéria mineral, entre os compostos voláteis que compõe a polpa do fruto estão 41% de terpenos, 24% de álcoois não terpênicos, 15% ésteres, 6% de aldeídos ⁽⁷⁵⁾.

O óleo ou manteiga extraído das sementes do bacuri tem sido utilizado na produção de sabão, no tratamento de doenças de pele e em substâncias cicatrizantes para ferimentos de animais ⁽⁵⁸⁾. Atualmente, as pesquisas fitoterápicas com bacuri tem sido intensificada com crescente interesse, principalmente, pelas sementes de bacuri ⁽³¹⁾.

A manteiga de bacuri é rica em ácidos graxos saturados, sendo 42,23% ácido palmítico, 28,8% ácido linoleico, 10,79% ácido palmitoleico, 2,52% ácido esteárico, 1,55 ácido láurico, 1,36% ácido eicosanóico, 1,24% ácido mirístico; além disso, possui ação antioxidante ⁽¹¹⁾.

Em estudo recente, foi identificado a presença de um composto da família de compostos garcinielliptona nas sementes de bacuri, que comprovadamente têm efeito fitoterápico apresentando atividade antioxidante, anticonvulsivante, vaso relaxante e antiparasitário. Este estudo revelou também, que as garcinielliptonas apresentam efeitos antiproliferativos e pró-apoptóticos contra diversas linhagens de células cancerígenas *in vitro* ⁽⁶⁷⁾.

Devido à presença de terpenos na composição fitoquímica no extrato de bacuri, acredita-se que a sua utilização como aditivo na nutrição de ruminantes possa reduzir a produção de gás, através da ação antimicrobiana dos terpenos ^(9, 57). No entanto, até onde pode-se pesquisar na literatura, estudos envolvendo bacuri são escassos, por isso o desenvolvimento de estudos para avaliar os efeitos dos extratos de bacuri sobre os parâmetros ruminais são fortemente encorajados.

Considerações finais

Os extratos de plantas amazônicas, particularmente de açaí, copaíba, salva-do-marajó, pupunha e bacuri, apresentam potencial de modulação da microbiota ruminal que podem refletir no desempenho de animais ruminantes. O óleo da polpa e das sementes do açaí apresentam perfil como potenciais aditivos moduladores do crescimento da microbiota ruminal devido a concentração de flavonoides, e podem alterar as concentrações de ácidos graxos voláteis no rúmen, a produção de metano e possivelmente o desempenho de animais ruminantes.

A pupunha possui alto teor de β -caroteno, composto fitoquímico que atua como antioxidante e no crescimento microbiano *in vitro*, indicando potencial utilização do óleo da pupunha como aditivo modulador da fermentação ruminal.

A alta concentração de terpenóides no óleo de copaíba, salva-do-marajó extrato de bacuri, que agem seletivamente no crescimento bacteriano e, comprovadamente, reduzem a produção total de gás *in vitro*, indicando potencial utilização desses extratos como aditivos antimicrobianos.

Dessa forma, este breve panorama sugere que os extratos de açaí, copaíba, salva-do-marajó, pupunha e bacuri devem ser avaliados em ensaios de digestibilidade *in vitro* e produção de gás para avaliar as alterações na fermentação ruminal e, por conseguinte, avaliar o desempenho de animais ruminantes.

Referências

1. Abrão F, Costa LDA, Alves JM, Senedese JM, Castro PT *et al.* *Copaifera langsdorffii* oleoresin and its isolated compounds: Antibacterial effect and antiproliferative activity in cancer cell lines. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 2015; 15 (1): 1–10.
2. Alencar EN, Xavier-Júnior FH, Moraes ARV, Dantas TRF, Dantas-Santos N *et al.* Chemical characterization and antimicrobial activity evaluation of natural oil nanostructured emulsions. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 2015; 15 (1): 880–888.
3. Alessandra-Perini J, Perini JA, Rodrigues-Baptista KC, Moura RS, Palumbo Junior A *et al.* *Euterpe oleracea* extract inhibits tumorigenesis effect of the chemical carcinogen DMBA in breast experimental cancer. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 2018; 18 (1): 1–11, 2.
4. Araújo NMP, Arruda HS, Marques DRP, Oliveira WQ, Pereira GA *et al.* Functional and nutritional properties of selected Amazon fruits: A review. *Food Research International* 2021; 147: 110520.

5. Arruda C, Mejía JAA, Ribeiro VP, Borges CHG, Martins CHG *et al.* Occurrence, chemical composition, biological activities and analytical methods on *Copaifera* genus - A review. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 2019; 109: 1-20.
6. Barros L, Calhella RC, Queiroz MJRP, Santos-Buelga C, Santos EA *et al.* The powerful *in vitro* bioactivity of *Euterpe oleracea* Mart. seeds and related phenolic compounds. *Industrial Crops and Products* 2015; 76: 318-322.
7. Bodas, R *et al.* Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology* 2012; 176: 1-4.
8. Burkin MA, Galvidis IA. Simultaneous immunodetection of ionophore antibiotics, salinomycin and narasin, in poultry products and milk. *Analytical Methods* 2021; 13 (13): 1550–1558.
9. Delgadillo-Ruiz L, Bañuelos-Valenzuela R, Gallegos-Flores P, Echavarría-Cháirez F, Meza-López C *et al.* Modification of ruminal fermentation *in vitro* for methane mitigation by adding essential oils from plants and terpenoid compounds. *Abanico veterinário* 2021; 11.
10. Favacho HA, Oliveira BR, Santos KC, Medeiros BJ, Sousa PJ *et al.* Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Euterpe oleracea* oil. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 2011; 21 (1): 105–114.
11. Feitosa JM, Silva TSA, Fonseca AEX, Rodrigues WCS, Silva ACE *et al.* Evaluation of the quality of Amazonian butters as sustainable raw materials for applications in bioproducts. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada* 2021; 42: 1-11.
12. Filippis LF. Plant secondary metabolites: From molecular biology to health products. *Plant-environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress* 2015; 263–299.
13. Freitas DS, Terry SA, Ribeiro RS, Pereira LG, Tomich TR *et al.* Unconventional Vegetable Oils for a Reduction of Methanogenesis and Modulation of Ruminal Fermentation. *Frontiers in Veterinary Science* 2018; 5: 201.
14. GAO, J. *et al.* Effects of red cabbage extract rich in anthocyanins on rumen fermentation, rumen bacterial community, nutrient digestion, and plasma indices in beef bulls. *Animal* 2022; 16 (5): 100510.

15. Gomes DI, Véras RML, Alves KS, Detmann E, Oliveira LRS *et al.* Performance and digestibility of growing sheep fed with açai seed meal-based diets. *Tropical Animal Health and Production* 2012; 44 (7): 1751–1757.
16. Guimarães AL, Cunha EA, Matias FO, Garcia PG, Danopoulos P *et al.* Antimicrobial Activity of Copaiba (*Copaifera officinalis*) and Pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) Oils against *Staphylococcus Aureus*: Importance in Compounding for Wound Care. *International journal of pharmaceutical compounding* 2016; 20 (1): 58–62.
17. Halbwirth, H. The creation and physiological relevance of divergent hydroxylation patterns in the flavonoid pathway. *International journal of molecular sciences* 2010; 11 (2): 595-621.
18. Hassan FU, Arshad MA, Ebeid HM, Saif-Ur RM, Sajjad KM *et al.* Phytogetic Additives Can Modulate Rumen Microbiome to Mediate Fermentation Kinetics and Methanogenesis Through Exploiting Diet–Microbe Interaction. *Frontiers in Veterinary Science* 2020; 7: 892.
19. Hristov AN, Bannink A, Crompton LA, Huhtanen P, Kreuzer M *et al.* Invited review: Nitrogen in ruminant nutrition: A review of measurement techniques. *Journal of Dairy Science* 2019; 102 (7): 5811–5852.
20. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Amazônia Legal, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>>
21. Ibiapina A, Gualberto LDS, Dias BB, Freitas BCB, Martins GADS *et al.* Essential and fixed oils from Amazonian fruits: proprieties and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2021; 1:13.
22. Joch, M. *et al.* Effects of pure plant secondary metabolites on methane production, rumen fermentation and rumen bacteria populations *in vitro*. *Journal of animal physiology and animal nutrition* 2018; 102 (4): 869-881.
23. Joset WCL, Silva JARD, Godinho LA, Barbosa AVC, Martorano LG *et al.* Thermoregulatory responses of female buffaloes reared under direct sunlight and shaded areas in the dry season on Marajó Island, Brazil. *Acta Scientiarum - Animal Sciences* 2018; 40.
24. Kang J, Li Z, Wu T, Jensen GS, Schauss AG *et al.* Anti-oxidant capacities of flavonoid compounds isolated from acai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.). *Food Chemistry* 2010; 122 (3): 610-617.

25. Kholif AE, Olafadehan OA. Essential oils and phytogetic feed additives in ruminant diet: chemistry, ruminal microbiota and fermentation, feed utilization and productive performance. *Phytochemistry Reviews* 2021; 1: 22.
26. Kozloski, GV. Bioquímica dos ruminantes. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia- Editora UFSM, 2017.
27. Leão DP, Ferreira IDJ, Nasimento OV, Cavalcanti V, Campelo PH *et al.* Bioproducts of Açai (*Euterpe spp*): a review study on the composition and applications (Amazon, Brazil). *European Academic Research* 2021; 9 (1): 777–795.
28. Lee, SJ *et al.* Effects of Olive (*Olea europaea* L.) Leaves with Antioxidant and Antimicrobial Activities on *in vitro* Ruminal Fermentation and Methane Emission. *Animals* 2021; 11 (7): 2008.
29. Lemos BJ, Souza FM, Arnhold E, Conceição EC, Couto VR *et al.* Effects of plant extracts from *Stryphnodendron adstringens* (mart.) coville, *Lafoensia pacari* a. st.-hil, *Copaifera* spp., and *Pterodon emarginatus* Vogel on *in vitro* rumen fermentation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2021; 105 (4): 639-652.
30. Lima EM, Vargas JAC, Gomes DI, Maciel RP, Alves, KS *et al.* Intake, digestibility, and milk yield response in dairy buffaloes fed *Panicum maximum* cv. Mombasa supplemented with seeds of tropical açai palm. *Tropical Animal Health and Production* 2021; 53 (1): 1-9.
31. Lima FEOD, Goes RHDT, Gandra JR, Penha DDS, Oliveira, RTD *et al.* Inclusion of copaiba oil (*Copaifera* sp.) as additive in supplements for cattle on pasture. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 2018; 19 (2): 178–192.
32. Lima GM, Brito AKS, Farias LM, Rodrigues LARL, Pereira CFC *et al.* Effects of “Bacuri” Seed Butter (*Platonia insignis* Mart.) on Metabolic Parameters in Hamsters with Diet-Induced Hypercholesterolemia. Evidence-Based. *Complementary and Alternative Medicine* 2021; 2021.
33. Magalhães TSSA, Macedo PCO, Converti A, Lima AAN. The use of *Euterpe oleracea* Mart. As a new perspective for disease treatment and prevention. *Biomolecules* 2020; 10 (6): 813.

34. Martins GR, Amaral FRL, Brum FL, Mohana-Borges R, Moura SS *et al.* Chemical characterization, antioxidant and antimicrobial activities of açai seed (*Euterpe oleracea* Mart.) extracts containing A- and B-type procyanidins. *Food Science and Technology* 2020; 132: 109830.
35. Melhorança Filho AL, Pereira MRR. Atividade antimicrobiana de óleos extraídos de açai e de pupunha sobre o desenvolvimento de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. *Bioscience Journal* 2012; 28 (4): 598–603.
36. Melo PS, Selani MM, Gonçalves RH, Oliveira JP, Massarioli AP *et al.* Açai seeds: An unexplored agro-industrial residue as a potential source of lipids, fibers, and antioxidant phenolic compounds. *Industrial Crops and Products* 2021; 161: 113204.
37. Mendel M, Chłopecka M, Dziekan N, Karlik W. Phytogenic feed additives as potential gut contractility modifiers - A review. *Animal Feed Science and Technology* 2017; 230: 30-46.
38. Mendonça DE, Onofre SB. Antimicrobial activity of the oil-resin produced by copaíba - *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). *Revista Brasileira de Farmacognosia* 2009; 19: 577–581.
39. Moraes JE, Reis TL, Fuzitani EJ, Damatto Júnior ER, Maioli CMT *et al.* Pupunha heart of palm residue silage as an option of roughage for ruminants. *Boletim de Indústria Animal* 2021; 78: 1-23.
40. Moura LV, Oliveira ER, Fernandes ARM, Gabriel AMA, Silva LHX *et al.* Feed efficiency and carcass traits of feedlot lambs supplemented either monensin or increasing doses of copaiba (*Copaifera* spp.) essential oil. *Animal Feed Science and Technology* 2017; 232: 110–118.
41. Neri-Numa IA, Sancho RAS, Pereira APA, Pastore GM *et al.* Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. *Food Research International* 2018; 103: 345-360.
42. Olagaray KE, Bradford BJ. Plant flavonoids to improve productivity of ruminants – A review. *Animal feed science and technology* 2019; 251: 21-36.
43. Oliveira ER, Abreu FSS, Marques OFC, Silva JT, Durães HF *et al.* Degradabilidade e digestibilidade de dietas para cordeiros confinados suplementados com níveis crescentes de óleo de copaíba (*Copaifera* Sp.)." *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 2020; 3 (3): 2152–64.

44. Oliveira WF, Lima EM, Freitas DR, Santos S, Reis GC *et al.* Production, chemical composition, and economic viability of Minas Frescal cheese from buffaloes supplemented with açai seed. *Tropical Animal Health and Production* 2020; 52 (5): 2379–2385.
45. ONU, 2018. Nações Unidas (ONU). 2019. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais. Divisão de População. Perspectivas da População Mundial, a revisão de 2019.
46. Ornaghi M, Prado RM, Ramos TR, Catalano FR, Mottin C *et al.* Natural Plant-Based Additives Can Improve Ruminant Performance by Influencing the Rumen Microbiome. *Research Square* 2020; 1: 1–22.
47. Oskoueian E, Abdullah N, Oskoueian A. Effects of flavonoids on rumen fermentation activity, methane production, and microbial population. *BioMed research international* 2013; 2013.
48. Panchawat S, Ameta C. Medicinal Importance of Plant Metabolites. *Chemistry of Biologically Potent Natural Products and Synthetic Compounds* 2021; 1–19.
49. Patra A, Park T, Kim M, Yu Z *et al.* Rumen methanogens and mitigation of methane emission by anti-methanogenic compounds and substances. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 2017; 8 (1): 1-18.
50. Pedraza-Hernández J, Elghandour MM, Khusro A, Salem MZ, Camacho-Diaz LM *et al.* Assessment on bioactive role of Moringa oleifera leaves as anthelmintic agent and improved growth performance in goats. *Tropical Animal Health and Production* 2021; 53 (2): 318.
51. Pereira MU, Spisso BF, Couto SJ, Ferreira RG, Monteiro MA *et al.* Ocorrência de resíduos de ionóforos poliéteres em leite UHT comercializado na região metropolitana do Rio de Janeiro. *Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia* 2015; 3 (3): 70-77.
52. Pereira TCJ, Ribeiro LSO, Pereira MLA, Pires AJV, Carvalho GGP *et al.* Feeding behavior of goat kids fed diets containing peach palm meal. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 2020; 42.
53. Pereira TCJ, Ribeiro LSO, Pires AJV, Pereira MLA, Santos AB *et al.* Growth performance and apparent digestibility by goats fed diets with peach palm meal replacing maize. *Applied Animal Science* 2019; 35 (6): 563-569.

54. Pires MB, Amante ER, Lopes AS, Rodrigues AMC, Silva LHM. Peach palm flour (*Bactris gasipae* kunth): potential application in the food industry. *Food Science and Technology*, v. 39, p. 613-619, 2019.
55. Pouloupoulou I., Hadjigeorgiou I. Evaluation of Terpenes' Degradation Rates by Rumen Fluid of Adapted and Non-adapted Animals. *Natural Products and Bioprospecting* 2021; 11 (3): 307–313.
56. Radice M, Viafara D, Neill D, Asanza M, Sacchetti G *et al.* Chemical characterization and antioxidant activity of Amazonian (Ecuador) *Caryodendron orinocense* Karst. and *Bactris gasipaes* Kunth seed oils. *Journal of Oleo Science* 2014; 63 (12): 1243-1250.
57. Rebelo MM, Silva JKRD, Andrade EHA, Maia JGS. Antioxidant capacity and biological activity of essential oil and methanol extract of *Hyptis crenata* Pohl ex Benth. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 2009; 19 (1): 230–235.
58. Reddy PRK, Elghandour MMY, Salem AZM, Yasaswini D, Reddy PPR *et al.* Plant secondary metabolites as feed additives in calves for antimicrobial stewardship. *Animal Feed Science and Technology* 2020; 264: 114469.
59. Ribeiro JF, Figueiredo MLF, Carvalho ALM, Sousa Neto BP. Atividades farmacológicas da manteiga de bacuri (*Platonia insignis* Mart.): revisão integrativa. *Revista Rene* 2021; 22: 65.
60. Samal, L. *et al.* Effects of plants containing secondary metabolites as feed additives on rumen metabolites and methanogen diversity of buffaloes. *Animal Production Science* 2016; 56 (3): 472-481.
61. Santos DDS, Klauck V, Campigotto G, Alba DF, Reis, JH *et al.* Benefits of the inclusion of açai oil in the diet of dairy sheep in heat stress on health and milk production and quality. *Journal of Thermal Biology*. 2019; 84: 250–258.
62. Santos DS, Klauck V, Souza CF, Baldissera MD, Theisen C *et al.* Effects of the inclusion of açai oil in diet of prepartum holstein cows on milk production, somatic cell counts and future lactation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2020; 92 (4):1–12.
63. Santos OV, Soares SD, Dias PCS, Duarte SPA, Santos MPL, Nascimento FCA. Chromatographic profile and bioactive compounds found in the composition of pupunha oil (*Bactris gasipaes* Kunth): implications for human health. *Revista de Nutrição*. 2020; 33: e190146.

64. Santos, MFG.; Alves, RE.; Roca, M. Carotenoid composition in oils obtained from palm fruits from the Brazilian Amazon. *Grasas Aceites* 2015; 66 (3): e086.
65. Schauss AG, Wu W, Prior RL, Ou B, Patel D *et al.* Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleraceae* Mart. (Acai). *Journal of agricultural and food chemistry* 2006; 54 (22): 8598-8603.
66. Sedano-Partida MD, Santos KP, Carvalho WRS, Luz CLS, Furlan CM. A review of the phytochemical profiling and biological activities of *Hyptis* Jacq.: a Brazilian native genus of Lamiaceae. *Revista Brasileira de Botânica* 2020; 43: 213-228.
67. Shakeri, P *et al.* Products derived from olive leaves and fruits can alter *in vitro* ruminal fermentation and methane production. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2017; 97 (4): 1367-1372.
68. Soeiro MNC, Vergoten G, Bailly C. Pharmacological Profile of Garcinielliptone FC from *Platonia insignis*. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 2022: 1-11.
69. Song H, Shen X, Deng R, Zhang Y, Zheng X. Dietary anthocyanin-rich extract of açai protects from diet-induced obesity, liver steatosis, and insulin resistance with modulation of gut microbiota in mice. *Nutrition* 2021; 86: 111176.
70. Souza ANC, Soares RA, Oliveira HD, Vasconcelos YAG, Souza PJC *et al.* The essential oil of *Hyptis crenata pohl ex benth.* Presents an antiedematogenic effect in mice. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2021; 54 (3): 1–9.
71. Souza BSF, Carvalho HO, Ferreira IM, Cunha EL, Barros AS *et al.* Effect of the treatment with *Euterpe oleracea* Mart. oil in rats with Triton-induced dyslipidemia. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 2017; 90: 542–547.
72. Souza-Monteiro JR, Hamoy M, Santana-Coelho D, Arrifano GP, Paraense, RS *et al.* Anticonvulsant properties of *Euterpe oleracea* in mice. *Neurochemistry International* 2015; 90: 20-27.
73. Stevanović ZD, Bošnjak-Neumüller J, Pajić-Lijaković I, Raj J, Vasiljević M. Essential oils as feed additives - Future perspectives. *Molecules* 2021; 23 (7): 1717.
74. Stoldt AK, Derno M, Das G, Weitzel JM, Wolffram S *et al.* Effects of rutin and buckwheat seeds on energy metabolism and methane production in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2016; 99 (3): 2161-2168.

75. Tobouti PL, Martins TCA, Pereira TJ, Mussi MCM. Antimicrobial activity of copaiba oil: A review and a call for further research. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 2017; 94: 93-99.
76. Uekane TM, Nicolotti L, Griglione A, Bizzo HR, Rubiolo P *et al.* Studies on the volatile fraction composition of three native Amazonian-Brazilian fruits: Murici (*Byrsonima crassifolia* L., Malpighiaceae), bacuri (*Platonia insignis* M., Clusiaceae), and sapodilla (*Manilkara sapota* L., Sapotaceae). *Food chemistry* 2017; 219: 13-22.
77. Urasaki Y, Beaumont C, Workman M, Talbot JN, Hill DK, Le TT. Fast-Acting and Receptor-Mediated Regulation of Neuronal Signaling Pathways by Copaiba Essential Oil. *International Journal of Molecular Sciences* 2020; 21 (7): 2259.
78. Violante IMP, Garcez WS, Barbosa CS, Garcez FR. Chemical composition and biological activities of essential oil from *Hyptis crenata* growing in the Brazilian Cerrado. *Natural Product Communications* 2012b; 7 (10): 1387–1389.
79. Violante IMP, Hamerski L, Garcez WS, Batista AL, Chang MR *et al.* Antimicrobial activity of some medicinal plants from the Cerrado of the central-western region of Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology* 2012a; 43 (4): 1302–1308.
80. Xiong J, Matta FV, Grace M, Lila MA, Ward NI *et al.* Phenolic content, anti-inflammatory properties, and dermal wound repair properties of industrially processed and non-processed açai from the Brazilian Amazon. *Food and Function* 2020; 11 (6): 4903–4914.
81. Yamaguchi KKL, Pereira LFR, Lamarão CV, Lima ES, Veiga-Junior VF. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. *Food Chemistry* 2015; 179: 137-151.
82. Yan HX, Sun IS, Zhao GQ. Effect of β -carotene on selected indices of *in vitro* rumen fermentation in goats. *Journal of Animal and Feed Sciences* 2007; 16 (2): 581-585.
83. Wang, Z. *et al.* Effect of Oregano Oil and cobalt lactate on sheep *in vitro* digestibility, fermentation characteristics and rumen microbial community. *Animals* 2022; 12 (1): 118.