

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ESPECTROSCÓPICA DO ÓLEO VEGETAL DE BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA L. F.*) E SUA POTENCIAL APLICAÇÃO EM DILUENTES PARA CRIOPRESERVAÇÃO DE SÊMEN CAPRINO

PHYSICOCHEMICAL AND SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION OF BURITI VEGETABLE OIL (*MAURITIA FLEXUOSA L. F.*) AND ITS POTENTIAL APPLICATION IN GOAT SEMEN CRYOPRESERVATION EXTENDERS

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ESPECTROSCÓPICA DEL ACEITE VEGETAL DE BURITÍ (*MAURITIA FLEXUOSA L. F.*) Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN DILUYENTES PARA LA CRIOPRESERVACIÓN DE SEMEN CAPRINO

Aline Francelina de Queiros¹
Luís Felliipe Alves da Silva²
Beatriz Maurício Batista Albuquerque³
Camilla Flávia Avelino de Farias⁴
José Marcos Teixeira de Alencar Filho⁵
Carolina Oliveira de Souza⁶
Francisco Humberto Xavier Júnior⁷
Sildivane Valcácia Silva⁸
Maria Madalena Pessoa Guerra⁹

RESUMO: A criopreservação de sêmen, embora amplamente empregada na biotecnologia reprodutiva, induz estresse oxidativo e danos à membrana espermática, demandando diluentes com maior estabilidade lipídica e atividade antioxidante, cenário em que, óleos vegetais com composição química conhecida se destacam como alternativas promissoras. O objetivo deste estudo foi caracterizar o óleo vegetal de buriti (*Mauritia flexuosa L. f.*) e analisar seu potencial de aplicação em diluentes destinados à criopreservação de sêmen caprino. Para isso, o óleo foi submetido à análise fitoquímica qualitativa, cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização de chama (CG-DIC) e espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). A análise fitoquímica indicou a presença de compostos da fração insaponificável, como triterpenoides e esteroides. A CG-DIC confirmou perfil majoritário de ácidos graxos monoinsaturados, com destaque para o ácido oleico (65,69%), seguida por proporções moderadas de ácidos graxos saturados e uma menor fração de poli-insaturados. O FTIR confirmou a integridade estrutural do óleo, com bandas características de insaturações e grupos carbonila. Em conjunto, os resultados demonstram que o óleo de buriti apresenta perfil químico bem definido e adequado aos sistemas lipídicos utilizados em diluentes seminais, fornecendo base composicional para sua avaliação em formulações voltadas para a criopreservação de sêmen caprino.

Palavras-chave: Ácidos graxos. Antioxidante. Espermatozoide. Diluidor. Ruminante.

¹Doutoranda em Biotecnologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Docente do curso de Medicina Veterinária na Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Instituto Federal da Paraíba – IFPB.

²Mestre em Fisiologia pela Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

³Graduanda em Biotecnologia na Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

⁴Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

⁵Doutor em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFRPE, Docente do curso de Farmácia na Universidade Federal da Bahia – UFBA, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

⁶Doutora em Medicina e Saúde pela Universidade Federal da Bahia – UFBA, Docente do curso de Farmácia na Universidade Federal da Bahia UFBA, Universidade Federal da Bahia – UFBA.

⁷Doutor em Biotecnologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Docente do curso de Biotecnologia Farmacêutica na Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

⁸Doutora em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Docente do curso de Pós-graduação em Biotecnologia na Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

⁹Orientador; doutora em Ciência Animal pela Escola de Veterinária – UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Docente do curso de pós graduação em Biotecnologia na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

ABSTRACT: Semen cryopreservation, although widely employed in reproductive biotechnology, induces oxidative stress and damage to the sperm membrane, thereby requiring extenders with greater lipid stability and antioxidant activity, a context in which vegetable oils with known chemical composition stand out as promising alternatives. The aim of this study was to characterize buriti vegetable oil (*Mauritia flexuosa* L. f.) and to analyze its potential application in extenders intended for goat semen cryopreservation. To this end, the oil was subjected to qualitative phytochemical analysis, gas chromatography coupled with a flame ionization detector (GC-FID), and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). Phytochemical analysis indicated the presence of compounds from the unsaponifiable fraction, such as triterpenoids and steroids. GC-FID confirmed a predominance of monounsaturated fatty acids, with oleic acid (65.69%) as the major component, followed by moderate proportions of saturated fatty acids and a lower fraction of polyunsaturated fatty acids. FTIR analysis confirmed the structural integrity of the oil, with characteristic bands corresponding to unsaturations and carbonyl groups. Taken together, the results demonstrate that buriti oil exhibits a well-defined chemical profile suitable for lipid-based systems used in semen extenders, providing a compositional basis for its evaluation in formulations aimed at goat semen cryopreservation.

Keywords: Fatty acids. Antioxidant. Spermatozoon. Extender. Ruminant.

RESUMEN: La criopreservación de semen, aunque ampliamente empleada en la biotecnología reproductiva, induce estrés oxidativo y daños en la membrana espermática, lo que demanda la formulación de diluyentes con mayor estabilidad lipídica y actividad antioxidante, escenario en el que los aceites vegetales con composición química conocida se destacan como alternativas prometedoras. El objetivo de este estudio fue caracterizar el aceite vegetal de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) y analizar su potencial de aplicación en diluyentes destinados a la criopreservación de semen caprino. Para ello, el aceite fue sometido a análisis fitoquímico cualitativo, cromatografía gaseosa acoplada a detector de ionización de llama (CG-DIC) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). El análisis fitoquímico indicó la presencia de compuestos de la fracción insaponificable, como triterpenoides y esteroides. La CG confirmó un perfil mayoritario de ácidos grasos monoinsaturados, con destaque para el ácido oleico (65,69%), seguido de proporciones moderadas de ácidos grasos saturados y una menor fracción de poliinsaturados. El FTIR confirmó la integridad estructural del aceite, con bandas características de insaturaciones y grupos carbonilo. En conjunto, los resultados demuestran que el aceite de buriti presenta un perfil químico bien definido y adecuado para sistemas lipídicos utilizados en diluyentes seminales, proporcionando una base composicional para su evaluación en formulaciones orientadas a la criopreservación de semen caprino.

Palabras clave: Ácidos grasos. Antioxidante. Espermatozoide. Diluyente. Rumiante.

INTRODUÇÃO

A criopreservação de sêmen é considerada ferramenta fundamental na biotecnologia reprodutiva, pois possibilita a conservação de germoplasma e a potencialização do uso de reprodutores geneticamente superiores. No entanto, os processos de congelação e descongelação induzem elevado grau de estresse oxidativo, resultando em danos à membrana plasmática, à

motilidade e à viabilidade espermática (SHARAFI M, et al., 2022). Essa fragilidade está associada ao aumento na proporção de ácidos graxos poli-insaturados na membrana dos espermatozoides, o que torna essencial o desenvolvimento de estratégias que favoreçam uma maior estabilidade da bicamada lipídica e proteção antioxidante durante a criopreservação (KUMAR A, et al., 2025).

Nesse contexto, cresce o interesse pelo uso de componentes naturais, com destaque para os óleos vegetais, cuja composição lipídica e presença de substâncias bioativas estão associadas a propriedades antioxidantes. A efetividade desses óleos está diretamente relacionada ao seu perfil químico, especialmente ao teor de ácidos graxos, carotenoides e tocoferóis, os quais influenciam sua estabilidade físico-química e capacidade de atuação como sistemas antioxidantes em diferentes matrizes biológicas (BARBOZA RS, et al., 2022; AQUINO JS, et al., 2023).

O buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) é uma palmeira amplamente distribuída pelo Brasil, especialmente na região Amazônica, cujos frutos apresentam polpa oleosa rica em carotenoides e outros compostos lipofílicos (BARBOZA RS, et al., 2022). O óleo extraído dessa polpa apresenta alto teor de ácido oleico, além de concentrações expressivas de β -caroteno e tocoferóis, reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e pela capacidade de reduzir a peroxidação lipídica (MESQUITA PR, et al., 2020; AQUINO JS, et al., 2023).

3

Há evidências científicas de que a composição lipídica dos diluentes seminais impacta diretamente sobre a estabilidade estrutural e funcional das células espermáticas durante os processos de refrigeração e congelamento. Ácidos graxos presentes no meio diluidor podem interagir com a bicamada lipídica dos espermatozoides, influenciando a fluidez da membrana, a tolerância ao estresse osmótico e a susceptibilidade à peroxidação lipídica, aspectos diretamente relacionados à manutenção da viabilidade e da motilidade espermática após a descongelamento (YUAN L, et al., 2023).

Nesse sentido, a caracterização do perfil de ácidos graxos de óleos vegetais para o desenvolvimento da formulação de diluentes, representa etapa fundamental para avaliar sua compatibilidade biológica e viabilidade de aplicação na criopreservação seminal. Assim, o objetivo deste estudo foi caracterizar o óleo vegetal de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) por meio de análises físico-químicas e espectroscópicas e avaliar seu potencial de aplicação em diluentes utilizados na criopreservação de sêmen caprino, considerando suas características intrínsecas e evidências previamente descritas na literatura científica.

REFERENCIAL TEÓRICO

Efeito da criopreservação na célula espermática

A criopreservação de espermatozoides, impõe uma série de injúrias estruturais e funcionais decorrentes das variações extremas de temperatura e dos estresses osmótico, térmico e oxidativo (YESTE M, 2017). Durante o processo de refrigeração, congelamento e posterior descongelamento, a célula espermática sofre danos principalmente na bicamada lipídica, altamente rica em ácidos graxos poli-insaturados, tornando-se especialmente vulnerável à peroxidação lipídica induzida por espécies reativas de oxigênio (ROS) (SHARAFI M, et al., 2022). Essas alterações comprometem a fluidez e a integridade da membrana plasmática e afetam processos essenciais para a fertilidade, como motilidade, integridade acrossomal e potencial mitocondrial (CABRERA T, et al., 2018).

O estresse osmótico decorrente das variações abruptas na concentração de solutos durante os processos de congelamento e descongelamento compromete o volume celular, enquanto a formação de cristais de gelo nos compartimentos intra e extracelular provoca danos mecânicos diretos, contribuindo para lesões irreversíveis. Esses efeitos refletem-se em queda acentuada da motilidade total e progressiva, redução do vigor espermático e deterioração da integridade das membranas plasmática, mitocondrial e acrossomal (SHARAFI M, et al., 2022).

4

Entre essas injúrias, a peroxidação lipídica assume papel central, pois desencadeia uma cascata de destruição da bicamada, aumento da permeabilidade, perda de enzimas e desestabilização de proteínas de membrana (LEE D, et al., 2017). A geração de ROS durante a criopreservação excede a capacidade antioxidante endógena do espermatozoide, que possui baixo conteúdo citoplasmático e limitada atividade enzimática antioxidante (WANG Y, et al., 2025).

Por esse motivo, a literatura tem descrito a suplementação com compostos bioativos exógenos, especialmente aqueles com afinidade pela matriz lipídica e propriedades antioxidantes, como uma abordagem para atenuar os danos oxidativos associados ao processo de criopreservação espermática (MANDAL R, et al, 2014).

Papel dos ácidos graxos na proteção da célula espermática em diluentes seminais

A membrana plasmática do espermatozoide apresenta composição lipídica singular, caracterizada por elevada proporção de ácidos graxos insaturados, condição associada à fluidez

e à funcionalidade celular, mas também à maior susceptibilidade ao estresse oxidativo, especialmente sob condições de refrigeração e criopreservação (SHARAFI M, et al., 2022). Nesse contexto, a incorporação de ácidos graxos aos meios diluidores tem sido amplamente investigada na literatura como abordagem para modulação das propriedades físico-químicas da bicamada lipídica.

Ácidos graxos saturados, como o ácido palmítico, são descritos como componentes estruturais da membrana, contribuindo para a organização da bicamada lipídica e para a manutenção de sua integridade. Além disso, esses ácidos graxos podem atuar como substratos metabólicos para a produção mitocondrial de ATP, conforme demonstrado em estudos *in vitro*, embora os efeitos observados dependam da espécie e das concentrações empregadas (ZHU Z, et al., 2020).

Os ácidos graxos monoinsaturados, com destaque para o ácido oleico, são frequentemente associados à regulação da fluidez de membrana e à estabilidade oxidativa de sistemas lipídicos. Evidências indicam que sua presença está relacionada à menor susceptibilidade à peroxidação lipídica e à modulação da atividade antioxidante endógena em diferentes modelos celulares, sem que tais efeitos sejam generalizados para todas as espécies ou condições experimentais (HUANG Z, et al., 2016).

5

Por sua vez, os ácidos graxos poli-insaturados das famílias ômega-3 e ômega-6 contribuem para o aumento da flexibilidade da bicamada lipídica, favorecendo adaptações estruturais frente a variações térmicas e osmóticas. Entretanto, devido à elevada susceptibilidade desses lipídios à oxidação, a literatura ressalta a necessidade de equilíbrio entre sua proporção e a capacidade antioxidante do sistema, uma vez que o excesso pode intensificar processos oxidativos e comprometer a funcionalidade celular (YUAN L, et al., 2023).

Desta forma, estudos sobre a composição lipídica da membrana espermática demonstram que a elevada proporção de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), embora essencial para a fluidez e funcionalidade celular, aumenta a susceptibilidade à peroxidação lipídica e ao estresse oxidativo, especialmente durante os processos de refrigeração e criopreservação. Nesse contexto, a proporção entre ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados exerce papel central na determinação das propriedades biofísicas da membrana, influenciando sua estabilidade frente às injúrias térmicas e oxidativas (TRAN LV, et al., 2017).

Buriti (*Mauritia Flexuosa* L. f.)

A *Mauritia flexuosa* L. f., conhecida como buriti, é uma palmeira da família *Arecaceae* amplamente distribuída na América do Sul, com ocorrência predominante em ecossistemas alagados da Amazônia, Cerrado e Pantanal brasileiros, onde apresenta elevada relevância ecológica, econômica e sociocultural (RIBEIRO JF, 2008; BARBOZA RS, et al., 2022; RODRIGUES AM, et al., 2024). Trata-se de uma palmeira de grande porte, altamente produtiva, cujos frutos do tipo drupa apresentam polpa espessa, oleosa e intensamente pigmentada (RODRIGUES AM, et al., 2024) (Figura 1).

Figura 1 - Palmeira Buriti (*Mauritia Flexuosa*)



Fonte: Rabelo, França, 2015.

A polpa do fruto destaca-se pelo elevado teor de lipídios e pela presença de compostos bioativos, especialmente carotenoides, com ênfase no β -caroteno, responsável pela coloração alaranjada característica e por sua atividade antioxidante e função provitamina A (AQUINO JS, et al., 2023). O óleo vegetal extraído dessa polpa apresenta perfil lipídico caracterizado pela predominância de ácidos graxos monoinsaturados, principalmente o ácido oleico, acompanhado por proporções moderadas de ácidos graxos saturados, como o ácido palmítico, e menores teores de ácidos poli-insaturados, configuração associada à elevada estabilidade oxidativa e à afinidade com sistemas biológicos lipofílicos (DARNET S, et al., 2011; MESQUITA PR, et al., 2020).

Além disso, o óleo de buriti contém elevados teores de antioxidantes naturais, como tocoferóis (principalmente α - e β -tocoferol) e carotenoides lipossolúveis, que atuam de forma sinérgica na neutralização de espécies reativas de oxigênio e na proteção contra a peroxidação

lipídica (CÉSAR et al., 2019; AQUINO JS, et al., 2023). A combinação dessas características confere ao óleo de buriti propriedades relevantes para aplicações biotecnológicas, incluindo o potencial uso em formulações destinadas à proteção de células espermáticas frente aos danos oxidativos associados aos processos de refrigeração e criopreservação.

MÉTODOS

Obtenção do óleo vegetal de buriti

O óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) foi adquirido de fornecedor comercial (Aroma D'alma®, São Paulo, São Paulo, Brasil) lote: 230863, validade: fevereiro/2026, obtido por meio do processo de prensagem a frio e armazenado em frasco âmbar. O óleo foi mantido sob temperatura ambiente e protegido da luz, visando minimizar processos oxidativos e preservar suas propriedades até o momento de sua utilização. O acesso ao patrimônio genético foi regularizado nos termos da Lei nº 13.123/2015, estando devidamente cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado – SISGEN, sob o número A9Fo38B.

Análise fitoquímica qualitativa de compostos orgânicos

7

Para avaliação qualitativa primária da composição química do óleo vegetal de buriti, foi realizada uma triagem fitoquímica a partir da reação de Lieberman-Burchard (anidrido acético + ácido sulfúrico concentrado) (NATH MC, et al., 1946) em tubo de ensaio contendo aproximadamente 250 µL da amostra, 3 mL de clorofórmio e 2 mL de anidrido acético. A solução foi agitada suavemente e, posteriormente, foram cuidadosamente acrescentadas três gotas de H₂SO₄ concentrado para novo processo de agitação e observação de alteração colorimétrica.

Cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização de chama (CG-DIC)

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) do óleo de buriti foram obtidos por derivatização dos lipídios totais, conforme descrito por Nascimento R Q, et al., (2022). Para tanto, uma alí-quota do óleo vegetal de buriti (0,025g) foi submetida à reação de saponificação com uma solução metanólica de NaOH (0,5 M), seguida de metilação com solução metanólica de BF₃ (12%, m v⁻¹) e extração do EMAG com isooctano.

Os EMAG foram separados em cromatógrafo gasoso (Perkin Elmer Clarus 680), com detector de ionização de chama e coluna DB – Fast FAME (30m x 0,25mm x 0,25 m). Os

parâmetros de análise foram temperatura do injetor 250 °C, temperatura do detector 280 °C, com forno em temperatura programada para 60 °C por 0,5 min, aumentando 25 °C/min até 194 °C, permanecendo nessa temperatura por 1 min, aumentando 5 °C/min até 235 °C, e permanecendo nesta temperatura por 1 minuto. Hélio foi usado como gás de arraste com vazão de 1,0 mL/min, e 1 µL foi injetado, com análise realizadas em modo split (1:50).

A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com o tempo de retenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos de uma mistura padrão (C4-C24 189-19, Sigma Aldrich, San Luis, MO, EUA), e a quantificação foi realizada por normalização das áreas dos picos. Somatório dos ácidos graxos saturados totais (SFA), ácidos graxos monoinsaturados totais (MU-FA) e ácidos graxos poliinsaturados totais (PUFA) foram calculadas com base no perfil de ácidos graxos.

Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier

Os espectros de infravermelho com transformada de Fourier foram registrados em um espectrômetro Vertex 70 (Bruker Optics, Ontário, Canadá), equipado com um detector DTGS, uma fonte Global e um divisor de feixe de gama, utilizando o dispositivo de Reflectância Total Atenuada (ATR) (Platinum, Bruker Optics, Ontário, Canadá). Os espectros de infravermelho foram obtidos com uma resolução de 4 cm⁻¹ na região de 4000-600 cm⁻¹. Todos os dados obtidos foram normalizados através do software OriginPro® (Northampton, Massachusetts, Estados Unidos).

8

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise fitoquímica qualitativa de compostos orgânicos

A metodologia empregada evidenciou a resposta exotérmica característica da reação de Liebermann-Burchard com mudança de coloração de azul evanescente para verde, confirmando a presença de compostos pertencentes às classes dos triterpenoides/esteroides na amostra de óleo vegetal de buriti analisada. Essa reação é comumente utilizada como ensaio qualitativo para a detecção de compostos da fração insaponificável de óleos vegetais, especialmente triterpenos, esteróis e seus derivados, cuja presença tem sido consistentemente descrita no óleo extraído da polpa de *Mauritia flexuosa* (BATAGLION GA, et al., 2015; TICONA LA, et al., 2024) (Figura 2).

Figura 2 - Reação de Liebermann-Burchard Realizada no Óleo Vegetal de Buriti



Fonte: QUEIROS AF, et al., 2026.

De acordo com a literatura, o esqualeno é o principal triterpeno identificado no óleo de buriti, atuando como triterpeno acíclico, precursor biossintético de esteroides e triterpenos cíclicos, além de integrar a fração insaponificável dessa matriz lipídica. Além do esqualeno, o óleo de *Mauritia flexuosa* apresenta fitosteróis como β -sitosterol, estigmasterol e seus derivados, incluindo o estigmastan-3,5-dieno, compostos que respondem positivamente à reação de Liebermann-Burchard e que são reconhecidos por sua atividade biológica (BATAGLION GA, et al., 2015).

Esses constituintes têm sido associados em diferentes modelos experimentais, a propriedades antioxidantes, especialmente por sua capacidade de atuar como sequestradores de espécies reativas de oxigênio e de interromper reações em cadeia de peroxidação lipídica em sistemas ricos em ácidos graxos insaturados (BATAGLION GA, et al., 2015; TICONA LA, et al., 2024). No caso específico do óleo de buriti, a presença concomitante de triterpenos, fitosteróis, tocoferóis e carotenoides têm sido descritos como responsável por sua elevada estabilidade oxidativa, característica relevante para aplicações biotecnológicas que envolvem matrizes lipídicas e sistemas biológicos (AQUINO JS, et al., 2023).

No âmbito da criopreservação seminal, a incorporação de antioxidantes lipossolúveis em diluentes tem sido investigada como estratégia para reduzir os danos induzidos pelo estresse oxidativo durante os processos de refrigeração e congelamento. Bucak MN, et al. (2010), trabalhando com sêmen ovino, avaliaram a adição de antioxidantes de natureza lipídica,

incluindo α -tocoferol, ao diluente seminal e observaram redução significativa da peroxidação lipídica e das espécies reativas de oxigênio, associada à melhora da motilidade espermática e da integridade da membrana plasmática após a descongelação.

De forma complementar, Jurado-Campos A, et al. (2021), utilizando sêmen de cervo-vermelho, demonstraram que a veiculação de antioxidantes lipofílicos em sistemas nanoestruturados foi mais eficaz que a aplicação dos antioxidantes na forma livre. Os autores relataram maior estabilidade oxidativa do diluente, com preservação da motilidade progressiva e da integridade da membrana plasmática, e redução dos danos oxidativos no sêmen pós-descongelação, atribuídos à maior biodisponibilidade e estabilidade dos compostos antioxidantes no meio diluidor.

Nesse contexto, a detecção qualitativa de triterpenoides e esteroides no óleo vegetal de buriti reforça o potencial dessa matriz lipídica como fonte natural de compostos antioxidantes com afinidade por sistemas biológicos, sustentando sua aplicabilidade em formulações destinadas à proteção espermática no âmbito da criopreservação seminal.

Cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização de chama

Diante da caracterização química, os dados obtidos demonstram elevada coerência entre as proporções dos ácidos graxos que compõem o óleo vegetal de buriti, especialmente no que se refere à predominância de ácidos graxos monoinsaturados e à manutenção do padrão de distribuição composicional característico dessa matriz lipídica (Tabela 1).

Tabela 1- Compostos detectados na caracterização química do óleo vegetal de Buriti, conforme CG-DIC

Código	Nome Químico	Nome Popular	Grau de Insaturação	Tempo de retenção (min)	Área	% do composto
C16:0	Ácido hexadecanoico	Ácido palmítico	Saturado	9,38	50584,76	28,45
C18:0	Ácido octadecanoico	Ácido esteárico	Saturado	10,92	5332,58	3,00
C18:1cis	Ácido (9Z)-octadecenoico	Ácido oleico	Monoinsaturado (cis)	11,22	116783,03	65,69
C18:1trans	Ácido (9E)-octadecenoico	Ácido elaídico	Monoinsaturado (trans)	11,22	561,02	0,32
C18:2cis	Ácido (9Z,12Z)-octadecadienoico	Ácido linoleico	Poli-insaturado (ω -6)	11,64	3055,49	1,72
C18:3n3	Ácido (9Z,12Z,15Z)-octadecatrienoico	Ácido α -linolênico	Poli-insaturado (ω -3)	12,24	847,00	0,48
C20:1	Ácido eicosenoico	Ácido gadoleico	Monoinsaturado	13,01	619,00	0,35
Ácidos graxos saturados						31,45

Ácidos graxos monoinsaturados	66,36
Ácidos graxos poli-insaturados	2,20

Fonte: QUEIROS AF, et al., 2026.

No presente estudo, o ácido oleico correspondeu a 65,69% da composição total, seguido pelo ácido palmítico (28,45%). Em menores proporções, também foram detectados o ácido linoleico, o ácido α -linolênico, o ácido elaídico e o ácido gadolênico, compondo a fração mono e poli-insaturada do óleo, perfil compatível com resultados recentes descritos na literatura.

Estudos publicados em 2025 reportaram teores de ácido oleico predominantemente na faixa de 65–72%, com o ácido palmítico variando entre 20–28%, mantendo-se consistentemente como o segundo ácido graxo majoritário. Da Silva BS, et al. (2025), ao avaliarem amostras de óleo de *Mauritia flexuosa* provenientes de diferentes regiões, observaram valores médios de ácido oleico próximos a 70%, com variações discretas entre amostras, sem alteração da composição qualitativa ou da ordem de predominância dos ácidos graxos. De modo semelhante, Souto RN, et al. (2025) relataram perfil lipídico caracterizado por elevada proporção de ácido oleico e teores estáveis de ácido palmítico, independentemente das condições de processamento avaliadas. Esses achados corroboram observações anteriores de literatura que indicam que, apesar de variações quantitativas pontuais entre amostras e técnicas analíticas, o óleo de *Mauritia flexuosa* apresenta perfil de ácidos graxos consistente, com predomínio de ácido oleico e baixa variabilidade estrutural da matriz lipídica (MARCELINO G, et al., 2022).

Sob a perspectiva da criopreservação seminal, a predominância de ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido oleico, observada no óleo de buriti, constitui um dado químico relevante. Estudos sobre a organização da membrana espermática, descrevem que ácidos graxos dessa classe estão associados à modulação da fluidez da bicamada lipídica durante variações térmicas, sem aumento expressivo da susceptibilidade à peroxidação lipídica, observada em sistemas ricos em ácidos graxos poli-insaturados (MANDAL R, et al. 2014). Em modelos experimentais com outras espécies, o ácido oleico tem sido incorporado a diluentes em baixas concentrações, com relatos de melhora na motilidade e viabilidade espermática pós-descongelção, associados à redução da peroxidação lipídica e ao aumento da atividade antioxidante, como, por exemplo, da enzima superóxido dismutase (HUANG Z, et al., 2016; SOLTANI L, 2023; YUAN Y, et al., 2023).

Adicionalmente, a presença de ácidos graxos saturados, como o ácido palmítico, em proporções moderadas, é descrita na literatura como componente estrutural da bicamada

lipídica, contribuindo para sua organização e estabilidade frente às alterações físicas impostas pelos processos de refrigeração e congelação (MANDAL R, et al., 2014).

Estudos experimentais em javali indicam que o ácido palmítico, em associação com o ácido oleico, pode atuar como substrato energético para a produção de ATP via β -oxidação mitocondrial, com reflexos positivos sobre parâmetros cinéticos e integridade celular (ZHU Z, et al., 2020), sem que tais efeitos sejam extrapolados diretamente para a espécie caprina.

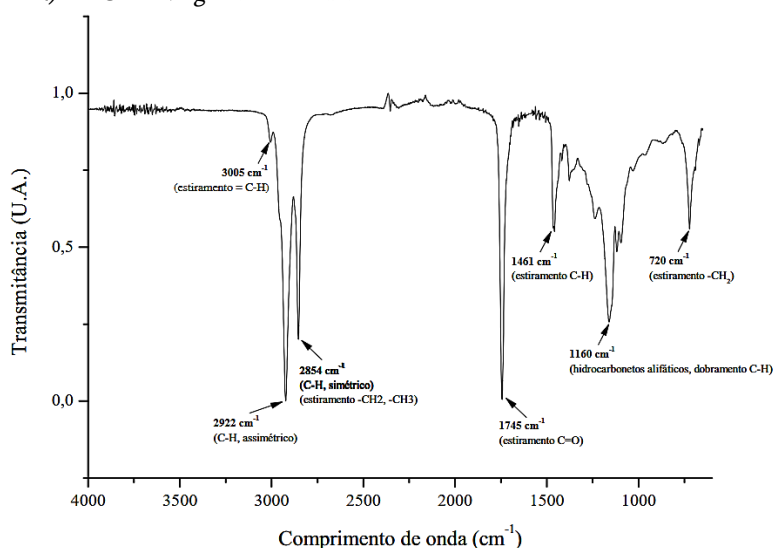
Na criopreservação do sêmen caprino, a interação entre o plasma seminal e os componentes lipídicos do diluente constitui fator determinante para a manutenção da integridade da membrana espermática. Secreções das glândulas bulbouretrais contêm enzimas capazes de atuar sobre fosfolipídios presentes em diluentes tradicionais à base de gema de ovo ou leite, resultando na formação de subprodutos que podem comprometer a estrutura da membrana quando o plasma seminal não é adequadamente removido durante o processamento (LEBOEUF B, et al., 2000).

Nesse contexto, a investigação de matrizes lipídicas alternativas, com composição química definida e previsível, livres de produtos de origem animal, apresenta-se como abordagem relevante no desenvolvimento de diluentes destinados ao sêmen caprino. Assim, os resultados cromatográficos obtidos indicam que o óleo vegetal de buriti apresenta perfil de ácidos graxos quimicamente consistente e compatível com características descritas na literatura para sistemas lipídicos empregados em diluentes seminais.

Espectroscopia de infravermelho

A partir da análise espectroscópica, puderam ser identificadas bandas de absorção características do óleo vegetal de buriti. Bandas atribuídas ao estiramento das ligações C-H foram observadas em 2922 cm^{-1} e 2854 cm^{-1} , associadas principalmente a estruturas de alcanos saturados presentes nas cadeias alifáticas dos ácidos graxos. Adicionalmente, bandas relacionadas a deformações angulares de C-H foram registradas em 1461 cm^{-1} , bem como uma banda correspondente ao estiramento $=\text{C-H}$ em 3005 cm^{-1} , indicativa da presença de insaturações na cadeia carbônica (Figura 3).

Figura 3 - Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier - Reflectância Total Atenuada (FTIR-ATR) do Óleo Vegetal de Buriti



Fonte: QUEIROS AF, et al., 2026.

Na região de 1745 cm^{-1} , foi observada uma banda intensa atribuída ao estiramento da ligação $\text{C}=\text{O}$, característica de grupos carbonila, diretamente relacionada à presença de ésteres de ácidos graxos na composição do óleo. Ademais, as bandas localizadas em 2854 cm^{-1} e 1160 cm^{-1} são comumente associadas a vibrações de ligações $\text{C}-\text{H}$ e $\text{C}-\text{O}$ em hidrocarbonetos alifáticos, refletindo a ocorrência de cadeias longas de ácidos graxos e a lipofílicidade intrínseca da matriz lipídica analisada.

De forma complementar, a identificação de uma banda em 720 cm^{-1} , atribuída ao modo de vibração de balanço do grupo $-\text{CH}_2$, reforça a presença de cadeias alifáticas longas com certo grau de organização estrutural, característica frequentemente descrita para sistemas lipídicos íntegros. Assim, o espectro do óleo vegetal de buriti apresentou bandas características e intensas, coerentes com a composição lipídica do material analisado e em concordância com padrões espectroscópicos previamente descritos na literatura para óleos vegetais ricos em ácidos graxos (LEITE-BARBOSA O, 2024).

A coexistência de bandas associadas a insaturações (3005 cm^{-1}) e a grupos carbonila (1745 cm^{-1}) indica uma matriz lipídica com equilíbrio entre fluidez estrutural e estabilidade química, uma vez que a presença de insaturações está relacionada à flexibilidade da bicamada lipídica, enquanto os grupos éster-carbonila refletem a integridade dos triacilgliceróis e a organização da fase lipídica. Esse conjunto de sinais espectroscópicos é consistente com o perfil reportado para

óleos vegetais e, especificamente, para o óleo de *Mauritia flexuosa*, conforme descrito em estudos que empregaram FTIR e ATR-FTIR para avaliação estrutural e de qualidade (DA SILVA BS, et al., 2022).

Sob a perspectiva da aplicação biotecnológica, tais características estruturais são relevantes para formulações lipídicas destinadas à criopreservação seminal, uma vez que, a composição de ácidos graxos das membranas espermáticas está associada às propriedades biofísicas da bicamada lipídica, especialmente à fluidez, a qual se relaciona com a função espermática e com a resposta das células aos processos de criopreservação (MANDAL R, et al., 2014). Dessa forma, a caracterização espectroscópica apresentada, fundamenta a compatibilidade físico-química do óleo de buriti com formulações destinadas à proteção espermática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização físico-química e espectroscópica do óleo vegetal de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) evidenciou uma matriz lipídica quimicamente consistente, com perfil de ácidos graxos bem definido e compatível com padrões descritos na literatura para óleos vegetais de elevada estabilidade oxidativa. A predominância de ácidos graxos monoinsaturados, associada à presença moderada de ácidos graxos saturados e à baixa proporção de ácidos graxos poliinsaturados, indica um arranjo composicional favorável à estabilidade estrutural de sistemas lipídicos submetidos a variações térmicas.

14

As análises fitoquímicas, cromatográficas e espectroscópicas corroboraram a integridade estrutural da matriz lipídica e sua compatibilidade físico-química com formulações lipídicas destinadas a aplicações biotecnológicas. Sob a perspectiva da criopreservação seminal, essas características são coerentes com atributos descritos para componentes lipídicos empregados em diluentes seminais, fornecendo base composicional sólida para a investigação do óleo de buriti em formulações destinadas à criopreservação de sêmen caprino.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

- AQUINO JS, et al. Chemical composition, antioxidant capacity and oxidative stability of buriti oil (*Mauritia flexuosa*). *Food Research International*, 2023; 169: 112856–112865.
- BARBOZA RS, et al. Chemical and nutritional characterization of *Mauritia flexuosa* fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2022; 109: 104506–104515.
- BATAGLION GA, et al. Characterization of unsaponifiable fraction of vegetable oils by mass spectrometry. *Food Chemistry*, 2015; 178: 266–272.
- BUCAK MN, et al. The influence of trehalose, taurine, cysteamine and hyaluronan on ram semen after freeze–thawing process. *Theriogenology*, 2010; 74(3): 422–431.
- CABRERA T, et al. Influence of the sperm lipidomic profile on the cryoresistance of frozen stallion spermatozoa. *Theriogenology*, 2018; 108: 161–166.
- CESAR F, et al. Tocopherols and carotenoids as natural antioxidants in buriti oil. *Journal of Food Science*, 2019; 84: 2100–2108.
- DARNET S, et al. Fatty acid composition of buriti oil (*Mauritia flexuosa* L. f.). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2011; 88: 173–179.
- HUANG Z, et al. Oleic acid supplementation improves sperm quality by reducing lipid peroxidation. *Theriogenology*, 2016; 86: 1573–1581.
- JURADO-CAMPOS A, et al. Vitamin E delivery systems increase resistance to oxidative stress in red deer sperm cells: hydrogel and nanoemulsion carriers. *Antioxidants*, 2021; 10(11): 1780.
- LEE D, et al. Peroxiredoxins prevent oxidative stress during human sperm capacitation. *Molecular Human Reproduction*, 2017; 23(2): 106–115.
- LEBOEUF B, et al. Production and storage of goat semen for artificial insemination. *Animal Reproduction Science*, 2000; 62: 113–141.
- MANDAL R, et al. Role of membrane lipid fatty acids in sperm cryopreservation. *Advances in Andrology*, Cairo, v. 2014, art. ID 190542, p. 1–9.
- MARCELINO G, et al. Lipid profile and oxidative stability of Amazonian oils. *Food Research International*, 2022; 154: 111028–111036.
- MESQUITA PRR, et al. Chemical characterization of buriti oil by GC–MS. *Journal of Chromatography A*, 2020; 1624: 461233–461241.
- NASCIMENTO RQ, et al. Utilization of agro-industrial residues in the rearing and nutritional enrichment of *Zophobas atratus* larvae. *Molecules*, 2022; 27(20): 6963.
- RABELO A, FRANÇA F. Buriti: coleta, pós-colheita, processamento e beneficiamento dos frutos de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). Manaus: INPA; 2015. 42 p.

RIBEIRO JF. Ecologia e distribuição do buriti no Brasil Central. *Acta Botanica Brasilica*, 2008; 22: 95-103.

RODRIGUES AM, et al. Socioeconomic importance of *Mauritia flexuosa* in Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2024; 20: 45-55.

SALAMON S, MAXWELL WMC. Storage of ram semen. *Animal Reproduction Science*, 2000; 62: 77-111.

SHARAFI M, et al. Cryopreservation of semen in domestic animals: current challenges, applications, and prospective strategies. *Animals*, 2022; 12(23): 3271.

SOLTANI L. Effects of oleic acid supplementation on semen cryopreservation. *Cryobiology*, 2023; 110: 23-30.

SOUTO RNM, et al. Buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) and acuri oils as functional lipid sources in bakery products. *Foods*, 2025; 14(17): 3089.

TICONA LA, et al. Study of pentacyclic triterpenes from lyophilised aguaje. *International Journal of Molecular Sciences*, 2024; 25(17): 9615.

TRAN LVA, et al. Polyunsaturated fatty acids in male ruminant reproduction: a review. *Animal Bioscience*, 2017; 30: 622-637.

WANG Y, et al. Mechanisms of oxidative stress-induced sperm dysfunction. *Frontiers in Endocrinology*, 2025; 16: 1520835.

YUAN Y, et al. Fatty acids, oxidative stress and sperm function. *Frontiers in Veterinary Science*, 2023; 10: 1178452.

ZHU Z, et al. Exogenous oleic acid and palmitic acid improve boar sperm motility via mitochondrial β -oxidation. *Animals*, 2020; 10(4): 591.