



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ

INSTITUTO DE SAÚDE COLETIVA

BACHARELADO EM FARMÁCIA

BRUNO VIANA COSTA

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO ÓLEO DE BURITI E
GORDURA DE CUPUAÇU PARA PRODUÇÃO DE NANOEMULSÕES DE USO
ALIMENTAR**

Santarém -PA

2023

BRUNO VIANA COSTA

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO ÓLEO DE BURITI E
GORDURA DE CUPUAÇU PARA PRODUÇÃO DE NANOEMULSÕES DE USO
ALIMENTAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado em formato de artigo para o
Instituto de Saúde Coletiva (ISCO), para
obtenção do título de Bacharel em
Farmácia pela Universidade Federal do
Oeste do Pará.

Orientadora: Dr^a Rayanne R. Pereira.

SANTARÉM-PA

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE SAÚDE COLETIVA
COORDENAÇÃO ACADÊMICA

Fone (093) 2101-4933 / Email: coordenacao academica.usco@ufopa.edu.br

ATA DE DEFESA DE TCC

Aos 10/02/2023, às 14 horas, foi convocada e formada a banca examinadora composta de três professores e/ou autoridades nesta Universidade, abaixo nominados, para o exame do trabalho escrito, apresentação oral do Trabalho de Conclusão de Curso-TCC, elaborado pelo acadêmico BRUNO VIANA COSTA, cujo título é "AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO ÓLEO DE BURITI E GORDURA DE CUPUACU PARA PRODUÇÃO DE NANOEMULSÕES DE USO ALIMENTAR". Foi concedido o tempo máximo de 20 minutos para o acadêmico fazer a exposição oral do trabalho, atribuindo-se outros 30 minutos para arguições. Após a apresentação foram feitas as arguições ao acadêmico, visando a avaliação e crédito na disciplina. Concluídas as arguições, a banca passou à deliberação sobre a avaliação, considerando os seguintes critérios: Qualidade Técnica do Trabalho; Domínio do Conteúdo; Qualidade na Exposição Oral; Clareza e Coerência dos Objetivos da Pesquisa, Problemática, Métodos e Formas de Intervenção; e Referencial Teórico, Resultados e Bibliografia. Após a deliberação, concluída a presente banca de exame de TCC, trabalho foi considerado:

☒ Aprovado (nota $\geq 6,0$).

☐ Reprovado (nota $< 6,0$).

Professor (a)	Função	Nota (0 a 10)
WALDINEY PIREN MORAES	Membro	10,0
DANIELE FERREIRA DA SILVA	Membro	9,5
	Média	9,75

A entrega da versão final do TCC, com as devidas alterações apontadas pela Banca Examinadora, deverá ocorrer no prazo de 15 (quinze) dias após defesa.

Assinaturas dos membros da banca

Presidente - Dayanne Rocha Pires
Membro - Danielle Ferreira da Silva
Membro - Waldiney Pires Moraes

Santarém, 10 de fevereiro de 2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

-
- C837a Costa, Bruno Viana
Avaliação da atividade antioxidante do óleo de buriti e gordura de cupuaçu para
produção de nanoemulsões de uso alimentar / Bruno Viana Costa – Santarém, 2023.
35 p. : il.
Inclui bibliografias.
- Orientador: Rayanne R. Pereira
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do
Pará, Instituto de Saúde Coletiva, Bacharelado em Farmácia.
1. Nanoemulsões. 2. Óleo de buriti. 3. β – caroteno. 4. alimentos funcionais. I. Pe-
reira, Rayanne R., *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 615.7

Bibliotecário-Documentalista: Ronne Clayton de Castro Gonçalves – CRB2/1410

Este trabalho é dedicado à minha família, amigos e a
minha querida orientadora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus amados pais Vilson e Maria do Rosário pelo apoio durante todo o percurso acadêmico, vocês são a minha maior inspiração e sem vocês nada disso seria possível.

A profa. Dra. Rayanne Rocha Pereira, pela orientação e confiança. Seu incentivo foi fundamental para alcance desta meta.

A profa. Dra. Roseane Maria Ribeiro Costa, coordenadora do laboratório de tecnologia farmacêutica da Universidade Federal do Pará (UFPA), por ter gentilmente cedido o laboratório para a análise de caracterização das formulações.

Aos meus queridos professores, técnicos e preceptores, seus ensinamentos foram importantes para meu crescimento pessoal e profissional.

A coordenação acadêmica do curso, por auxiliar com informações e questões burocráticas que muito nos afligiam.

Aos amigos que fiz durante a graduação que por muitos momentos afastaram o estresse e ansiedade da vida acadêmica.

Aos meus colegas de laboratório, pelo apoio e auxílio nos desafios da iniciação científica.

A Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) por fornecer ensino superior público e de qualidade contribuindo com o desenvolvimento da região.

RESUMO

A gordura de cupuaçu, óleo de buriti e o *blend* (cupuaçu/ buriti) foram avaliados quanto à qualidade nutricional dos ácidos graxos, atividade antioxidante e utilizados como fase oleosa para produção de nanoemulsões. O índice de aterogenicidade (AI), índice de trombogenicidade (TI); razão hipocolesterolêmico/hipercolesterolêmico (HH) foi de 0,29, 1,89 e 0,88 para gordura de cupuaçu e 0,24, 0,48 e 3,79 para o óleo de buriti, respectivamente. O teor β -caroteno no óleo de buriti, gordura de cupuaçu e o *blend* foi de $80,24 \pm 3$ mg/100g de óleo, $4,62 \pm 0,7$ e $25,46 \pm 2,3$, respectivamente. A atividade antioxidante foi determinada por ABTS e DPPH. Os resultados de DPPH foram 175 μ M, 165 μ M e 185 μ M de Trolox. Para óleo de buriti, gordura de cupuaçu e *blend*. Os resultados do ABTS foram 210,33 μ M, 83,67 μ M e 167 μ M de Trolox. Um planejamento experimental fatorial completo 2^2 foi aplicado para avaliar os parâmetros do tensoativo (%) e da *blend* cupuaçu/buriti (%) sobre o tamanho de gotícula e o índice de polidispersão (PDI) das nanoemulsões. As gotículas das formulações apresentaram tamanhos variando de 33,31 a 86,96 nm e o PDI variando de 0,176 a 0,573. As nanoemulsões produzidas apresentaram características interessantes para aplicação na produção de alimentos funcionais.

Palavras chaves: nanoemulsões, óleo de buriti, β – caroteno, alimentos funcionais.

ABSTRACT

Cupuaçu fat, buriti oil and their blends was evaluated about the nutritional lipid's quality, antioxidant activity and used as the lipid phase for nanoemulsions production. Atherogenicity index (AI), thrombogenicity index (TI); hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio (HH) was 0.29, 1.89 and 0.88 for cupuaçu fat and 0.24, 0.48 and 3.79 for buriti oil. The β -carotene content in Buriti oil, cupuaçu fat and the blend was 80.24 ± 3 mg/100g oil, 4.62 ± 0.7 e 25.46 ± 2.3 , respectively. The antioxidant activity was mensured by ABTS and DPPH. DPPH results were $175 \mu\text{M}$, $165 \mu\text{M}$ and $185 \mu\text{M}$ Trolox, for Buriti oil, cupuaçu fat and the blend. ABTS results were $210.33 \mu\text{M}$, $83.67 \mu\text{M}$ and $167 \mu\text{M}$ Trolox. A full factorial experimental design 2^2 was applied to evaluate surfactant (%) and cupuaçu/ buriti blend (%) parameters on the particle size and polydispersity index (PDI) of the nanoemulsions. The nanoemulsions droplets showed sizes ranging from 33.31 to 86.96 nm and the PDI ranging 0.176 to 0.573. The nanoemulsions produced showed interesting size for application in functional foods production.

Keyword; nanoemulsions, buriti oil, β -carotene, functional foods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1: Composição de AG e índices de qualidade nutricional da gordura de cupuaçu e óleo de buriti.....	18
Figura 1: Curva de DSC da gordura de cupuaçu.....	19
Tabela 2: . Concentrações de flavonoides e β - caroteno em gordura de cupuaçu (GC); óleo de buriti (OB) e blend (cupuaçu/buriti).....	20
Tabela 3. Atividade antioxidante da gordura de cupuaçu (GC), óleo de buriti (OB) e do blend (cupuaçu/buriti)	21
Figura 2: Nanoemulsões do blend (óleo de cupuaçu/buriti) 24h após preparação.....	22
Tabela4: Resultados de DoE para nanoemulsões de cupuaçu/buriti.....	23
Tabela 5: Resultados ANOVA calculados a partir dos dados do projeto experimental para a predição de tamanho de gotícula e PDI.....	23
Figura 3: Descrição da superfície de resposta do efeito da concentração do Blend e Vit E TPGS no tamanho de gotícula das nanoemulsões cupuaçu/buriti.....	24
Figura 4: Descrição da superfície de resposta do efeito da concentração do Blend e Vit E TPGS no PDI das nanoemulsões cupuaçu/buriti.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS	2,2-azinobis (3-ethylbenzothiazolin-6)-sulfonic acid)
ANOVA	Teste de Análise de Variância
A/O	Água em óleo
AI	Índice de aterogenicidade
Capryol™ 90	Propylene glycol monocaprylate type II
COX	Valor de estabilidade oxidativa
GC-MS	Cromatografia gasosa acoplado a espectrometria de massas
DoE	Planejamento de Experimentos (<i>Design of experiments</i>)
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
DSC	Calorimetria diferencial exploratória
GC	Gordura de cupuaçu
H/H	Razão hipocolesterolêmico e hipercolesterolêmico
OB	Óleo de buriti
O/A	Óleo em água
MUFA	Ácidos graxos monoinsaturados
PUFA	Ácidos graxos poli-insaturados
PDI	Índice de polidispersibilidade
PIC	Inversão da Composição das Fases (<i>phase inversion composition</i>)
SFA	Ácidos graxos saturados
Trolox	6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid
TPGS	D- α -Tocopheryl polyethylene glycol 1000 succinate
TI	Índice de trombogenicidade
UFA	Ácidos graxos insaturados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	MATERIAIS E MÉTODOS	14
2.1	Materiais	14
2.2	Métodos	14
2.2.1	Perfil de ácidos graxos.....	14
2.2.2	Qualidade nutricional e capacidade oxidativa	15
2.2.3	Preparação do <i>blend</i>	15
2.2.4	Calorimetria diferencial exploratória (DSC)	15
2.2.5	Teor de β - caroteno.....	15
2.2.6	Teor de Flavonoides	16
2.2.7	Atividade antioxidante por DPPH	16
2.2.8	Atividade antioxidante por ABTS	16
2.2.9	Preparação das nanoemulsões	17
2.2.10	Full Factorial 2 ²	17
2.2.11	Tamanho de gotícula, PDI e potencial zeta	17
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1	Composição de ácidos graxos, capacidade oxidativa e índices de qualidade nutricional	18
3.2	Calorimetria diferencial exploratória (DSC)	20
3.3	Atividade antioxidante e concentração de β -caroteno e flavonoides.....	21
3.4	Nanoemulsões	23
3.5	Full Factorial 2 ²	24
4	CONCLUSÃO	28
5	REFERÊNCIAS	29
6	ANEXO I.....	35

1 INTRODUÇÃO

A floresta amazônica é a maior floresta tropical do mundo e abriga uma ampla variedade de plantas com alto potencial de aplicação na indústria alimentícia (Santos *et al.*, 2015). Os óleos e gorduras amazônicas tem sido largamente estudados como insumo para formulações de grau alimentício (Pereira *et al.*, 2020). O interesse pelos óleos vegetais reside principalmente em seu alto teor de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e ácidos graxos poli-insaturados (PUFA). Estudos epidemiológicos mostram forte relação entre uma dieta rica em PUFA e MUFA na diminuição da ocorrência de doenças coronarianas, câncer e diabetes (Moraes e Uhlman 2021). Junto aos ácidos graxos, óleos vegetais são fonte de antioxidantes, como carotenóides, polifenóis e vitaminas (Pereira *et al.* 2019).

O *Theobroma grandiflorum*, popularmente conhecido como cupuaçu, é uma espécie vegetal nativa do sul e sudeste do Pará, em parte do Maranhão e Tocantins e atualmente está disseminada em quase toda a Amazônia, por isso seu fruto tem intensa atividade comercial nesta região, principalmente para o beneficiamento da polpa, das sementes e da gordura extraída delas (Cohen e Jackix, 2009). A *Mauritia flexuosa*, também é uma espécie amazônica, conhecido popularmente como buriti, é um fruto rico em carotenóides, principalmente o β -caroteno. A polpa do buriti é amplamente usada na produção de sucos, sorvetes, geleias, além de ser consumido *in natura* (Pereira *et al.*, 2020). Ainda da polpa, extrai-se um óleo rico em ácidos graxos mono e poli-insaturados, em especial o ácido oleico que pode chegar à 78% (Marcelino *et al.* 2022).

Além do alto teor de ácidos graxos mono e poliinsaturados, o óleo de buriti é rico em β -caroteno e devido aos benefícios biológicos dessas substâncias as indústrias de alimentos tem buscado formas de adicioná-los em preparações alimentícias (Barbalho *et al.*, 2022; Moraes e Gutjahr, 2012; Speranza *et al.* 2016). Porém, as características hidrofóbicas destes compostos podem dificultar a incorporação em produtos. Dessa forma, o uso de aplicações nanotecnológicas, como as nanoemulsões, podem ajudar a superar esses obstáculos.

Nanoemulsões são sistemas dispersos produzidos a partir de dois líquidos imiscíveis e estabilizados por um tensoativo. O termo “nano” refere-se ao tamanho das gotículas em escala nanométrica (até 500nm) (Oliveira *et al.*, 2022). As nanoemulsões de uso alimentar são normalmente (o/a) e têm como benefícios melhorar a biodisponibilidade de nutrientes e bioativos, carrear substâncias lipossolúveis em matrizes hidrossolúveis, além da proteção dos

ativos contra oxidação (Salvia-Trujillo *et al.*, 2013). Diversos métodos são empregados na produção de nanoemulsões, dentre eles o PIC (inversão da composição das fases) que é caracterizado pela adição de uma fase aquosa em uma fase orgânica contendo o óleo e um tensoativo hidrofílico. A água é adicionada e a nanoemulsão é formada seguindo a seguinte ordem: a fase aquosa é inserida em baixas quantidades sobre a fase oleosa, formando uma emulsão A/O, no entanto, quando o teor de água crítico é excedido, a taxa de coalescência das gotículas de água excede a taxa de coalescência das gotículas de óleo, assim, o equilíbrio entre a coalescência e a quebra das gotículas não pode mais ser mantido, ocorrendo a formação de emulsões múltiplas, seguido de uma inversão das fases A/O para O/A formando nanogotículas (Gupta *et al.*, 2016).

O DoE (*Design of experiments*) tem se tornado uma ferramenta comum na tecnologia de alimentos porque permite a avaliação da influência das variáveis de produção nos parâmetros de qualidade da formulação (Pereira *et al.* 2021). Além disso, possibilita a obtenção de resultados com um número limitado de experimentos, reduzindo os custos do processo de produção e desenvolvimento. Existem vários tipos e modelos de DoE e a seleção depende dos objetivos do pesquisador. Um planejamento fatorial completo permite analisar o impacto de cada fator, bem como o efeitos de interações entre eles sobre as respostas das variáveis (Pereira *et al.*, 2021).

Levando em conta as potencialidades do óleo de buriti, gordura de cupuaçu e a importância deles para a região amazônica, o objetivo deste trabalho foi produzir e caracterizar nanoemulsões a partir da mistura cupuaçu/buriti (*Blend*). Desse modo, dividiu-se os estudos em três fases. Na primeira fase, analisamos as amostras quanto a suas qualidades nutricionais. Na segunda fase, avaliou-se a atividade antioxidante de óleo de buriti, gordura de cupuaçu e do *Blend*, e a terceiro passo foi utilizar o *full factorial 2²* para avaliar as variáveis das formulações sobre as respostas, tamanho de gotícula e PDI (índice de polidispersão).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

As amostras de óleo de buriti e de gordura de cupuaçu foram fornecidas pela Amazon Oil (Ananindeua, Pará). Os reagentes usados foram 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6) -sulfônico ácido), (ABTS), ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox), quercetina, 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), ácido gálico da Sigma Aldrich (St. Louis, MI, EUA). D- α -Tocoferol polietileno glicol 1000 succinato (TPGS), fornecido pela ISOICHEM (Gennevilliers , França) e Propileno glicol monocaprilato tipo II (Capryol™90) adquirido de Gattefossé (Saint Priest, França).

2.2 Métodos

As análises foram realizadas nos laboratórios de tecnologia farmacêutica da Universidade Federal do Pará (UFPA) e farmacognosia da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

2.2.1 Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos (AG) da gordura de cupuaçu (GC) e do óleo de buriti (OB) foi obtido por cromatografia gasosa acoplado a espectrometria de massas (GC-MS). A conversão de triglicerídeos em metil ésteres foi realizada via saponificação e esterificação com hidróxido de potássio em metanol (0,1 M) e ácido clorídrico em metanol (0,12 M). O perfil de ácido graxos foi determinado seguindo as especificações: coluna SH-Rtx-5 30 m $\times$ 0,25 mm; gás de arraste: hélio com fluxo de 1,5 mL min⁻¹; volume de injeção de 1 μ L (dividido na proporção de 1:50); gradiente de temperatura usado foi o aquecimento gradual iniciando a 60°C por 2 min, seguido de aquecimento a 200 °C a uma taxa de 10 °C min⁻¹, aquecendo de 200 °C a 240 °C a a taxa de 2 °C min⁻¹ e mantendo a amostra em temperatura máxima por 24 min. O detector operado na temperatura de 250 °C (Pereira *et al.*, 2021) .

2.2.2 Qualidade nutricional e capacidade oxidativa

Com base no perfil de AG calculamos parâmetros de qualidade nutricional e valor de estabilidade oxidativa das amostras OB e CG. Os parâmetros determinados foram: razão hipocolesterolêmico hipercolesterolêmico (H/H), índices aterogenicidade (AI) de trombogenicidade (IT) e valor de capacidade oxidativa (COX) (Pereira *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2022) de acordo com as respectivas Equações (1), (2), (3) (4). Onde C12:0, C14:0, C16:0 e C18:0 são massas percentuais relativas dos ácidos láurico, mirístico, palmítico e esteárico, respectivamente; MUFA é a massa percentual relativa de ácidos graxos monoinsaturados; FA ω 6 e FA ω 3 são a massa percentual relativa de ácidos graxos ômega-3 e ácidos graxos ômega-6, respectivamente.

$$H/H = \frac{C18:1\omega9 + C18:2\omega3 + C18:3\omega6}{C14:0 + C16:0} \quad (1)$$

$$IA = \frac{C12:0 + 4(C14:0) + C16:0}{\sum MUFA + \sum \omega-6 + \sum \omega-3} \quad (2)$$

$$TI = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0.5(\sum MUFA) + 0.5(\sum \omega-6) + 3(\sum \omega-3) + (\sum \omega-3/\omega-6)} \quad (3)$$

$$COX = \frac{(C18:1) + (10.3 \times C18:2) + (21.6 \times C18:3)}{100} \quad (4)$$

2.2.3 Preparação do *blend*

Para obtenção do *blend*, 0,7 g (70%) de gordura de cupuaçu e 0,3 g de óleo de buriti (30%) foram pesados separadamente em um balança analítica. As amostras foram aquecidas em chapa aquecedora até fundir completamente, misturadas e agitadas até adquirir homogeneidade característica.

2.2.4 Calorimetria diferencial exploratória (DSC)

A análise DSC foi realizada utilizando o DSC plus 60 (Shimadzu, Japão). As amostras foram preparadas introduzindo 5 mg da amostra em cadinho de alumínio. A análise foi realizada nas seguintes condições: taxa de aquecimento de 10°C/min, faixa de temperatura analisada a partir da temperatura ambiente até 200°C (Renisz, 2017).

2.2.5 Teor de β -caroteno

A quantificação de β -caroteno foi determinado usando método descrito por Cuco *et al.* (2019). Aliquotas de 10 mg de OB, CG e *blend* foram solubilizados em n-hexano (10 ml). A solução foi analisada em espectrofotômetro UV-vis (Shimadzu UV 1800, Kyoto, Japão) a 450 nm. O teor de β -Caroteno foi determinado pela Eq. 5, expresso em mg de β -caroteno por 100 g de óleo.

$$\beta - \text{caroteno} = \frac{(Abs.Vol.10^3)}{E_{1cm}^{1\%} . W} \quad (5)$$

Onde Abs é a absorção a 450 nm ; vol é a volume de diluição (mL), $E_{1cm}^{1\%}$ é o coeficiente de extinção (2592) de β - caroteno em n- hexano .

2.2.6 Teor de Flavonoides

O teor de flavonoides do OB, GC e do *blend* foi determinado através de extração em fração etanólica das amostras. As amostras foram solubilizadas em hexano (10mg/ mL) e lavado 4 vezes com etanol. Em seguida a solução foi centrifugada por 15 minutos para separação da parte lipídica e obtenção da fração contendo flavonoides .

A quantificação foi realizada por espectrofotometria UV/Vis (Shimadzu UV 1800, Kyoto, Japão). Resumidamente, 800 μ L da amostra foi misturado com 400 μ L de solução de cloreto alumínio 2,5% e incubado no escuro por 30 min seguido de análise da absorbância a 425 nm. O teor de flavonoides foi determinado pela curva padrão de quercetina (5–35 mg/ mL) e expressa em mg de equivalente de quercetina (mg QE/100 g) (Ferreira *et al.*, 2022).

2.2.7 Atividade antioxidante por DPPH

A atividade antioxidante frente ao radical DPPH foi avaliada em espectrofotômetro (Shimadzu® ultravioleta 1800, Kyoto, Japão). Os 100 μ L da solução obtida a partir da extração do conteúdo de flavonoides das amostras foram misturados com 3900 μ L do radical DPPH e incubados protegidos de luz por 30 min e seguida realizou a leitura da absorbância a 515 nm. A atividade antioxidante foi calculada com base em uma curva padrão de Trolox (50 μ M-1000 μ M), e os resultados são expressos como μ M equivalente de Trolox (μ M TE/100 g), além disso, a inibição percentual foi calculada de acordo com a Equação (6) (Ferreira *et al.*, 2022).

$$\% \text{ inibição} = \frac{(\text{Abs controle} - \text{Abs amostra})}{\text{Abs controle}} \times 100 \quad (6)$$

2.2.8 Atividade antioxidante por ABTS

Atividade antioxidante por ABTS foi realizada em espectrofotômetro (Shimadzu ® ultraviolet 1800, Kyoto, Japão), utilizando solução de extração de flavonoides. Misturou-se 30 μ L dessa solução com 3000 μ L da solução de ABTS e incubado no escuro por 6 min seguido de leitura de absorbância a 734 nm. A atividade antioxidante foi calculada utilizando uma curva padrão Trolox (100-2000 μ M) e os resultados foram expressos como μ M equivalente de Trolox (μ M TE/100 g) (Ferreira *et al.*, 2021).

2.2.9 Preparação das nanoemulsões

As nanoemulsões foram obtidas por PIC (inversão da composição de fases). Inicialmente, todos a componentes da fase oleosa, constituída de vitamina E TPGS (VIT E TPGS) (surfactante), Capryol™90 (co-surfactante - 1% para todos formulações) e *blend* cupuaçu/buriti , foram pesados e aquecidos a uma temperatura de 60°C para fusão completa. Posteriormente , a fase aquosa (60°C) foi adicionado aos poucos sobre a fase oleosa. A homogeneização do sistema foi realizada de agitador magnético magnético (750 rpm). Sob aquecimento (60°C) e constante agitação, o sistema foi mantida por 5 minutos para obtenção das nanoemulsões (Oliveira *et al.* 2022) .

2.2.10 Full Factorial 2²

A produção das nanoemulsões foi realizada utilizando o DoE, Full Factorial 2² , com dois fatores, dois níveis e três replicas de ponto central, totalizando sete experimentos. Os fatores estudados foram as concentrações do tensoativo (2 a 4%) e do *blend* de cupuaçu/buriti (1 a 2%), enquanto as respostas foram partícula tamanho (nm) e PDI. O desenho experimental foi desenvolvido e analisado usando a Software Desice (<https://www.desice.io/>).

2.2.11 Tamanho de gotícula, PDI e potencial zeta

O tamanho de gotícula e o PDI foram determinados por dispersão dinâmica de luz usando um Zetasizer Nano ZS (Malvern Pananalytical, Malvern, Reino Unido) aplicando retrodifusão não invasiva (ângulo de dispersão 173°) a uma temperatura de 25 °C . Os formulações foram diluídos (1:100) com água ultrapura antes das medições. O tamanho médio das gotículas (média Z) e o PDI obtidos por meio da análise cumulativa dos dados de espalhamento pelo software do instrumento, foram avaliados em triplicata e os resultados expressos em média e desvio padrão.

O potencial zeta foi determinado por mobilidade eletroforética (Malvern Instruments Ltd., Worcestershire, UK). As amostras diluídas em água em concentração (1:100). A equação de Helmholtz-Smoluchowski foi utilizada para o cálculo do potencial zeta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição de ácidos graxos, capacidade oxidativa e índices de qualidade nutricional

A Tabela 1 mostra o perfil AG da gordura do cupuaçu e óleo de buriti analisados por cromatografia gasosa, bem como a estabilidade oxidativa e os índices de qualidade nutricional. Enquanto a gordura do cupuaçu mostrou um equilíbrio entre os teores de AG saturado (SFA) e insaturado (UFA), o óleo de buriti apresentou alta concentração de AG monoinsaturado (MUFA) (Tabela 1).

O ácido oleico está em maior concentração tanto na gordura de cupuaçu (41,38%) quanto no óleo de buriti (69,35%) (Tabela 1). Outros estudos também detectaram teores acima de 40 % desse AG em gordura de cupuaçu, Barbalho *et al.*, (2022) relatam 41,81%, Moraes e Gutjahr (2012) demonstram 42,82% e Pantoja *et al.*, (2013) descrevem 43,1%. O mesmo pode ser dito do óleo de buriti, que é constantemente citado na literatura com uma concentração de ácido oleico maior de 60%, Freitas *et al.*, (2018) relataram 69,58% e Marcelino *et al.*, (2022) encontraram teores de 78,38%.

A alta concentração de ácido oleico na gordura de cupuaçu e óleo de buriti abre várias possibilidades para o desenvolvimento de produtos alimentícios com estas matérias primas. São diversos os efeitos biológicos do ácido oleico na saúde humana. De acordo com López-Huertas (2010), a substituição isocalórica de cerca de 5% da energia de ácidos graxos saturados com ácido oleico (ou PUFA) reduz o risco de doenças coronarianas, principalmente pela redução do colesterol LDL. O ácido oleico também está envolvido na redução de fatores relacionados a doenças cardiovasculares, como trombogênese, assim como diminuição da resistência insulínica (Vassiliou *et al.*, 2009; Lopez-Huertas 2010; Voon *et al.*, 2011).

Além do ácido oleico, a gordura do cupuaçu apresentou 38,24% de ácido esteárico, ácido palmítico (9,14%), ácido láurico (1,27%) e ácido mirístico (0,6%) somando até 49,25% de ácidos graxos saturados (SFA), devido a esta alta concentração de SFA a gordura de cupuaçu se mantém sólida a temperatura ambiente, enquanto o óleo de buriti é líquido (SFA 18,28%), conforme a Tabela 1.

A composição de SFA da gordura do cupuaçu é importante para estabilidade oxidativa desta

gordura e seus produtos derivados. A Tabela 1 mostrou o valor de COX para a gordura de cupuaçu (0,84), o valor de COX diminuiu com o aumento do teor de UFA em fontes lipídicas, pois são mais sensíveis a oxidação, especialmente os poliinsaturados (PUFAs) (Santos et al. 2022). A capacidade oxidativa está relacionada ao número de duplas ligações, pois quanto maior o número de ligações duplas presentes na cadeia carbônica do ácido graxo, maior sua suscetibilidade à oxidação, portanto, os valores de COX são fortemente relacionados ao montante de PUFAS (Pereira et al., 2017; Santos et al., 2022).

O valor de COX para o óleo de buriti foi de 1,37, obviamente, o valor de COX mais alto de óleo de buriti é uma consequência dos teores maiores de UFAs em sua composição (Tabela 1). No entanto, entre as UFAs, presentes no óleo de buriti, 69,35% é ácido oleico, que apesar de ter apenas uma dupla ligação, é conhecido por sua resistência à degradação oxidativa e não interfere no valor COX como PUFAs (Pereira et al., 2017; Santos et al. 2022). Além disso, Pereira et al., (2019), discutem em seus trabalhos que óleos vegetais ricos em ácidos oleicos são bons candidatos para fritar alimentos, devido à estabilidade térmica que este AG apresenta. Em relação à qualidade nutricional, a razão H/H de gordura de cupuaçu foi de 0,88 e óleo de buriti 3,79, o valor H/H é usado como um índice do efeito colesterolêmico, os maiores teores de AG mono e poliinsaturados, estão relacionados ao maior potencial cardioprotetor da gordura/óleo. Não há um valor H/H padrão, mas, em geral, quanto mais alto a proporção de UFAs, mais alto o valor H/H, portanto maior efeito cardioprotetor do respectivo óleo/gordura (Budimir et al. 2020). Em vista disso, apesar do alto teor de SFA, a gordura de cupuaçu tem um maior potencial cardioprotetor se comparado a outras gorduras vegetais, como gordura de ucuuba, tucumã e murumuru, que têm mais de 80% SFA em suas composições, o que torna o cupuaçu ideal para composição de suplementos alimentares (Pereira et al., 2019; Gomes et al., 2022).

O índice de aterogenicidade (IA) e de trombogenicidade (IT) são parâmetros que permitem avaliar os efeitos dos AG na saúde, pois levam em conta os efeitos dos AG no desenvolvimento de doenças coronarianas (Pereira et al., 2019). A gordura do cupuaçu apresentou IA e IT de 0,29 e 1,89 e óleo de buriti apresentou 0,24 e 0,48, respectivamente (Tabela 1). Novamente, devido ao alto teor de ácido oleico na gordura do cupuaçu, se torna valioso para uso em produtos alimentícios, pois quando compara-se o IA e o IT da gordura de cupuaçu com valores de outras gorduras vegetais, a GC apresenta melhores índices nutricionais, a gordura de tucumã tem IA de 14,31 e IT de 6,20, enquanto gordura murumuru apresenta IA de 14,6 e IT de 6,69 (Morais e Gutjahr, 2012). Os valores IA e IT de gordura de

cupuaçu estão próximos aos valores de óleos insaturados, como o óleo de pracaxi , que tem um IA de 0,23 e IT de 0,7 (Pereira *et al.*, 2019), e também dos valores de óleo de buriti (tabela 1).

Tabela 1: Composição de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional das amostras.

Ácidos graxos (%)	Gordura de cupuaçu	Óleo de Buriti
ácido láurico (C12:0)	1,27	0,04
ácido mirístico (C14:0)	0,6	0,04
ácido palmítico (C16:0)	9,14	18,2
ácido esteárico (C18:0)	38,24	-
ácido oléico (C18:1)	41,38	69,35
ácido linoléico (C18:2)	2,19	6,64
SFA	49,25	18,28
MUFA	41,38	69,35
PUFA	2,19	6,64
UFA	43,57	75,99
Índices de qualidade nutricional		
H/H	0,88	3,79
IA	0,29	0,24
IT	1,89	0,48
COX	0,84	1,37
SFA/UFA	1,13	0,24

SFA (ácidos graxos saturados); MUFA (ácidos graxos monoinsaturados); PUFA (ácidos graxos poli-insaturados); UFA (ácidos graxo insaturados); H/H (índice hipocolesterolêmico / hipercolesterolêmico); AI (índice de aterogenicidade); TI(índice de trombogenicidade); COX (capacidade oxidativa); SFA/UFA (equilíbrio AG saturados e insaturados).

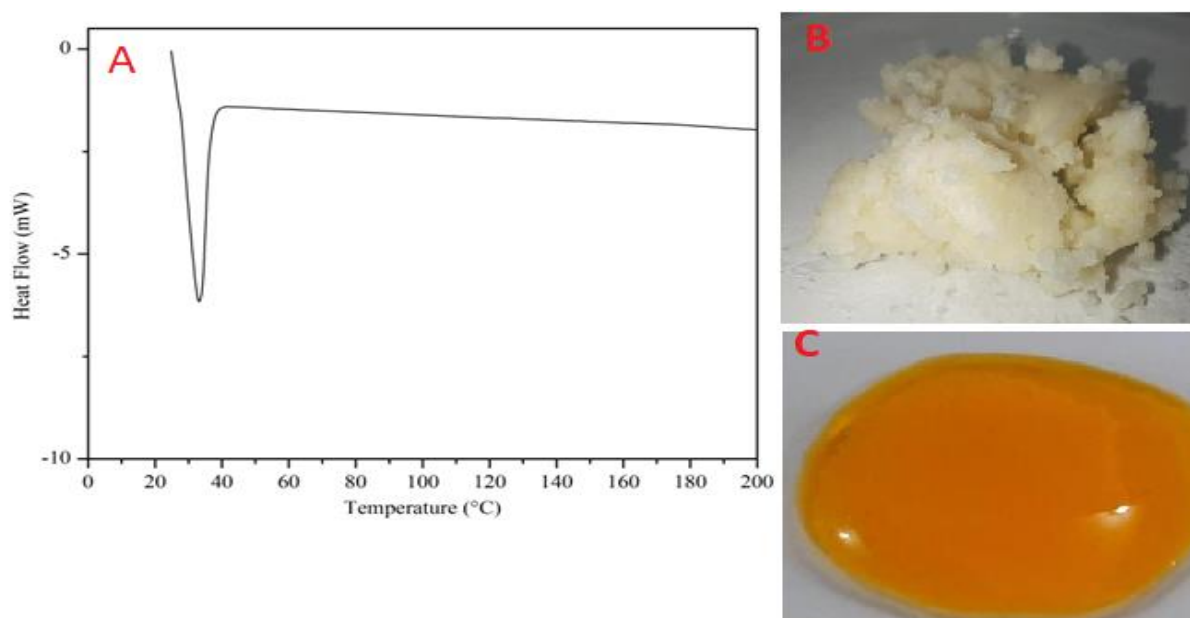
3.2 Calorimetria diferencial exploratória (DSC)

A Figura 1 mostra a curva DSC da gordura de cupuaçu com um pico endotérmico na faixa de 20°C a 40 °C, com um pico a 33°C e uma entalpia valor de -72,2J/g. O equilíbrio entre os ácidos

graxos saturados e insaturados da amostra, SFA/UFA (1,13), Tabela 1, é refletido em seu baixo ponto de fusão .

A Figura 1 também revela que a adição do óleo de buriti a gordura de cupuaçu promove a transformação do estado sólido para o estado líquido com a cor característica do óleo de buriti. Os resultados permitem observar o aumento da concentração de UFA, pois matrizes lipídicas com alto teor de ácidos graxos insaturados permanecem líquidas a temperatura ambiente, fundamental para a produção de nanoemulsões , pois se trata de sistemas dispersos produzidos por dois líquidos imiscíveis estabilizados por um tensoativo (Loureiro *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2022) .

Figura 1 Resultados da análise de DSC, A) Curva DSC gordura de cupuaçu ; B) gordura de Cupuaçu a 25°C; C) Blend cupuaçu/ buriti (70/30) a 25°C.



3.3 Atividade antioxidante e concentração de β -caroteno e flavonoides

A tabela 2 mostra os teores de β -caroteno e flavonoides em CG, OB e no *blend*. O teor de β -caroteno (mg/100g oil) encontrado nas amostras de óleo de buriti, gordura de cupuaçu e blend foram de, 80.24 ± 3 , 4.62 ± 0.7 e 25.46 ± 2.3 , respectivamente (Tabela 2). Em relação ao teor de flavonoides, os valores foram 31.9 ± 2.84 , óleo de buriti; 17.19 ± 8.9 , gordura de cupuaçu; e 26.95 ± 3.3 , *blend*, expressos em mg de quercetina por 100 g de amostra (Tabela 2).

Os valores de flavonoides e β -caroteno são sempre maiores no óleo de buriti do que na gordura de cupuaçu. Quanto ao β -caroteno, outros autores mostraram que a polpa de buriti é rica em carotenóides, em especial o β -caroteno (Marcelino *et al.*, 2022; Speranza *et al.*, 2016). Além disso, o óleo de buriti é extraído da polpa do fruto, enquanto a gordura de cupuaçu das sementes, como na polpa existe uma maior quantidade de nutrientes, existe também maior concentração de substâncias biotivas como antioxidantes na polpa de frutas que nas sementes, possivelmente isso contribuiu para o óleo de buriti apresentar maior conteúdo de flavonóides e β -caroteno (Serra *et al.* 2019).

Sobre a atividade antioxidante (Tabela 3), novamente, a gordura de cupuaçu apresenta menores valores de atividade antioxidante, consequência de uma menor concentração de substâncias antioxidantes em sua composição. A gordura de cupuaçu mostra melhores valores de atividade antioxidante, quando se analisa o blend cupuaçu/ buriti, ainda que seja composto por apenas 30% de óleo de buriti, a atividade antioxidante medida por ABTS⁺ é duas vezes maior para o *blend*, quando comparada a somente a gordura de cupuaçu (Tabela 3). O mesmo pode-se pontuar quanto ao teor de β - caroteno que vai de 4.62 mg/100g oil a 25.46 mg/100g comparado GC e *blend*, respectivamente.

Esse enriquecimento da gordura de cupuaçu potencializa suas possibilidades para aplicações em formulações de grau alimentícios. Antioxidantes podem a proteger o organismo do desenvolvimento de varios tipos de câncer, protegendo as células do stress oxidativo. Somado a isso, possuem atividade anti-inflamatória e anti-aterosclerótica (Ferreira *et al.*, 2021; Marcelino *et al.*, 2022). Além disso, os benefícios dos antioxidantes são fortificados quando a o *blend* é nanoemulsionado, pois o pequeno tamanho das gotículas da nanoemulsão melhora a biodisponibilidade dos ativos encapsulados e, consequentemente, seus benefícios a saúde (Salvia-Trujillo *et al.*, 2013).

Tabela 2. Concentrações de flavonoides e β - caroteno em gordura de cupuaçu (GC); óleo de buriti (OB) e *blend* (cupuaçu/buriti).

Amostra	Teor de Flavonoides Totais (mg QE/100 g)	Teor de β - caroteno (mg/100g de óleo)
OB	31,9 $\pm$ 2,84	80,24 $\pm$ 3
GC	17,19 $\pm$ 8,9	4,62 $\pm$ 0,7
Blend	26,95 $\pm$ 3,3	25,46 $\pm$ 2,3

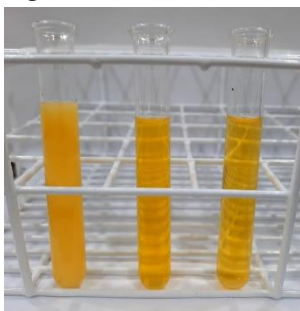
Tabela 3. Atividade antioxidante da gordura de cupuaçu, óleo de buriti e do *blend*.

Amostra	ABTS ⁺		DPPH	
	% de inibição	$\mu\text{M Trolox}$	% de inibição	$\mu\text{M Trolox}$
OB	7,82,41 $\pm$ 0,44	210,33 $\pm$ 37,7	5,05 $\pm$ 0,51	175,20 $\pm$ 6,00
GC	2,41 $\pm$ 1,60	83,67 $\pm$ 13,47	4,88 $\pm$ 1,12	165,20 $\pm$ 12,00
<i>Blend</i>	5,95 $\pm$ 1,67	167 $\pm$ 13,47	5,61 $\pm$ 0,12	185,20 $\pm$ 13,31

3.4 Nanoemulsões

Nanoemulsão é uma tecnologia promissora, pois melhora a biodisponibilidade de bioativos, tendo em vista que costuma-se utilizar extensivamente nanoemulsões em sistemas de liberação de fármacos para proteger os ingredientes ativos contra as condições extremas e preservar sua eficácia (Yen *et al.* 2018). Nesse contexto, o β - caroteno e outros antioxidantes se beneficiam do nanoencapsulamento para a melhora da sua dispersibilidade em água e estabilidade química em alimentos (Luo *et al.* 2017) .

As nanoemulsões do *blend* buriti/cupuaçu apresentaram a cor característica do óleo de buriti (Figura 2), ao serem colocadas sobre a luz foi possível observar o efeito Tyndal característico de nanoemulsões. Após 24h de preparação, as formulações mantiveram aspecto claro e sem nenhum precipitado ou estágio de separação (Figura 2).

Figura 2 Nanoemulsões do *blend* (óleo de cupuaçu/buriti) 24h após preparação.

3.5 Full Factorial 2²

O preparo das nanoemulsões foi realizado por PIC, método de baixa energia baseado na mudança da composição da formulação durante o preparo, e através de um full factorial 2² objetivou-se avaliar como a concentração de óleo e de tensoativo influenciam no valor de PDI e tamanho de gotícula. Em outros estudos observou-se que a quantidade de óleo e tensoativo eram fatores significativos sobre o tamanho e PDI de nanossistemas emulsionados produzidos com gordura de ucuúba e vitamina E TPGS como tensoativo (Pereira et al. 2019), portanto neste trabalho decidimos ter como fatores a concentração de tensoativo e da fase oleosa.

Foram produzidas 7 formulações e o tamanho de partícula variou de 33.31 à 86.96 nm, enquanto o PDI variou de 0.176 à 0.573 (Tabela 4). O tamanho de gotícula e PDI foram avaliados separadamente e a influência das variáveis de produção nesses parâmetros foi determinado por análise estatística (ANOVA) (Tabela 5).

Tabela 4 Resultados do DoE para nanoemulsões de cupuaçu/buriti.

Pedido padrão	Corre pedido	TPGS	Óleo	Tamanho	PDI
1	5	2	1	56,54	0,235
2	3	4	1	33,31	0,398
3	1	2	2	86,96	0,176
4	2	4	2	45,64	0,404
5	4	3	1,5	60	0,573
6	7	3	1,5	44,47	0,456
7	6	3	1,5	53,22	0,404

Observou-se que a variação nas concentrações do *blend* e tensoativo nas formulações influencia de maneira estatisticamente significativa o tamanho de gotícula (Tabela 5).

Tabela 5 Resultados ANOVA calculados a partir dos dados do projeto experimental para o predição Tamanho de gotícula e PDI. * efeito significativo do fator nas respostas individuais ($p < 0,05$). Abreviações: ANOVA, análise de variância; PDI, índice de polidispersão; F- valor, proporção de a significar soma de regressão de quadrados dividido de a significar soma de erro de quadrados; R^2 , coeficiente de determinação .

Fatores	Tamanho				PDI			
	Soma de quadrad	DF	valor F	Significativo	Soma de quadrad	DF	valor F	Significativo
TPGS	1041.676	1,0	22.781	0,017*	0,038	1,0	1.708	0,282
Óleo	456.851	1,0	9.992	0,051	0,001	1,0	0,031	0,871
TPGS:Petróleo	81.812	1,0	1.789	0,273	0,001	1,0	0,047	0,842
Residual	137.176	3.0	-	-	0,067	3.0	-	-
R2_ -	0,92				0,37			

Figura 3 Descrição da superfície de resposta do efeito da concentração do Blend e Vit E TPGS no tamanho de gotícula das nanoemulsões cupuaçu/buriti.

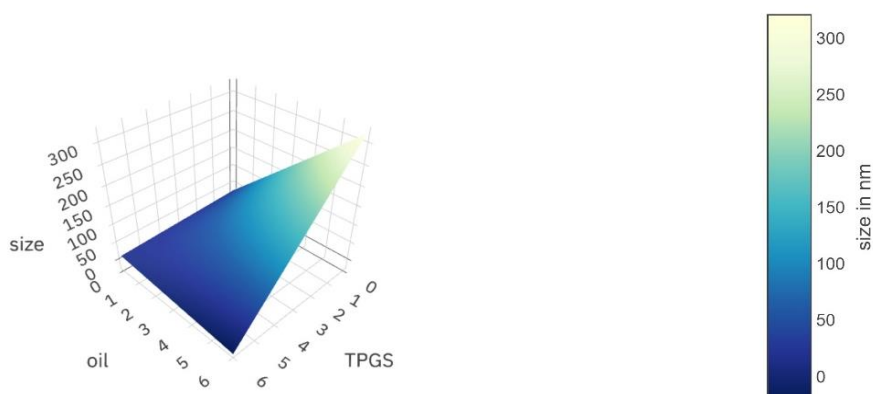
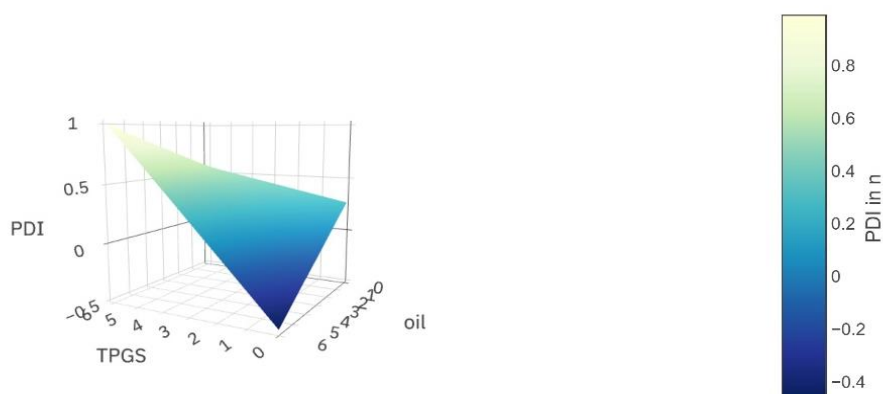


Figura 4 Descrição da superfície de resposta do efeito da concentração do *Blend* e Vit E TPGS no PDI das nanoemulsões cupuaçu/buriti.



Os resultados do teste ANOVA indicam que a concentração de TPGS ($p = 0.017$) contribuiu significativamente para a diminuição do tamanho (Tabela 5) (Figura 3). O coeficiente de determinação R^2 tem o valor de 0.92, demonstrando um bom ajuste do modelo linear que explicou 92 % dos dados. A Figura 3 mostra que a superfície de resposta se organiza de maneira a deixar claro que o aumento da concentração do tensoativo é responsável pela diminuição do tamanho de gotícula. Isso é percebido porque a parte mais clara da superfície de resposta corresponde a uma área com menores quantidade de tensoativo e maiores tamanhos de gotícula, quanto mais escura torna-se a superfície de resposta menor o tamanho de gotícula e maior a quantidade de Vit E TPGS (Figura 3). De maneira geral, o aumento da concentração de tensoativo normalmente favorece a diminuição do tamanho de gotícula, pois o tensoativo diminui a tensão interfacial, o que torna mais fácil a quebra das gotículas e a formação de gotículas cada vez menores (Gupta et al. 2016).

Todas as formulações apresentaram tamanho de gotícula menor que 100 nm. Normalmente, gotículas pequenas permanecem mais tempo no intestino sem sofrer lipólise, o que aumenta a absorção dos bioativos carregados pelas nanoemulsões (Salvia-Trujillo et al. 2013). Xia et al., (2017) avaliaram a influência do tamanho de gotícula sobre a absorção de ativos no trato gastrointestinal e observaram que nanoemulsões com 80nm e 200nm, além de resistirem mais tempo à lipólise, apresentaram maior taxa de absorção por via linfática, além de permearem enterócitos. Somado a isso, a vit E TPGS, além da função tensoativa, é fonte de vitamina E e funciona como promotor de absorção. Chen et al., (2011) descreveram o aumento da biodisponibilidade da Berberine na presença da Vit E TPGS, e também já foi reportado que a

Vit E TPGS aumenta a biodisponibilidade oral de vitaminas lipossolúveis com vitamina A, D e K, pois aprisionam estas moléculas no núcleo hidrofóbico das micelas (Kumbhar et al. 2022; Papas 2021).

Sobre o PDI (figura 4), a concentração do blend e surfactante não gerou modificação sigficativa neste parâmetro. O teste ANOVA realizado desmonstrou resultados de valor de $p > 0,05$, indicando neste modelo matemático é estatisticamente insignificante. O R^2 foi de 0,37, indicando que 63% das variações nos valores de PDI não são explicadas pelo modelo em estudo. O valor de PDI expressa ampla distribuição no tamanho das gotículas, dessa forma valores maiores deste parâmetro indicam baixa uniformidade das gotículas. De maneira geral, admite-se valores $PDI \leq 0,1$ partículas altamente monodispersas; 0,1–0,4 ligeiramente polidisperso; $\geq 0,4$ amostras altamente polidispersas (Bhattacharjee 2016; Oliveira *et al.* 2022; Pereira *et al.* 2019). Considerando essa escala, pode-se concluir que a formulação 3 (experimento 3) apresenta-se monodispersa, todas as outras estão levemente polidispersas ou amplamente polidispersas.

A formulação do experimento 3 mostrou não apenas PDI e tamanho de partícula interessantes, mas também potencial zeta de -18.1mW. De modo geral, sistemas emulsionados para serem considerados estáveis apresentam potencial zeta acima de 30mW, porém nanosistemas obtidos a partir de Vit E TPGS possuem potencial zeta de 20mW ou menor que isso, e conseguem se manter estáveis (Pereira *et al.*, 2019; Rossi *et al.*, 2018). Segundo Rossi *et al.*, (2018) as cadeias de PEG da vitamina E TPGS mostraram uma contribuição estérica para a estabilidade da partícula o que é obtido devido à presença de cadeias poliméricas hidrofilicas.

4 CONCLUSÃO

Ambos óleo de buriti e gordura de cupuaçu apresentam alta quantidade de ácido oleico, o que os torna matérias-primas de grande interesse para a indústria de alimentos, uma vez que o ácido oleico é responsável pela qualidade nutricional desses materiais. Somado a isso, o óleo de buriti possui alta atividade antioxidante e quando misturado com a gordura de cupuaçu consegue melhorar os valores de atividade antioxidante e desta forma tornam-se uma matéria-prima interessante para produção de nanoemulsões de grau alimentar. Todas as nanoemulsões produzidas apresentaram tamanho menor que 100nm, o que é interessante para veicular biotivos, uma vez que quanto menor o tamanho melhor a biodisponibilidade dos ativos carregados por esses sistemas.

5 REFERÊNCIAS

- Barbalho, Geisa Nascimento, Breno Noronha Matos, Gabriel Ferreira da Silva Brito, Thamires da Cunha Miranda, Thuany Alencar-Silva, Fernando Fabríz Sodré, Guilherme Martins Gelfuso, Marcílio Cunha-Filho, Juliana Lott Carvalho, Joyce Kelly do Rosário da Silva, e Taís Gratieri. 2022. “Skin Regenerative Potential of Cupuaçu Seed Extract (*Theobroma grandiflorum*), a Native Fruit from the Amazon: Development of a Topical Formulation Based on Chitosan-Coated Nanocapsules”. *Pharmaceutics* 14(1):207. doi: 10.3390/pharmaceutics14010207.
- Bhattacharjee, Sourav. 2016. “DLS and Zeta Potential - What They Are and What They Are Not?” *Journal of Controlled Release: Official Journal of the Controlled Release Society* 235:337–51. doi: 10.1016/j.jconrel.2016.06.017.
- Budimir, Katarina, Massimo Mozzon, Marco Toderi, Paride D’Ottavio, e Maria Federica Trombetta. 2020. “Effect of Breed on Fatty Acid Composition of Meat and Subcutaneous Adipose Tissue of Light Lambs”. *Animals : an Open Access Journal from MDPI* 10(3):535. doi: 10.3390/ani10030535.
- Chen, Wei, Yu-Qiang Miao, Dong-Jiao Fan, Shen-Shen Yang, Xia Lin, Ling-Kuo Meng, e Xing Tang. 2011. “Bioavailability Study of Berberine and the Enhancing Effects of TPGS on Intestinal Absorption in Rats”. *AAPS PharmSciTech* 12(2):705–11. doi: 10.1208/s12249-011-9632-z.
- Cohen, Kelly de Oliveira, e Marisa de Nazaré Hoelz Jackix. 2009. “Características Químicas e Física da Gordura de Cupuaçu e da Manteiga de Cacau”. Embrapa. Planaltina-DF.
- Cuco, Roberta Pazinato, Lucio Cardozo-Filho, e Camila da Silva. 2019. “Simultaneous Extraction of Seed Oil and Active Compounds from Peel of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*) Using Pressurized Carbon Dioxide as Solvent”. *The Journal of Supercritical Fluids* 143:8–15. doi: 10.1016/j.supflu.2018.08.002.
- Ferreira, Lindalva Maria de Meneses Costa, Rayanne Rocha Pereira, Fernanda Brito de Carvalho, Alberdan Silva Santos, Roseane Maria Ribeiro-Costa, e José Otávio Carréra Silva Júnior. 2021. “Green Extraction by Ultrasound, Microencapsulation by Spray Drying and

Antioxidant Activity of the Tucuma Coproduct (*Astrocaryum Vulgare* Mart.) Almonds”. *Biomolecules* 11(4):545. doi: 10.3390/biom11040545.

Ferreira, Lindalva Maria de Meneses Costa, Rayanne Rocha Pereira, Fernanda Brito de Carvalho-Guimarães, Myrth Soares do Nascimento Remígio, Wagner Luiz Ramos Barbosa, Roseane Maria Ribeiro-Costa, e José Otávio Carréra Silva-Júnior. 2022. “Microencapsulation by Spray Drying and Antioxidant Activity of Phenolic Compounds from Tucuma Coproduct (*Astrocaryum Vulgare* Mart.) Almonds”. *Polymers* 14(14):2905. doi: 10.3390/polym14142905.

Freitas, M., Renan Chisté, Tiago Polachini, L. Sardella, C. Aranha, A. Ribeiro, e Vania Nicoletti. 2018. “Quality characteristics and thermal behavior of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil”. *Grasas y Aceites* 68:220. doi: 10.3989/gya.0557171.

Gomes, Antonio Taylon Aguiar, Rayanne Rocha Pereira, Anivaldo Pereira Duarte Junior, Antonio Manoel da Cruz Rodrigues, Claudio Marcio Rocha Remédios, Davi do Socorro Barros Brasil, Luiz Roberto Barbosa Moraes, José Otávio Carréra Silva-Júnior, e Roseane Maria Ribeiro-Costa. 2022. “Tucumã (*Astrocaryum Vulgare*) Fat: An Amazonian Material as a Pharmaceutical Input for Lipid Nanoparticle Production”. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 147(1):355–65. doi: 10.1007/s10973-020-10352-3.

Gupta, Ankur, Burak Eral, T. Hatton, e Patrick Doyle. 2016. “Nanoemulsions: Formation, Properties and Applications”. *Soft Matter* 12. doi: 10.1039/C5SM02958A.

Kumbhar, Popat, Sameer Nadaf, Arehalli Manjappa, Niraj Jha, Sunita Shinde, Mr. Swapnil Chopade, Amol Shete, John Disouza, Unnam Sambamoorthy, e Arun Kumar Sanapala. 2022. “D-α-tocopheryl polyethylene glycol succinate: A review of multifarious applications in nanomedicines”. *OpenNano* 6:100036. doi: 10.1016/j.onano.2022.100036.

Lopez-Huertas, Eduardo. 2010. “Health Effects of Oleic Acid and Long Chain Omega-3 Fatty Acids (EPA and DHA) Enriched Milks. A Review of Intervention Studies”. *Pharmacological Research* 61(3):200–207. doi: 10.1016/j.phrs.2009.10.007.

Loureiro Contente, Denise Maria, Rayanne Rocha Pereira, Antonio Manoel Cruz Rodrigues, Edilene Oliveira da Silva, Roseane Maria Ribeiro-Costa, e José Otavio Carrera Silva-Júnior. 2020. “Nanoemulsions of Acai Oil: Physicochemical Characterization for the Topical Delivery

of Antifungal Drugs”. *Chemical Engineering & Technology* 43(7):1424–32. doi: 10.1002/ceat.201900627.

Luo, Xiang, Yanyan Zhou, Long Bai, Fuguo Liu, Yihui Deng, e David Julian McClements. 2017. “Fabrication of β -Carotene Nanoemulsion-Based Delivery Systems Using Dual-Channel Microfluidization: Physical and Chemical Stability”. *Journal of Colloid and Interface Science* 490:328–35. doi: 10.1016/j.jcis.2016.11.057.

Marcelino, Gabriela, Priscila Aiko Hiane, Arnildo Pott, Wander Fernando de Oliveira Filiú, Anderson R. L. Caires, Flavio S. Michels, Mário R. Maróstica Júnior, Nathalia M. S. Santos, Ângela A. Nunes, Lincoln C. S. Oliveira, Mário R. Cortes, Iriani R. Maldonade, Leandro F. Cavaleiro, Carlos Eduardo Domingues Nazário, Lidiani Figueiredo Santana, Carolina Di Pietro Fernandes, Fábio Juliano Negrão, Mariana Bento Tatara, Bernardo Bacelar de Faria, Marcel Arakaki Asato, Karine de Cássia Freitas, Danielle Bogo, Valter Aragão do Nascimento, e Rita de Cássia Avellaneda Guimarães. 2022b. “Characterization of Buriti (*Mauritia Flexuosa*) Pulp Oil and the Effect of Its Supplementation in an In Vivo Experimental Model”. *Nutrients* 14(12):2547. doi: 10.3390/nu14122547.

Moraes, Aimê Vanessa de Souza, e Lidiane Andressa Cavalcante Uhlmann. 2021. “Propriedades medicinais da *Mauritia flexuosa*”. *Pubsaúde* 7:1–6. doi: 10.31533/pubsaude7.a200.

Morais, Luiz Roberto Barbosa, e Ekkehard Gutjahr. 2012. *Química de Oleaginosas: Valorização da Biodiversidade Amazônica - Chemistry of vegetable oils : valorization of the amazon biodiversity*. Ed. do autor. Belém-PA.

Oliveira, Sônia do Socorro do C., Edmilson dos S. Sarmento, Victor H. Marinho, Rayanne R. Pereira, Luis P. Fonseca, e Irlon M. Ferreira. 2022a. “Green Extraction of Annatto Seed Oily Extract and Its Use as a Pharmaceutical Material for the Production of Lipid Nanoparticles”. *Molecules* 27(16):5187. doi: 10.3390/molecules27165187.

Pantoja, Samantha Siqueira, Leyvison Rafael V. da Conceição, Carlos E. F. da Costa, José R. Zamian, e Geraldo N. da Rocha Filho. 2013. “Oxidative Stability of Biodiesels Produced from Vegetable Oils Having Different Degrees of Unsaturation”. *Energy Conversion and Management* 74:293–98. doi: 10.1016/j.enconman.2013.05.025.

Papas, Andreas M. 2021. “Chapter 59 - Vitamin E TPGS and its applications in nutraceuticals”. P. 991–1010 em *Nutraceuticals (Second Edition)*, organizado por R. C. Gupta, R. Lall, e A. Srivastava. Academic Press.

Pereira, Ericsem, Marcela Cravo Ferreira, Klicia Araújo Sampaio, Renato Grimaldi, Antonio José de Almeida Meirelles, e Guilherme José Maximo. 2019. “Physical Properties of Amazonian Fats and Oils and Their Blends”. *Food Chemistry* 278:208–15. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.11.016.

Pereira Lima, Rogério, Patrícia Teresa Souza da Luz, Miguel Braga, Paulo Ronaldo dos Santos Batista, Carlos Emmerson Ferreira da Costa, José Roberto Zamian, Luís Adriano Santos do Nascimento, e Geraldo Narciso da Rocha Filho. 2017. “Murumuru (*Astrocaryum Murumuru* Mart.) Butter and Oils of Buriti (*Mauritia Flexuosa* Mart.) and Pracaxi (*Pentaclethra Macroloba* (Willd.) Kuntze) Can Be Used for Biodiesel Production: Physico-Chemical Properties and Thermal and Kinetic Studies”. *Industrial Crops and Products* 97:536–44. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.12.052.

Pereira, Rayanne R., Antonio T. A. Gomes, Matteo Testi, Annalisa Bianchera, Roseane M. Ribeiro-Costa, Cristina Padula, José O. C. Silva Júnior, e Fabio Sonvico. 2021. “Ucuùba Fat Characterization and Use to Obtain Lipid Nanoparticles by High-Pressure Homogenization with Full Factorial Design”. *Chemical Engineering & Technology* 44(6):1009–16. doi: 10.1002/ceat.202000404.

Pereira, Rayanne R., Matteo Testi, Francesca Rossi, Jose O. C. Silva Junior, Roseane M. Ribeiro-Costa, Ruggero Bettini, Patrizia Santi, Cristina Padula, e Fabio Sonvico. 2019a. “Ucuùba (*Virola Surinamensis*) Fat-Based Nanostructured Lipid Carriers for Nail Drug Delivery of Ketoconazole: Development and Optimization Using Box-Behnken Design”. *Pharmaceutics* 11(6):284. doi: 10.3390/pharmaceutics11060284.

Renisz, Gabriela Emiliana. 2017. “Aplicação da técnica de calorimetria exploratória diferencial em amostras de chocolate para determinar ponto de fusão e cristalização”. bachelorThesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Rossi, Irene, Fabio Sonvico, Jason T. McConville, Francesca Rossi, Eleonore Fröhlich, Sarah Zellnitz, Alessandra Rossi, Elena Del Favero, Ruggero Bettini, e Francesca Buttini. 2018.

“Nebulized Coenzyme Q10 Nanosuspensions: A Versatile Approach for Pulmonary Antioxidant Therapy”. *European Journal of Pharmaceutical Sciences: Official Journal of the European Federation for Pharmaceutical Sciences* 113:159–70. doi: 10.1016/j.ejps.2017.10.024.

Salvia-Trujillo, L., C. Qian, O. Martín-Belloso, e D. J. McClements. 2013. “Influence of Particle Size on Lipid Digestion and β -Carotene Bioaccessibility in Emulsions and Nanoemulsions”. *Food Chemistry* 141(2):1472–80. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.050.

Santos, M. F. G., R. E. Alves, e M. Roca. 2015. “Carotenoid Composition in Oils Obtained from Palm Fruits from the Brazilian Amazon”. *Grasas y Aceites* 66(3):e086–e086. doi: 10.3989/gya.1062142.

Santos, O. V., S. D. Soares, P. C. S. Dias, S. P. A. Duarte, M. P. L. Santos, F. C. A. Nascimento, e B. E. Teixeira-Costa. 2022. “Chemical-Functional Composition of Terminalia Catappa Oils from Different Varieties”. *Grasas y Aceites* 73(2):e454–e454. doi: 10.3989/gya.0102211.

Serra, Josilene Lima, Antônio Manoel da Cruz Rodrigues, Rilton Alves de Freitas, Antonio José de Almeida Meirelles, Silvain Henri Darnet, e Luiza Helena Meller da Silva. 2019. “Alternative Sources of Oils and Fats from Amazonian Plants: Fatty Acids, Methyl Tocols, Total Carotenoids and Chemical Composition”. *Food Research International* 116:12–19. doi: 10.1016/j.foodres.2018.12.028.

Speranza, P., A. de Oliveira Falcão, J. Alves Macedo, L. H. M. da Silva, A. M. da C. Rodrigues, e G. Alves Macedo. 2016. “Amazonian Buriti Oil: Chemical Characterization and Antioxidant Potential”. *Grasas y Aceites* 67(2):e135–e135. doi: 10.3989/gya.0622152.

T. Pereira, Fernanda, Efraim C. Pereira, Cáritas de J. S. Mendonça, e Regina M. Mendes Oliveira. 2020. “Buriti Oil: Nutritional Quality Index and Antioxidant and Antidiabetic Effect”. *Revista Virtual de Química* 12(1):2–12. doi: 10.21577/1984-6835.20200002.

Vassiliou, Evros K., Andres Gonzalez, Carlos Garcia, James H. Tadros, Goutam Chakraborty, e Jeffrey H. Toney. 2009. “Oleic acid and peanut oil high in oleic acid reverse the inhibitory effect of insulin production of the inflammatory cytokine TNF- α both in vitro and in vivo systems”. *Lipids in Health and Disease* 8(1):25. doi: 10.1186/1476-511X-8-25.

Voon, Phooi Tee, Tony Kock Wai Ng, Verna Kar Mun Lee, e Kalanithi Nesaretnam. 2011. "Diets high in palmitic acid (16:0), lauric and myristic acids (12:0 + 14:0), or oleic acid (18:1) do not alter postprandial or fasting plasma homocysteine and inflammatory markers in healthy Malaysian adults". *The American Journal of Clinical Nutrition* 94(6):1451–57. doi: 10.3945/ajcn.111.020107.

Yen, Ching-Chi, Yi-Chen Chen, Ming-Tsang Wu, Chia-Chi Wang, e Yu-Tse Wu. 2018. "Nanoemulsion as a strategy for improving the oral bioavailability and anti-inflammatory activity of andrographolide". *International Journal of Nanomedicine* 13:669–80. doi: 10.2147/IJN.S154824.

6 ANEXO I



Journal of Food Science and Technology

[Editorial board](#)
[Aims & scope](#)
[Journal updates](#)

The Journal of Food Science and Technology (JFST) is the official publication of the Association of Food Scientists and Technologists of India (AFSTI). This monthly publishes peer-reviewed research papers and reviews in all branches of science, technology, packaging and engineering of foods and food products. Special emphasis is given to fundamental and applied research findings that have potential for enhancing product quality, extend shelf life of fresh and processed food products and improve process efficiency. Critical reviews on new perspectives in food handling and processing, innovative and emerging technologies and trends and future research in food products and food industry byproducts are also welcome. The journal also publishes book reviews relevant to all aspects of food science, technology and engineering.

Due to the overwhelming number of manuscripts coming to the journal, there could be a delay of 30 days in the first decision.

— [show all](#)

Editor-in-Chief
N. Bhaskar

Publishing model
Hybrid (Transformative Journal). [How to publish with us, including Open Access](#)

3.117 (2021) Impact factor	18 days Submission to first decision (Median)	741,987 (2021) Downloads
3.756 (2021) Five year impact factor		