



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS

TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA

ESTUDO DA SECAGEM DE POLPA DE JUÁ (*Ziziphus joazeiro*) EM
LEITO DE JORRO E SUA APLICAÇÃO EM BARRAS DE CEREAIS

CAMPINA GRANDE – PB
2020

TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA

**ESTUDO DA SECAGEM DE POLPA DE JUÁ (*Ziziphus joazeiro*) EM LEITO DE
JORRO E SUA APLICAÇÃO EM BARRAS DE CEREAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutora em Engenharia de Processos.

Orientadoras: Dra. Líbia de Sousa Conrado Oliveira
Dra. Josilene de Assis Cavalcante

Campina Grande - PB
Dezembro de 2020

P436e

Pereira, Tamires dos Santos.

Estudo da secagem de polpa de juá (*Ziziphus joazeiro*) em leito de jorro e sua aplicação em barras de cereais / Tamires dos Santos Pereira. - Campina Grande, 2021.

150 f. : Color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2020.

"Orientação: Profa. Dra. Líbia de Sousa Conrado Oliveira, Profa. Dra. Josilene de Assis Cavalcanti".

Referências.

1. Fruto do Juazeiro. 2. Fluidodinâmica. 3. Compostos Fenólicos.
4. Atividade Antioxidante. 5. Transição Vítrea. I. Oliveira, Líbia de Sousa Conrado. II. Cavalcanti, Josilene de Assis. III. Título.

CDU 634.662(043)

**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DA ALUNA
TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA**

TÍTULO: Estudo da secagem de polpa de juá (*Ziziphus joazeiro*) em leito de jorro e sua aplicação em barras de cereais.

Tese de doutorado aprovada em 14 de dezembro de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA



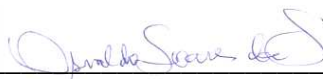
Prof^a. Dra. Lúcia de Sousa Conrado Oliveira

Orientadora- DEQ/CCT/UFCG



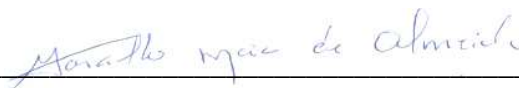
Prof^a. Dra. Josilene de Assis Cavalcante

Orientadora- DEQ/CCT/UFPB



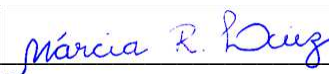
Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva

Membro Interno- UAEALI/CTRN/UFCG



Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida

Membro Externo- DESA/CCT/UEPB



Prof^a. Dra. Márcia Ramos Luiz

Membro Externo- DESA/CCT/UEPB

Um dia
nossos sonhos
vão ser tão reais
que no lugar das mãos
vamos nos dar
as asas.

(Lucão)

Agradecimentos

Sou bisneta, neta e filha de agricultores, quanto a isso tenho muito orgulho, e principalmente gratidão. Gratidão por eles nunca terem se rendido às dificuldades da seca, da fome, da aridez do meu sertão paraibano que eu tanto amo... Gratidão por terem passado de geração em geração essa garra, essa vontade de vencer que graças a eles pulsa forte em minhas veias... Gratidão por terem lutado cada batalha, vencido cada dia, superado cada obstáculo, mesmo aqueles que a gente aguenta caladinho e chora escondido, gratidão por terem criado um alicerce tão sólido que permitiu que eu chegasse exatamente onde estou, que eu fosse exatamente o que eu sonhei, e o que eu estou realizando, gratidão pela oportunidade, que na minha concepção de vida é o melhor presente, sim a escolha (a oportunidade de escolher) entre ser ou não, ir ou ficar. De onde eu venho poucos tiveram escolha antes da minha geração sabe... Mas é como alguém muito sábio (que pra variar eu não lembro quem) disse: "por acaso não te falaram que os que tiveram os sonhos roubados dariam a luz filhos com asas". Então eu "tô" seguindo, tentando ser as asas de vocês que me deram um chão firme.

Gratidão a Deus por ter segurado firme a minha mão, por ter me carregado no colo nos momentos que eu fraquejei, por colocar pessoas maravilhosas (anjos) na minha caminhada.

Aos meus pais que me deram a vida, não só no sentido da concepção, falo quanto a doação, priorizar a minha vida, a minha educação, meus sonhos, minhas asas, por me mostrarem que o mundo é meu! E que eu tenho que ir lá buscar! Que nada vem de graça, que a educação ninguém toma da gente, que a honestidade é a maior virtude, que a paciência ajuda bastante (essa eu tô treinado ainda), que ajudar quando o coração da gente pede faz bem. Ao meu irmão por dividir tudo isso comigo, por incentivar (do jeito dele) meu aprendizado em vários segmentos da vida, desenhar, andar de moto, treinar jiu-jitsu, ser "vida loka", coisas que me ajudaram a ser exatamente quem sou. A Cleidinha por ser minha irmã, tia, mãe e por sempre cuidar de mim de todas as formas possíveis e imagináveis, eu amo você! Agradeço também a Dona Lourdes, minha sogra, pelo apoio e orações e a Tia Neta e Tia Joseli por sempre cuidarem de mim.

A Jandilson, meu amor, amigo, confidente, parceiro, por todo o apoio, paciência (que eu demando bastante inclusive), amor, compreensão, gordices e massagens. Obrigada por fazer toda a parte elétrica e de programação do meu equipamento, e nessa entram também Kaio e Rafael, valeu gente! Vocês são os melhores engenheiros eletricitas do mundo! As minhas

filhotas pets Penélope, Mag, Mafalda e Tatá por me fazerem rir sempre por motivos bobinhos mas cheios de amor.

A minha eterna professora, amiga e orientadora Josilene (Josy), por ser exemplo de caráter e dedicação, por nunca desistir de mim, pelo incentivo, apoio, ombro amigo (e orelhas) durante tantos anos, por me lembrar de respirar, de ter calma e de ter juízo. A professora Líbia Conrado, por ter me aceitado, ensinado, cuidado, puxado minhas orelhas quando foi necessário, me ajudado a manter o foco e me incentivado a buscar sempre mais conhecimento, por ser também um exemplo de honestidade. Aos membros da banca Dr. Osvaldo Soares da Silva, que foi meu professor e orientador na graduação e que eu admiro demais, Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva, que me acompanha nas bancas desde o mestrado e contribuiu imensamente na minha formação, Dr. Marcello Maia de Almeida, que depois tive a sorte de conhecer o rosto por trás da tese que eu tanto estudei durante o doutorado e a Dra. Márcia Ramos Luiz que gentilmente se dispôs a contribuir com o nosso trabalho, a qual já admiro bastante.

Um agradecimento muito especial as minhas LebPoc's Raphael Lucas, Samuel, Luana e Raphael Eduardo, a vocês devo meus maiores e melhores sorrisos tanto no laboratório, quanto na vida, vocês foram sem dúvidas o melhor presente do meu doutorado, obrigada por cada momento compartilhado, cada aprendizado (incontáveis), cada abraço com pulinhos (esses são com certeza os melhores), ganhei uma família. Ah e falando em família não poderia deixar de agradecer as minhas lindezas Isabela, Sâmela (Ararinha), Newton, Rebeca, Gio, Nayara, Seu Lopes, Seu Jardes, Dona Fátima por tanta coisa que nem cabe aqui. A minha Baby Doctor Nydia Nayra por ser tão presente, dedicada e confiável, eu não teria conseguido sem você! A Williane Pinheiro por sempre estar comigo, me ajudar e incentivar desde o mestrado. E a Cecília por estar sempre comigo, até o último dia da última análise, por me ajudar sempre com tudo e me levar um bolo de despedida e comemorar comigo o fim da saga do laboratório. A Rafaela Duarte por ser tão amiga e parceira em todas as disciplinas cursadas no doutorado. Eu amo muito vocês!!!

Passaria a vida inteira agradecendo a Flávia Izabely (Minha Cruelinha), são anos e anos de apoio, cumplicidade, irmandade, cuidado, palavras não explicam, mas ela sabe exatamente o que eu quero dizer. A Ítala por ser minha doidinha de estimação, por mesmo de longe sempre estar perto, por ser ouvidos sem julgamento, pela confiança, amizade, irmandade e todo o resto que não cabe aqui. A Anna Cláudia (Kakázinha) pela amizade cumplicidade e Soares Elias pelo apoio e incentivo sempre. Vocês são minha melhor gangue! Não poderia esquecer também de

Renan Lira, muito obrigada pelas incontáveis caronas e também pela paciência! Você vai pro céu!

As minhas amizades lindas da escola, Geane Silva (Minha Naninha, onde agora batem dois corações que eu amo), por sempre ser cuidado e presença, Gilliane Silva, Karla Lucena, devo muito a vocês! E as de infância/família de sangue Alana, Joedna, Joelma e Joélida, ao bebê que eu vi crescer e brilhar Tatiana Ferreira, a prima morre de amores e orgulho, e junto com ela, Vovó Santana e Seu Benedito por me ajudarem na busca por matéria-prima. Ao pessoal da Polpa de Frutas Naturelle, ao Senhor João Vital e Dona Ednês pelo apoio, carinho e ajuda durante o processo de elaboração do meu material, a professora Rossana, professor Renan Gusmão e a maravilhosa Renata Duarte pelo auxílio inestimável com laboratórios e equipamentos e a professora Mércia Melo pela oportunidade de estágio, pela confiança e carinho que vêm desde a graduação.

A minha melhor equipe de trabalho de todos os tempos, Bruna, João Antônio e João Paulo vulgo Bluna, Bolinha e Tio Pathinhas por serem sempre um porto seguro, a certeza do apoio, confiança e carinho.

As pessoas maravilhosas que me acolheram durante a trajetória em João Pessoa, Anderson Vandrê, Jô, Taty. Ana, Xavier, Thiago Oliveira (minha amizade de infância), Rayane, Gaby, Jhonata Rodolfo, Rone e Cléa (os melhores serumaninhos) e Bruno. Em Campina Grande a toda a equipe do Litro de Luz, em especial Renata Vilela por ser colo e abrigo, Priscyla Diniz pela cumplicidade, amizade e exemplo, Lázaro por saber abraçar corações, a Karol por me acolher e ser tão presente nas horas de “aperto”.

E por fim e não menos importante eu quero agradecer as psicólogas mais maravilhosas do mundo Jully Rocha, Grazi Abreu e Lisandra Sousa, vocês me devolveram pra mim, agradecer também às meninas do GAS, inclusive Maria Clara, Devir-Mulher e Devir Mulher On-line, vocês são incríveis!

A CAPES e ao CNPQ pela concessão da bolsa ao longo do doutorado.

E aqui se concretiza mais um sonho!

[Em plena pandemia, numa manhã nublada de dezembro...

ouse sonhar!!!]

RESUMO

Os frutos de juazeiro são comestíveis, sendo bastante consumidos in natura pelo sertanejo do Nordeste do Brasil, contudo, é um fruto sazonal, climatérico, altamente perecível. Há poucos estudos e pesquisas na literatura sobre o juá, principalmente, sobre os componentes bioativos e de sua atividade antioxidante, bem como, há poucos que verifique os efeitos da secagem no teor de compostos funcionais desse fruto e nenhum sobre a secagem em leito de jorro. Diante desse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo a obtenção do pó da polpa do juá pela secagem em leito de jorro e sua utilização na produção de um alimento com apelo funcional inovador, a barra de cereais. A secagem se deu em secador de leito de jorro de coluna cone-cilíndrica. A coluna de jorro foi carregada com polietileno de baixa densidade utilizado como inerte. Os parâmetros considerados para traçar o comportamento fluidodinâmico do equipamento durante o processo de secagem foram a queda de pressão do sistema; a altura do anel; a altura da fonte; a velocidade e a umidade do ar de saída. Os experimentos foram realizados a uma velocidade fixa do ar de 1,6 vezes a velocidade de jorro mínimo, com temperaturas de 50 °C, 70 °C e 90 °C durante 230 minutos. Foi realizado o cálculo de rendimento do processo, assim como a determinação de propriedades físicas do fruto e físico-químicas da polpa, com ênfase nos compostos fenólicos totais, atividade antioxidante tanto do fruto, quanto da polpa em pó. O processo de secagem da polpa de juá apresentou um bom rendimento para todas as temperaturas avaliadas, com valores entre 67,17 e 78,22%. As temperaturas de 50 °C e 70 °C apresentaram os melhores resultados e não mostram diferença estatística entre si, contudo a amostra obtida na temperatura e 50 °C apresentou melhores resultados também para o teor de compostos bioativos, sendo esta, escolhida para a elaboração de barras de cereais. Para a elaboração das barras de cereais foram utilizadas quatro formulações, onde a amostra denominada F0 não continha adição da polpa de juá em pó, sendo esta, utilizada como branco, já nas demais formulações (F1, F2 e F3), a aveia em flocos grossos, o colágeno hidrolisado e o extrato de soja em pó foram parcialmente substituídos pela polpa de juá em pó, nas proporções de 10, 20 e 30% respectivamente. Foi realizado um breve questionário online, com 115 voluntários, sobre o perfil de consumo de barra de cereal e do conhecimento dos participantes sobre o juá e seus benefícios, além de avaliar a percepção do consumidor frente aceitabilidade e intenção de compra de barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó. A barra foi avaliada também quanto aos parâmetros de textura, colorimétricos, composição centesimal e valor energético total. O valor nutricional das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó indica sua utilização como barras energéticas, devido ao conteúdo significativo de lipídios, proteínas e carboidratos em suas formulações. Desta forma, as barras preparadas no presente estudo podem ser uma alternativa de produto alimentar nutritivo, além de agregar valor a um fruto nativo, com alto valor nutricional e apelo funcional, porém pouco explorado.

Palavras chave: fluidodinâmica; fruto do juazeiro; compostos fenólicos; atividade antioxidante; transição vítrea.

ABSTRACT

The juazeiro fruits are edible, being widely consumed in natura by the sertanejo of Northeast Brazil, however, it is a seasonal, climacteric, highly perishable fruit. There are few studies and researches in the literature on juá, mainly on the bioactive components and its antioxidant activity, as well, there are few that verify the effects of drying on the content of functional compounds of this fruit and none on the drying in spouted bed. Given this context, the present research aimed to obtain the pulp powder from the juá by drying it in a spouted bed and its use in the production of a food with an innovative functional appeal, the cereal bar. The drying took place in a cone-cylindrical column bed dryer. The spout column was loaded with low density polyethylene used as inert. The parameters considered to trace the fluid dynamic behavior of the equipment during the drying process were the pressure drop of the system; the height of the ring; the height of the fountain; the speed and humidity of the outlet air. The experiments were carried out at a fixed air speed of 1.6 times the minimum spurt speed, with temperatures of 50 °C, 70 °C and 90 °C for 230 minutes. The process yield calculation was carried out, as well as the determination of the fruit's physical and physical-chemical properties of the pulp, with emphasis on total phenolic compounds, antioxidant activity of both the fruit and the powdered pulp. The juá pulp drying process showed a good yield for all temperatures evaluated, with values between 67.17 and 78.22%. The temperatures of 50 °C and 70 °C showed the best results and show no statistical difference between them, however the sample obtained at the temperature and 50 °C showed better results also for the content of bioactive compounds, which was chosen for the preparation of cereal bars. For the preparation of cereal bars, four formulations were used, where the sample called F0 did not contain the addition of powdered juá pulp. coarse, hydrolyzed collagen and powdered soy extract were partially replaced by powdered juá pulp, in the proportions of 10, 20 and 30% respectively. A short online questionnaire was carried out with 115 volunteers on the profile of cereal bar consumption and the participants' knowledge of juá and its benefits, in addition to assessing the consumer's perception of acceptability and intention to purchase enriched cereal bars. with juá pulp powder. The bar was also evaluated for texture, colorimetric, proximate composition and total energy value parameters. The nutritional value of cereal bars enriched with juá pulp powder indicates their use as energy bars, due to the significant content of lipids, proteins and carbohydrates in their formulations. Thus, the bars prepared in the present study can be an alternative for a nutritious food product, in addition to adding value to a native fruit, with high nutritional value and functional appeal, although little explored.

Keywords: fluid dynamics; fruit of the juazeiro; phenolic compounds; antioxidant activity; glass transition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Regiões características em um leito de jorro.....	29
Figura 3.2 - Esquema da técnica do leito de jorro aplicada em materiais pastosos.....	31
Figura 3.3 - Curva fluidodinâmica genérica de leito de jorro.....	33
Figura 4.1 - Planta de <i>Zizyphus joazeiro</i> Mart. cujos frutos foram utilizados no experimento.....	40
Figura 4.2 - Fluxograma de preparo da polpa de juá.....	41
Figura 4.3 - Frutos de juazeiro coletados.....	41
Figura 4.4 - Processo de despulpamento dos frutos do juá.....	42
Figura 4.5 - Fluxograma do processo de obtenção e caracterização da polpa de juá em pó.....	51
Figura 4.6 - Sensor digital DHT22.....	52
Figura 4.7 - Esquema do aparato experimental do secador de leito de jorro.....	53
Figura 4.8 – Pontos de coleta das variáveis no secador de leito de jorro.....	54
Figura 4.9 - Fluxograma do processo de produção das barras de cereais.....	61
Figura 5.1 – Perfil de cor e friabilidade do adjuvante amido de milho em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra.....	71
Figura 5.2 - Perfil de cor e friabilidade do adjuvante de amido de mandioca em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra.....	72
Figura 5.3 - Perfil de cor e friabilidade do adjuvante amido de arroz vermelho em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra.....	73
Figura 5.4 – – Perfil de cor e friabilidade do adjuvante leite de cabra em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra.....	74
Figura 5.5 - Perfil de cor e friabilidade do adjuvante dextrose em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra.....	75
Figura 5.6 - Perfil de cor e friabilidade do adjuvante maltodextrina em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra.....	76

Figura 5.7 - Variação de altura do anel e da fonte do leito de jorro com o inerte em função da velocidade do ar.....	77
Figura 5.8 – Comportamento da fluidodinâmica do leito de jorro com o inerte em função da velocidade do ar.....	78
Figura 5.9 - Alterações na diferença de pressão e velocidade do ar com a adição de água em função do tempo de operação.....	79
Figura 5.10 - Alterações na altura do anel, altura da fonte de jorro e umidade do ar de saída com a adição de água em função do tempo de operação.....	79
Figura 5.11 - Alterações na variação média de pressão do leito durante a operação de secagem nas três temperaturas de operação.....	81
Figura 5.12 - Variações observadas: (A) na altura do anel; (B) altura da fonte do leito de jorro; correlações entre altura do anel e da fonte na operação (C) a 50 °C, a (D) 70 °C e (E) 90 °C.....	82
Figura 5.13 - Correlações entre umidade e temperatura do ar de saída na operação em função do tempo de operação: (A) a 50 °C; (B) a 70 °C e (C) a 90 °C.....	84
Figura 5.14- Perfil sociodemográfico dos consumidores.....	109
Figura 5.15 - Frequência do consumo de barras de cereais pelos consumidores.....	110
Figura 5.16 – Conhecimento prévio sobre o juá, suas possíveis utilizações e benefícios e intenção de compra de barras de cereais adicionadas de polpa de juá em pó.....	111
Figura 5.17 – Barras de cereais adicionadas de diferentes concentrações de polpa de juá em pó.....	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Pesquisas sobre o potencial agroindustrial dos frutos do juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart (Rhamnaceae).....	25
Quadro 3.2 – Pesquisas sobre a secagem de polpas ou resíduos de frutas em leite de jorro.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Classificação dos pós de acordo com a compressibilidade.....	60
Tabela 4.2 - Ingrediente e proporções utilizados na preparação das barras de cereais	61
Tabela 5.1 – Características físicas do fruto do juá.....	64
Tabela 5.2 – Caracterização centesimal da polpa do fruto do juá maduro.....	66
Tabela 5.3 – Caracterização físico-química da polpa do fruto do juá maduro.....	68
Tabela 5.4 – Rendimento da produção do pó.....	85
Tabela 5.5 – Absorção de água e óleo e índice de sinérese da polpa de juá em pó para os pós coletados (C) e retidos (R) nas temperaturas do processo e para os pós liofilizados PBL e PL.....	87
Tabela 5.6 – Densidades real, aparente e compactada da polpa de juá em pó para as amostras coletadas e retidas nas três temperaturas e para as amostras PBL e PL...	90
Tabela 5.7 – Índices de Carr e Hausner e porosidade do leito da polpa de juá em pó para as amostras coletadas e retidas nas três temperaturas e para as amostras PBL e PL.....	91
Tabela 5.8 – Caracterização centesimal da polpa de juá em pó para as amostras coletadas e retidas nas temperaturas de 50, 70 e 90 °C e para as amostras PBL e PL.....	93
Tabela 5.8a – Recuperação total das cinzas no leito de jorro e nas frações coletadas e retidas.....	94
Tabela 5.8b – Recuperação total dos lipídeos no leito de jorro e nas frações coletadas e retidas.....	96
Tabela 5.8c – Recuperação total das proteínas no leito de jorro e nas frações coletadas e retidas.....	97
Tabela 5.8d – Recuperação total dos carboidratos no leito de jorro e nas frações coletadas e retidas.....	98
Tabela 5.9 – Valores energéticos para as amostras de polpa de juá em pó avaliadas e a recuperação média do processo de secagem em leito de jorro as três temperaturas estudadas para o valor calórico.....	99
Tabela 5.10 – Caracterização físico-química da polpa de juá em pó	100

Tabela 5.10a – Recuperação total da acidez no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas.....	101
Tabela 5.10c – Recuperação total de açúcares redutores no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas.....	102
Tabela 5.10d – Recuperação total e para as frações coletadas e retidas para o ratio nas três temperaturas avaliadas.....	103
Tabela 5.11 – Caracterização química para compostos bioativos da polpa de juá em pó.....	104
Tabela 5.11a – Recuperação de compostos fenólicos totais no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas.....	106
Tabela 5.11b – Recuperação total da atividade antioxidante por ABTS+ no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas para as temperaturas aplicadas.....	107
Tabela 5.11c – Recuperação total da atividade antioxidante por DPPH no leite de jorro e nas frações coletadas e retida.....	108
Tabela 5.12 – Médias dos parâmetros de textura das formulações de barra de cereal adicionadas diferentes concentrações de polpa de juá em pó.....	112
Tabela 5.13 - Médias das propriedades colorimétricas das formulações de barra de cereal adicionadas diferentes concentrações de polpa de juá em pó.....	114
Tabela 5.14 – Caracterização centesimal das barras de cereais.....	116
Tabela 5.15– Valores energéticos das formulações das barras de cereais.....	118

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	20
2. OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivo geral.....	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
3.1 O juazeiro.....	23
3.2 Secagem.....	27
3.2.1 Secagem de pastas e suspensões.....	28
3.3. Adjuvantes na secagem.....	34
3.4 Secagem de polpas de frutas em leite de jorro.....	35
3.5 Barras de cereais como alternativa para aproveitamento de frutas.....	38
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1 Matéria prima.....	40
4.2 primeira etapa – caracterização física e físico-química da polpa do juá.....	41
4.2.1 Caracterização física do fruto do juá.....	42
4.2.2 Caracterização físico-química da polpa do fruto do juá.....	43
4.2.2.1 Teor de umidade.....	43
4.2.2.2 Cinzas.....	43
4.2.2.3 Lipídios.....	44
4.2.2.4 Proteínas.....	44
4.2.2.5 Carboidratos.....	46
4.2.2.6 Valor Energético Total (VET).....	46
4.2.2.7 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	46
4.2.2.8 Determinação de sólidos solúveis totais (STT).....	47

4.2.2.9 Acidez Total Titulável (ATT).....	47
4.2.2.10 Rátió (SST/ATT)	47
4.2.2.11 Açúcares redutores.....	48
4.2.3 Caracterização de compostos bioativos da polpa do juá.....	48
4.2.3.1 Determinação de compostos fenólicos totais (CFT).....	48
4.2.3.2 Determinação da atividade antioxidante pelo método de ABTS.....	49
4.2.3.3 Quantificação da atividade antioxidante pelo DPPH.....	49
4.3 segunda etapa - secagem da polpa do juá em leito de jorro.....	50
4.3.1 Seleção do adjuvante.....	51
4.3.2 Instalação e testes dos sensores no secador de leito de jorro.....	52
4.3.3 Ensaio fluidodinâmico com inerte.....	53
4.3.4 Obtenção preliminar das curvas características.....	54
4.3.5 Preparação da pasta base submetida a secagem em leito de jorro.....	55
4.3.6 Condições operacionais para a secagem.....	55
4.3.7 Rendimento do processo de secagem.....	56
4.3.8 Secagem por liofilização.....	56
4.3.9 Caracterização físico-química e física dos pós obtidos.....	56
4.3.9.1 Capacidade de absorção de água e óleo.....	57
4.3.9.2 Índice de sinérese.....	57
4.3.9.3 Densidade real.....	58
4.3.9.4 Densidade aparente (Dap).....	58
4.3.9.5 Densidade de compactação (Dcp).....	59
4.3.9.6 Porosidade.....	59
4.3.9.7 Índice de compressibilidade (índice de Carr) e índice de Hausner.....	59
4.4 Elaboração das Barras de Cereais enriquecida com polpa de juá em pó.....	60
4.4.1 Perfil de consumo de barras de cereais e intenção de compra para barras enriquecidas com polpa de juá em pó.....	62

4.4.2 Determinação do perfil de textura das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó.....	62
4.4.3 Análise de cor das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó.....	63
4.4.4 Caracterização físico-química das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó.....	63
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
5.1 Primeira etapa – caracterização física e físico-química da polpa do juá.....	64
5.1.1 Caracterização física do juá (fruto).....	64
5.1.2 Caracterização físico-química da polpa de juá.....	65
5.1.2.1 Análise centesimal da polpa de juá.....	65
5.1.3 Caracterização química de compostos bioativos do fruto.....	69
5.2 Segunda etapa - secagem da polpa do juá em leito de jorro.....	70
5.2.1 Seleção do adjuvante a ser usado na secagem da polpa do fruto do juá.....	70
5.2.2 Ensaio fluidodinâmico do leito de jorro com inerte.....	77
5.2.3 Fluidodinâmica da secagem da polpa do juá.....	80
5.2.4 Rendimento do processo de secagem.....	85
5.2.5 Caracterização física da polpa de juá em pó.....	87
5.2.6 Caracterização físico-química da polpa de juá em pó.....	93
5.2.7 Caracterização química de compostos bioativos.....	104
5.3 Terceira etapa – elaboração de barras de cereais enriquecidas com diferentes concentrações de polpa de juá em pó	109
5.3.1 Perfil de consumo para barras de cereais enriquecida com polpa de juá em pó	109
5.3.2 Análise do perfil de textura das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó.....	112
5.3.3 Análise do perfil de cor das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó.....	113
5.3.4 Caracterização físico-química das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó.....	115
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119

Referências.....	120
APÊNDICE A.....	133
APÊNDICE B.....	139
APÊNDICE C.....	140
APÊNDICE D.....	143

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido mundialmente por sua diversidade vegetal e principalmente pelo grande potencial que muitas dessas plantas apresentam para sua utilização na indústria farmacêutica, de cosméticos e de alimentos. Em se tratando da indústria de alimentos, principalmente na última década, a utilização de matérias-primas vegetais que tem apelo não só nutricional, mas também funcional, tem crescido e, portanto, pesquisas para descobrir e avaliar o potencial dessas fontes têm aumentado.

Em decorrência dos resultados promissores dessas pesquisas, produtos que utilizam essas matérias-primas têm sido desenvolvidos e comercializados, a exemplo das farinhas como a de açaí, de coco, de semente de uva, da castanha do baru, polpas de frutas exóticas como umbu, açaí, cupuaçu, cajá, gabioba, uvaia, jenipapo, cambuci, pitanga, arará-boi, murici, mangaba e tamarindo, assim como geleias, doces, balas, compotas, biscoitos e vários outros produtos.

As plantas nativas apresentam inúmeras aplicações, mas ainda, faz-se necessários estudos mais aprofundados de várias espécies, para que sejam aumentadas as possibilidades do aproveitamento integral de potenciais fontes alimentares pouco exploradas ou mesmo desconhecidas pela população local (KOHLENER; BRACK, 2016). Muitas dessas plantas apresentam grande potencial nutricional, além de compostos bioativos que atuam de forma a melhorar o metabolismo do ser humano, como a vitamina C, os carotenoides, antocianinas, compostos fenólicos, que atuam principalmente como antioxidantes na via metabólica, a exemplo do juazeiro.

O Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) é uma espécie típica da Caatinga, no nordeste brasileiro, sendo uma das poucas plantas que não perde as folhas durante a seca; apresenta-se de forma isolada, ou com poucos exemplares próximos, não havendo assim, a formação de matas (EMBRAPA, 2007).

Cada árvore produz uma grande quantidade de frutos na época da frutificação, que ocorre de janeiro a maio, gerando um grande excedente, pois não há consumo intensivo nem larga industrialização para o mesmo. É oportuno destacar que o fruto do juazeiro, o juá, quando maduro, é extremamente perecível. Segundo Diniz (2016), esses frutos são nutritivos e sendo ele sazonal a sua produção é parcialmente desperdiçada. Assim, estudos de métodos tecnológicos de conservação e a caracterização biotiva, além da nutricional, podem contribuir

para agregar valor e disponibilizar mais uma fonte alimentar regional, com a possibilidade de desenvolver produtos mais comercialmente usados que não só a utilização do fruto *in natura*.

Segundo o mesmo autor, a secagem do juá em leito fixo e mostrou que esse fruto possui todos os aminoácidos essenciais, com destaque para o triptofano, acima do padrão de referência estabelecido pela FAO/adultos, usado como suplemento dietético e no tratamento de estresse, hiperatividade, depressão e distúrbios do sono.

Tendo em vista que apesar da secagem ser um método eficiente para conservação de alimentos é de fundamental importância o avanço de estudos que permitam minimizar os danos causados aos constituintes nutricionais do alimento durante o processo.

Em meio às técnicas de secagem de polpa de frutas empregadas convencionalmente, a secagem em leito de jorro oferece grande flexibilidade nas condições de operação e por isso atende ao apelo de conservação das propriedades bioativas das matérias-primas após a obtenção dos pós, além de ser um equipamento operacional com possibilidade de utilização em temperaturas menores do que os secadores tipo *spray drying* (BEZERRA et al., 2013). Segundo Wachiraphansakul e Devahastin (2007), os produtos em pó obtidos através da secagem em leito de jorro retêm o conteúdo de compostos bioativos e mantêm excelente qualidade nutricional.

Há poucos estudos e pesquisas na literatura sobre o juá, principalmente, sobre os componentes bioativos e de sua atividade antioxidante, bem como, há poucos estudos que verifique os efeitos da secagem no teor e atividade dos compostos funcionais desse fruto e nenhum sobre a secagem em leito de jorro.

A presente pesquisa buscou as melhores condições operacionais de secagem em leito de jorro da polpa de juá para obtenção de um pó com bom rendimento e o máximo de conservação de nutrientes e compostos bioativos, e ainda a formulação de barras de cereais, tendo como um dos ingredientes o pó da polpa do juá em pó, fomentando assim a fabricação de um produto regional com apelo funcional e inovador.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Obter a polpa do juá em pó pela secagem em leito de jorro e sua utilização na produção de barras de cereais com apelo funcional inovador.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar as propriedades físicas do fruto e físicas e físico-químicas da polpa do juá;
- Avaliar a melhor formulação para a pasta base;
- Avaliar o comportamento fluidodinâmico do leito de jorro: a) leito de jorro com partículas inertes; b) leito de jorro com partículas inertes e polpa;
- Realizar a secagem da pasta base de juá com amido de arroz vermelho nas temperaturas de 50, 70 e 90 °C;
- Determinar as propriedades físicas e físico-químicas, dando ênfase aos compostos bioativos da polpa de juá em pó obtida em secador de leito de jorro;
- Elaborar barras de cereais a partir da polpa de juá em pó;
- Caracterizar o perfil do consumidor de barras de cereais;
- Determinar o perfil de textura, perfil colorimétrico, a composição e Valor Energético Total das barras de cereais;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O JUAZEIRO

A espécie *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) é uma árvore típica do semiárido brasileiro no bioma Caatinga (FERNANDES; ARAÚJO, 2011), onde é popularmente conhecida como juazeiro, juá, juá-de-espinho, juá-fruta, laranjeira-de-vaqueiro, enjuá, juá-mirim, juá-de-boi, juá-bravo, loquiá, entre outros.

Pode ser encontrado nos nove estados da região Nordeste e até mesmo no norte de Minas Gerais (DIÓGENES et al., 2010). Não existem matas naturais dessa espécie, ela ocorre de forma isolada nas matas adaptadas à aridez. De acordo com Bezerra (2006), a planta tem porte que varia de médio a alto, pelo tronco alinhado ou sinuoso, pela lentidão no crescimento e pela presença de espinhos resistentes com ramos tortuosos. Sua folhagem verde renova-se a cada ano, principalmente no mês de outubro, em contraste com as demais plantas da Caatinga, que têm folhas secas e tons acinzentados.

Dessa planta, a população local se alimenta do fruto e utiliza os extratos de caule, folhas e raízes como medicamentos tradicionais para o tratamento da febre, infecção bacteriana, dor, gengivite e doenças respiratórias e para a cura tópica, tônico hepático e cardíaco, diurético e outros fins. Baseado na aplicação popular, o juazeiro tornou-se objeto de alguns estudos farmacológicos com resultados satisfatórios como antifúngico (CRUZ et al., 2007), gastro protetores (ROMÃO et al., 2010) e propriedades antimicrobianas (SILVA et al., 2011).

Outras análises farmacológicas realizadas com o juazeiro mostraram atividade antibacteriana contra *Bacillus cereus* e *Staphylococcus epidermidis* (SCHUHLY et al., 1999); atividade antifúngica contra *Cândida albicans*, *Candida guilliermondii*, *Trichophyton rubrum*, *Cryptococcus neoformans* (CRUZ et al., 2007); além de atividade antimicrobiana contra microorganismos orais (MORE et al., 2008).

Dentre os constituintes químicos do juazeiro estão a saponina, os hidratos de carbono, a celulose e a vitamina C, sendo que esta última se apresenta em grande concentração em seus frutos (DANTAS et al., 2014).

Os frutos de juazeiro são comestíveis, sendo bastante consumidos *in natura* pelo sertanejo do Nordeste do Brasil (CARVALHO, 2007). Podendo ainda serem processados como doces e geleias. O suco do fruto pode ser utilizado para limpeza e tratamento de pele com acne e também como alimentação para vários animais. A árvore floresce durante os meses de

novembro e dezembro e a maturação dos frutos ocorre no período de junho a julho (LOPPES, 2008).

O juá possui forma arredondada e, quando maduro, chama atenção por sua cor amarelada, apresenta uma polpa de coloração branca e sabor adocicado (BRASIL, 2015). Do ponto de vista botânico, é considerado um nuculânio, que apresenta um endocarpo pétreo 2-locular, contendo uma semente por fruto (MONIZ, 2002). Outros autores consideram o juá como uma drupa (LIMA, 2000; MATOS, 2000; MENDES, 1996)

O juá é conhecido pelo seu elevado valor de vitamina C (LORENZI, 2000; MONIZ, 2002), mas também apresentam características físico-químicas relevantes, como elevado rendimento e alto teor de sólidos solúveis (SILVA et al., 2017).

Alguns autores têm investigado o potencial agroindustrial do juá, seja por meio de pesquisas de caracterização física, química, físico-química e fotoquímica, ou através de estudos de secagem, processamento e armazenamento de novos produtos. No Quadro 3.1 é mostrado um levantamento dos estudos sobre o potencial agroindustrial do juá.

Quadro 3.1 – Pesquisas sobre o potencial agroindustrial dos frutos do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae),

Continua

Referência	O que fez	Conclusões
Moniz (2002)	Caracterização morfológica de frutos.	Os frutos quando maduros apresentam um elevado teor de sólidos solúveis e uma baixa acidez, o que indica a sua boa palatabilidade.
Martins et al. (2007)	Vigor da planta sobre a biometria de frutos.	Juazeiros de troncos mais largos apresentaram frutos mais pesados e espessos, refletindo um padrão de sobrevivência das espécies que alocam recursos para a reprodução, após seu estabelecimento (dominância) no ambiente em que estão inseridas. Enquanto que os indivíduos que investiram em crescimento, produziram frutos mais leves.
Feitosa et al. (2009) e Batista et al. (2015)	Caracterização físico-química do juá seco a 65 °C por 24 horas em estufa com circulação de ar.	A farinha de juá mostra-se como uma alternativa promissora para o aproveitamento em formulações alimentícias como pães, bolos e biscoitos.
Silva et al. (2011)	Parâmetros biométricos do juá.	Em média, a massa dos frutos diferiu entre plantas e épocas de colheita.
Nascimento et al. (2011)	Caracterização físico-química do juá durante o período de produção.	O principal atributo desta espécie é sua alta relação SS / acidez, que revela o equilíbrio entre os açúcares e acidez nos frutos, uma característica importante na comercialização dos frutos intactos. Esta espécie também possui grandes teores de sólidos solúveis, mostrando uma promessa de estudos sobre o potencial agroindustrial da fruta.
Melo et al. (2012)	Pesquisa de bioativos com atividade antimicrobiana contra leveduras e bactérias nos extratos hidroetanólicos do fruto.	Todos os extratos apresentaram atividade antimicrobiana.
Silva (2014)	Caracterização físico-química e química do juá e sua conservação por fermentação láctica.	Constatou a viabilidade da continuação e aprofundamento dos estudos visando a viabilização da produção comercial de conservas alimentícias de juá.
Araújo et al. (2015)	Caracterização biométrica de frutos.	Obteve-se que a amplitude do comprimento e o diâmetro equatorial dos frutos é relativamente uniforme. O percentual de polpa mostrou que 68% dos frutos apresentaram rendimento de polpa superior a 35%.

Quadro 3.1 – Pesquisas sobre o potencial agroindustrial dos frutos do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae),

Continuação

Referência	O que fez	Conclusões
Lima et al. (2015)	Caracterização físico-química dos frutos.	Umidade dentro do valor requerido pela legislação para farinhas de 15% e as melhores características nutricionais de proteínas, cinzas e carboidratos para o experimento nas de temperatura de 70 °C e velocidade do ar de 2 m/s
Diniz (2016)	Obtenção da farinha da polpa do fruto em várias condições de secagem em leito fixo.	A farinha resultante do experimento de temperatura de 70°C e velocidade de ar do 2,0 m/s apresentou umidade dentro do valor requerido pela legislação para farinhas de 15% e as melhores características nutricionais de proteínas, cinzas e carboidratos e que em relação aos índices de qualidade nutricional, o óleo da semente de juá mostrou-se com bom potencial para a promoção da saúde.
Silva (2017)	Avaliação do juá armazenado em temperatura ambiente controlada (24,5±0,5 °C e 33,5±0,5 %UR), durante 4 dias.	Os resultados foram compatíveis com o perfil característico das frutas em geral, mostraram potencialidade desta espécie para o processamento agroindustrial.
Silva et al. (2017)	Realizaram a caracterização físico-química e composição centesimal e mineral do juá.	No decorrer do armazenamento, houve redução no valor das características físicas analisadas, atestando que houve amadurecimento dos frutos, condição que leva ao consumo de substratos acumulados.
Silva et al. (2018)	Avaliação da composição centesimal do juá no estágio maduro.	Os frutos avaliados apresentam elevado valor energético quando comparados a outras frutas, indicando sua possível inserção na alimentação humana, a fim de suprir as necessidades energéticas diárias.
Almeida et al. (2020),	Avaliaram a influência da pasteurização lenta da polpa de juá sobre seus compostos fenólicos totais e sua atividade antioxidante.	A pasteurização lenta (65 °C/30 min.) não causou redução significativa dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante da polpa de juá, indicando ser um processo eficiente em termos de manutenção de seus compostos funcionais.

3.2 SECAGEM

As guerras modernas, com a necessidade de transportar grandes volumes a grandes distâncias, foram as causas para o incentivo do desenvolvimento do processo de secagem. Na I Grande Guerra Mundial, a prática de secagem se disseminou e o processo começou a ser estudado mais cientificamente, atingindo o seu ápice durante a II Guerra Mundial (LIMA, 2001).

A secagem pode ser definida como a operação de eliminação de um líquido volátil contido em um substrato não volátil, através da evaporação do líquido (ORDÓÑES, 2005; STRUMILLO; KUDRA, 1986; FOUST et al., 1982).

Para Prakash, Jha e Datta (2004) a desidratação consiste na técnica de preservação, na qual o teor de água é reduzido até um nível em que o produto atinge estabilidade química e biológica. Vida de prateleira prolongada, variedade de produtos e redução de volume são causas para a notoriedade de frutas e vegetais secos, podendo ser expandido com melhorias na qualidade dos produtos e aplicações dos processos.

Fellows (2006) define secagem como sendo a aplicação de calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maioria da água presente em um alimento, tendo como principal objetivo prolongar a vida de prateleira dos alimentos por meio da redução da atividade de água e inibição do crescimento de microrganismos, além da redução da atividade enzimática.

A redução de massa dos produtos, do conteúdo de água, reduz também os custos de transporte, embalagem, armazenamento e distribuição, além de agregar a conveniência de manuseio (BENELLI; OLIVEIRA, 2016).

Os aspectos importantes da secagem consistem em prever o comportamento do processo e aumentar sua eficiência. Parâmetros como a taxa de secagem, estabilidade no armazenamento, características de reidratação e mudanças de qualidade dependem do tipo de secador e das variáveis do processo além dos pré-tratamentos utilizados (YUCCEL; ALPAS; BAYINDIRLI, 2010). Sendo a secagem um processo que normalmente envolve o uso de temperaturas elevadas há possibilidade de degradação e a oxidação de alguns nutrientes (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

Inúmeras mudanças podem ocorrer durante a secagem de um alimento, como: encolhimento; alterações na forma; tamanho; porosidade, que podem influenciar na capacidade de solubilidade e reidratação e até alterações de cor, sabor, textura e aroma. Para a realização

correta das operações de secagem e armazenamento, é necessário conhecer a relação entre a temperatura do ar, atividade de água e a umidade relativa (PEDRO; TELIS-ROMERO; TELIS, 2010; CORRÊA et al., 2010).

Na secagem de alimentos existem múltiplas variedades de secadores, sendo estes escolhidos de acordo com as características do alimento, a facilidade do processamento, o volume processado, o estado e as condições da matéria-prima, fatores de origem econômica e, principalmente, a forma que se deseja dar ao produto final. Particularmente para a secagem de pastas, a diversidade de características físicas dos materiais leva à inexistência de um padrão de secador recomendado (FREIRE, 1992).

Existem inúmeros equipamentos que podem ser utilizados na secagem de alimentos, como os secadores por ar aquecido, leito de jorro, leito fluidizado, liofilização, atomização, desidratação osmótica, entre outros (SANTHALAKSHMY et al., 2015; SANTO et al., 2013). As especificidades de cada produto, juntamente com as propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam as condições de secagem. A escolha adequada do equipamento de desidratação é fundamental, para a obtenção de produtos finais apropriados, de boas características e estáveis quanto à conservação do mesmo (JAFARI; GHALENOEI; DEHNAD, 2017).

Devido as frutas apresentarem alto teor de umidade e conseqüentemente serem altamente perecíveis, exigem métodos de conservação e processamento, a fim de reduzirem as perdas pós-colheita (JAFARI; GHALENOEI; DEHNAD, 2017). Dentre as técnicas mais estudadas para produção de frutas desidratadas, destaca-se a secagem por atomização, leito de jorro, liofilização, desidratação em camada de espuma (processo *foam-mat*), encapsulação de sucos por co-cristalização com sacarose e por micro-ondas (SOUZA, 2009).

3.2.1 Secagem de pastas e suspensões

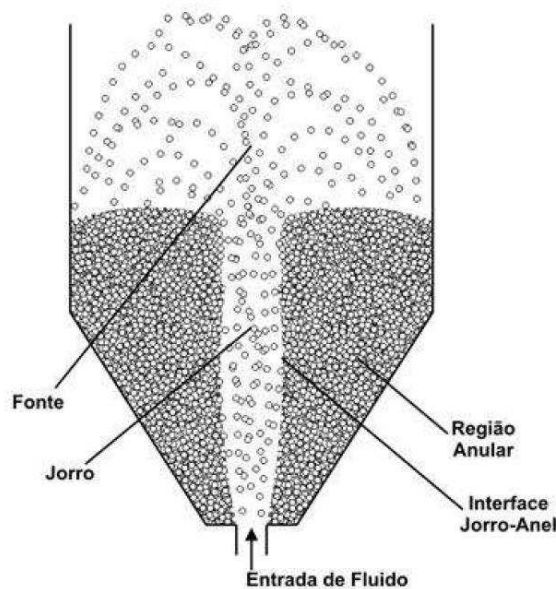
Do ponto de vista reológico, as pastas alimentícias podem ser consideradas, como um sistema coloidal, ou seja, um sistema sólido-líquido constituído de partículas microscópicas ou de partículas coloidais dispersas em um líquido (FREIRE, 1992).

De acordo com Strumillo; Markowski; Kaminski (1983), as pastas são de difícil definição, pois abrangem um grupo de materiais úmidos em várias formas físicas: pastas duras (tortas de filtração e precipitados), pastas moles e lamas (pastas de amido e polpas em geral), suspensões (soro de leite), emulsões (leite natural e maionese) e soluções (açúcar em água).

Para a secagem dessas pastas e de suspensões, uma alternativa promissora é o leito de jorro, com produção de pó de alta qualidade, além de apresentar diversas aplicações industriais devido à sua versatilidade e ao potencial para conduzir a granulação ou aglomeração a baixo custo (CHIELLE et al., 2016; BEZERRA et al., 2013).

A técnica de secagem em leito de jorro foi proposta inicialmente por Mathur e Gisher no início de 1950, como uma alternativa à secagem em leito fluidizado de grãos de trigo (FENG et al., 2012; EPSTEIN; GRACE, 2011). O princípio de operação do leito de jorro é mostrado na Figura 3.1

Figura 3.1 - Regiões características em um leito de jorro



Fonte: TRINDADE (2004).

De acordo com Freire (1992) a técnica consiste basicamente:

1. Injeção do fluido no leito de partículas por um orifício, comumente localizado no centro da base da coluna.
2. Esse jato fluido irá quebrar o leito na região central arrastando as partículas em direção ao topo da coluna, formando a região de jorro, ou de baixa concentração de sólidos.
3. As partículas arrastadas são desaceleradas em sua trajetória ascendente até alcançar a fonte, região acima do leito caracterizada pela alteração de direção no movimento das partículas sólidas.

4. Estas partículas são direcionadas para a região anular, ou região de alta concentração de sólidos, reiniciando seu movimento lento e ascendente de retorno ao jorro, o que favorece o contato entre o sólido e o fluido, qualquer processo de transferência de massa e/ou energia entre estas duas fases.

O início da circulação dos sólidos, que caracteriza o leito de jorro, acontece quando a vazão de ar se torna suficiente para arrastar pneumáticamente as partículas acima do nível do leito (LOURENÇO, 2006).

Mathur; Epstein (1974); Rosa; Freire (2009), entre outros, observaram como principal vantagem do leito de jorro o movimento cíclico e razoavelmente ordenado das partículas, que produz um alto grau de contato entre fluido-partícula, proporcionando altas taxas de transferência de calor e de massa e, especificamente na secagem, um produto seco mais homogêneo.

A secagem de pastas em leito de jorro ocorre na presença de partículas inertes, que servem de suporte para a pasta e como fonte de calor para a secagem e originam pós com boa qualidade e auxiliam na recuperação do produto (DOTTO; SOUZA; PINTO, 2011). As partículas inertes possibilitam a obtenção de um produto com granulometria fina e uniforme, com tempos de contato curtos, contribuindo para a qualidade do produto, além de proporcionar altas taxas de transferência de calor e massa (ARAÚJO et al., 2015; MUSSI et al., 2015).

A alimentação da pasta pode ocorrer na forma atomizada ou gotejada sobre o leito de partículas em movimento, o que proporciona uma grande área de contato. A introdução da alimentação geralmente ocorre na superfície superior do leito, pois há evidências de que a introdução da pasta nesta posição promove um funcionamento estável com pouca acumulação do produto no interior do equipamento. Esta alimentação molha a superfície das partículas inertes, formando uma camada fina de material líquido (FREIRE; FERREIRA; FREIRE, 2011; BENELLI; SOUZA; OLIVEIRA, 2013).

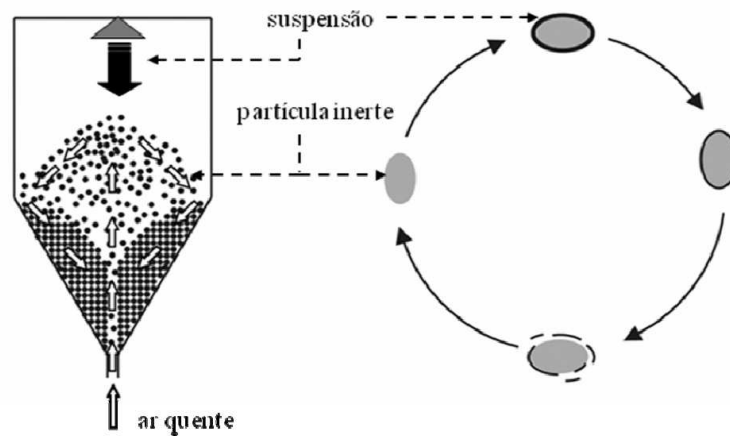
Pham (1983) foi um dos primeiros a verificar que a pasta apresenta influência na fluidodinâmica do leito de jorro. Foi observado que a presença da pasta dificultava a movimentação dos inertes na região anular e também favorecia a formação de regiões estagnadas.

Assim que a pasta adere à superfície das partículas inertes, o filme passa a ser seco através do próprio contato com as partículas aquecidas, que transmitem calor por condução, e também pelo ar quente que alimenta o jorro, que transmite calor por convecção. À medida que o filme é seco, torna-se quebradiço e as colisões entre as partículas e entre estas e as paredes do

equipamento promovem energia suficiente para fraturar o filme. Este se solta das partículas e é carregado pelo ar, sendo coletado usualmente através de um ciclone. Como a pasta é alimentada continuamente no secador, a produção do filme, sua secagem, fratura e elutriação do pó ocorrem simultaneamente no leito de jorro (FREIRE e SILVEIRA, 2009).

De acordo com Freire et al. (2012) a ocorrência do ciclo de secagem em leito de jorro – formação da camada de líquido, secagem, fratura do filme, e recolhimento do pó – acontece simultaneamente e o tempo e quantidade de repetições dos estágios depende das propriedades reológicas da pasta características de adesão, taxas de atrito e outros fatores como pode ser observado na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Esquema da técnica do leito de jorro aplicada em materiais pastosos



Fonte: TRINDADE (2004).

Outra condição operacional a ser observada nos secadores de leito de jorro com partículas inertes é a velocidade do ar necessária para jorrar as partículas, que são relativamente grandes e pesadas.

Passos; Mujumdar (2000) relataram que os aspectos relativos à fluidodinâmica do leito de jorro na secagem, a taxa de circulação de sólidos e a velocidade do ar, que se relacionam com as propriedades intrínsecas do material, são relevantes na realização de balanços de massa, de energia e de movimento do processo de secagem.

O estudo do comportamento fluidodinâmico das partículas no leito, considerando a presença da suspensão no leito, embora negligenciado por muitos autores, é extremamente importante na obtenção de condições de operação que permitam maior eficiência de produção de pó, ausência de instabilidades, processo mais econômico e melhor qualidade do produto. A

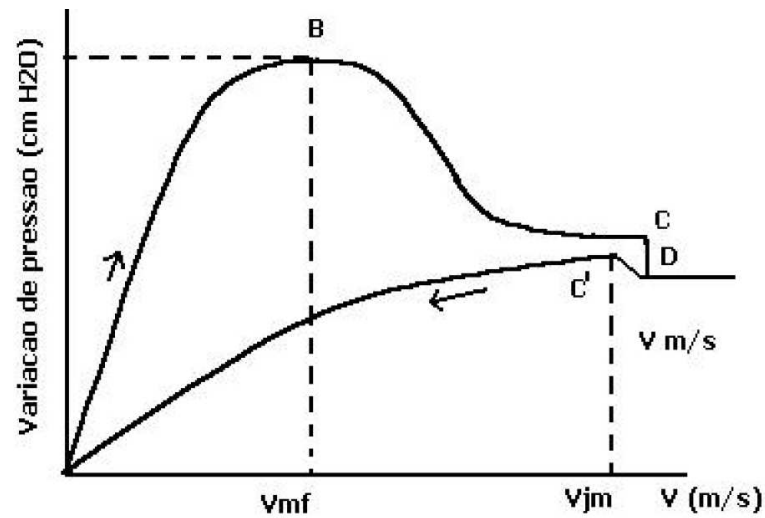
obtenção do jorro estável também é restrita pela altura máxima de leito, acima desta ocorrem instabilidades no processo. Os parâmetros fluidodinâmicos sofrem ainda, influência das propriedades e dimensões das partículas inertes e da geometria do leito como o ângulo do cone e a relação entre os diâmetros da parte cilíndrica e do orifício de entrada de ar (SOUZA, 2003).

Freire (1992) definiu os seguintes parâmetros fluidodinâmicos do leito de jorro como:

- Velocidade de jorro mínimo: O jorro que ocorre com a menor velocidade superficial, na qual a fonte ainda exista. Este parâmetro depende da geometria do sistema bem como das características físicas do fluido e das partículas.
- Altura de jorro estável: A altura de leito que qualquer valor superior a esta prejudicará a estabilidade do jorro. A importância desta informação está no fato de poder estimar a quantidade total de material que será processada em cada corrida de um determinado equipamento.
- Perda de carga no jorro estável: É a queda de pressão que ocorre durante o funcionamento estável do leito. A estabilidade de um leito de jorro depende das dimensões do leito e das propriedades das partículas.
- Queda de pressão máxima: É a perda que ocorre um pouco antes do jorro ser estabelecido. Esta perda de carga, juntamente com o valor da velocidade de jorro mínimo, fornece dados necessários para a especificação do soprador.

Para determinar as características de cada equipamento de secagem em particular é necessário fazer uso da curva fluidodinâmica característica (Figura 3.3), que é uma representação gráfica da relação entre a velocidade de escoamento do fluido de secagem e a perda de carga na célula de secagem.

Figura 3.3 - Curva fluidodinâmica genérica de leito de jorro



Fonte: FREIRE (1992).

Freire (1992) destaca na Figura 3.3 que o ponto B é onde ocorre a velocidade de mínima fluidização (v_{mf}) e a perda de pressão máxima (ΔP_m), o ponto C é o ponto de fluidização incipiente, o ponto D é o ponto de início do jorro e o ponto C' representa as condições mínimas de velocidade (v_{jm}) para existir o jorro.

Entre os fatores que mais afetam o comportamento fluidodinâmico das partículas é possível destacar a vazão de ar de jorro mínimo e de jorro estável e a máxima queda de pressão registrada (VIEIRA, DONIDA e ROCHA, 2004).

Olazar; San José; Bilbao (2011) constataram que existem limites de operação para ângulos de cone, para a razão entre o diâmetro de entrada de ar e o diâmetro inferior da base cônica, assim como para a razão entre o diâmetro de entrada de ar e o diâmetro das partículas inertes. Para cada tipo de partícula e para cada leito de jorro é possível determinar experimentalmente o seu diagrama de fase. Além destes parâmetros, é conveniente ter-se uma ideia do perfil de velocidade do gás no leito, do movimento das partículas e de sua circulação (FREIRE, 1992).

A energia de colisão das partículas é afetada por inúmeras variáveis, dentre elas as taxas de circulação de sólidos, a proporção entre as massas de pasta e partículas inertes e a taxa de secagem. A taxa de circulação de sólidos inertes determina o tempo necessário para um ciclo completo de secagem: do revestimento à remoção de filme. O aumento da velocidade de secagem favorece o aumento da friabilidade do filme e afeta positivamente o processo. A quantidade de líquido injetada no leito deve ser cuidadosamente controlada para evitar o colapso causado pela instabilidade fluidodinâmica, crescimento das partículas ou aglomeração.

As vazões de alimentação de pasta precisam ser baixas ou moderadas, resultando em baixa produção de produto seco, em comparação com o secador *spray dryer*, sendo, portanto, uma limitação importante desta técnica de secagem (FREIRE et al., 2012; SANTOS; PETRI JÚNIOR; DUARTE, 2008).

Diferentemente da secagem de sólidos granulares, a secagem de pastas em leitos de jorro ocorre principalmente a uma taxa constante, isto é, a evaporação é a etapa limitante do processo, uma vez que as pastas que são alimentadas normalmente possuem alta umidade e é esperado que o filme formado seja fino bastante para minimizar a etapa da difusão (SPITZNER NETO, 2001).

Embora haja limitações, a secagem em leito de jorro apresenta diversas vantagens, atraindo interesse dos setores de pesquisa e desenvolvimento, como uma boa mistura entre as partículas e suspensão, atrito mínimo, uniformidade da temperatura em todo o leito e elevados coeficientes de transferência de calor e massa (FENG *et al.*, 2012). O processo oferece elevada taxa de secagem devido à grande área de contato entre as partículas e o gás o que resulta em tempos curtos de processamento, sendo, portanto, indicado para secar produtos sensíveis ao calor (PABLOS, TELLABIDE e FREIRE, 2018).

A tentativa de ampliação de escala utilizando modelos, de operação e de fluidodinâmica, obtidos em secadores de leito de jorro em escala piloto ou escala laboratorial não foi satisfatória, comprovando que estas propriedades operacionais e fluidodinâmicas variam com o dimensionamento do equipamento (WEI et al., 2009). Também foi observado que a operacionalização em regime contínuo é prejudicada especialmente pela ocorrência de instabilidades no leito de partículas (SANTOS et al., 2008, LIMA, 2004).

3.3 ADJUVANTES NA SECAGEM

Normalmente, as soluções líquidas a serem secas possuem baixas concentrações de sólidos, acarretando um processo de custos altos por unidade de peso e baixa recuperação do produto. Para levar a uma zona de secagem mais viável, sólidos são adicionados na solução antes do processo de secagem. Esses sólidos aumentam a retenção do produto seco, protegem o aroma do produto durante a secagem e também ditam à natureza do produto em termos de suas propriedades físico-químicas após a secagem, como o tamanho das partículas, sua distribuição, densidade, compressibilidade, solubilidade, coesão, conteúdo de umidade e

higroscopicidade, além de aumentarem a temperatura de transição vítrea (T_g) do produto (TONON; BRABET; HUBINGER, 2010).

As propriedades da suspensão de alimentação podem ser modificadas pela adição de adjuvantes de secagem como as maltodextrinas, amidos, dióxido de silício coloidal entre outros (SOUZA, 2007).

Pesquisadores com seus estudos relacionados à secagem de misturas de polpas de frutas e ingredientes alimentícios, como carboidratos de cadeia longa, gorduras e compostos proteicos, concluíram que a adição destes ingredientes melhora o desempenho do processo e mostram perspectivas bastante favoráveis à utilização do leite de jorro na secagem e produção de pós constituídos principalmente por frutas (ARAÚJO et al., 2015; BRAGA; ROCHA, 2013; MEDEIROS, 2001).

3.4 SECAGEM DE POLPAS DE FRUTAS EM LEITO DE JORRO

Diversas pesquisas relevantes sobre a secagem de polpas ou resíduos de frutas em leite de jorro podem ser encontradas na literatura e estão mostradas no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Pesquisas sobre a secagem de polpas ou resíduos de frutas em leito de jorro

Continua

Referência	O que fez	Conclusões
Medeiros (2001)	Avaliou a influência da composição química dos materiais no desempenho do processo de secagem de polpas de frutas.	O efeito negativo dos açúcares redutores no desempenho da secagem e na fluidodinâmica do leito de partículas, entretanto, a pectina, o amido e a gordura melhoravam o desempenho fluidodinâmico e a eficiência de produção de pó.
Souza (2009)	Avaliou a secagem de misturas de polpas de frutas em leito de jorro acrescidas de adjuvantes (lipídios, amido e pectina).	Obteve melhor desempenho do secador sem o comprometimento da qualidade sensorial e da composição do produto.
Borges (2011)	Estudou as características físico-químicas e funcionalidade de bagaços de frutas tropicais desidratados em leito de jorro.	Os dados apresentados demonstram que os resíduos desidratados constituem valioso material de estudo para aplicações como ingredientes funcionais.
Souza Jr. (2012)	Estudou a secagem, com alimentação intermitente, de soluções extraídas de bagaço industrial de acerola adicionado de maltodextrina em várias proporções.	Foram observadas elevadas eficiências de recuperação de pó com considerável concentração de ácido ascórbico nos pós produzidos.
Bezerra et al. (2013)	Caracterizaram e avaliaram as propriedades funcionais, físicas, morfológicas da farinha de banana verde obtida por secagem em leito de jorro.	As farinhas obtidas representam excelentes fontes de amido, principalmente amido resistente, podendo ser utilizada como alimento funcional. A incorporação das cascas nas farinhas possibilitou à agregação de valor nutricional a mesma, principalmente nos teores de fibras e cinzas.
Braga; Rocha (2013)	Secagem em leito de jorro da mistura de amora e leite (75% e 25% em massa), respectivamente.	Observaram a melhoria da eficiência do processo em condições de menor vazão (2 mL/min), menor temperatura (60 °C) e atomização da pasta.
Araújo (2014)	Produziu e avaliou a polpa de jambolão desidratada por secagem em leito de jorro e liofilização, além de verificar o impacto dos dois processos de secagem sobre o produto final.	Os resultados mostraram a polpa de jambolão liofilizada e seca em leito de jorro como produtos naturais com elevada concentração de bioativos e características físico-químicas e funcionais apropriadas para seu uso como ingrediente alimentar.

Quadro 3.2 – Pesquisas sobre a secagem de polpas ou resíduos de frutas em leito de jorro

Continuação

Referência	O que fez	Conclusões
Costa et al. (2015)	Investigaram a viabilidade da secagem do açaí em leito de jorro, avaliando as condições de operação no rendimento e qualidade do produto final obtido.	Concluíram que todas as variáveis estudadas influenciaram positivamente na eficiência de produção de pó. O aumento da temperatura causou diminuição significativa na umidade final do pó e a vazão de ar foi a variável operacional que mais afetou a degradação das antocianinas.
Machado et al. (2015)	Estudaram a influência das variáveis concentração de leite, temperatura do ar, tempo de intermitência e vazão do ar no processo de secagem de misturas de graviola e leite em leito de jorro com partículas inertes.	Os valores mais elevados para a taxa de secagem e eficiência térmica (60,38%) foram observados no ensaio realizado nas condições de menor temperatura e tempo de intermitência e maior concentração de leite e velocidade do ar.
Sales et al. (2016)	Analisaram a fluidodinâmica de secagem do fruto de cubiu (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal) em leito de jorro.	Determinaram que o tipo de partícula inerte empregado apresenta influência muito mais significativa que a temperatura, de modo que o uso de partículas de vidro como recheio propiciou o alcance de altos rendimentos na secagem de polpa sem aditivos.
Silva Jr. (2018)	Verificou o efeito dos diferentes métodos de secagem (leito de jorro, atomização e liofilização) sobre a qualidade nutricional e sensorial da polpa mista de acerola e ceriguela em pó.	Ficou evidenciado que a liofilização proporcionou a obtenção de pó que foi mais aceito como refresco de polpa mista de acerola e ceriguela e o que apresentou maior teor de ácido ascórbico.
Dantas (2018)	Avaliou a influência das propriedades físicas de graviola e aditivo na secagem em leito de jorro com alimentação intermitente.	Observou que a eficiência de recuperação de pó foi baixa, sendo que os maiores valores foram obtidos com as misturas de graviola/leite, favorecidos dentre outros fatores, pela presença da gordura em sua formulação, especialmente utilizando 50% de leite. As variáveis independentes temperatura e concentração de leite ou albumina apresentaram efeitos positivos e significativos sobre a produção de pó, sendo mais importante o efeito da concentração do que o da temperatura.

3.5 BARRAS DE CEREAIS COMO ALTERNATIVA PARA APROVEITAMENTO DE FRUTAS

Nos últimos anos, os hábitos e preferências de consumo de alimentos mudaram em grande parte. Os consumidores buscam alternativas mais saudáveis, práticas e naturais. A barra de cereal é escolhida como uma fonte alternativa de lanches, com alto teor de proteínas e compostos bioativos podendo ser um dos principais fornecedores de energia todos os dias (KAUR; AHLUWALIA; SACHDEV, 2018).

Por serem versáteis em sua definição, as barras de cereais podem ser elaboradas para abordar diferentes tendências nas escolhas dos consumidores para ingestão de alimentos (KRIEGL, 2016). Pesquisas sobre barras de cereais nos últimos anos apresentam tendência principalmente com base em formulações sem glúten (KAUR; AHLUWALIA; SACHDEV, 2018) e no desenvolvimento de barras com vários novos ingredientes (MARTINELLI et al. 2018), com foco na estabilidade durante o armazenamento, propriedades sensoriais e várias funcionalidades.

O desenvolvimento da barra de cereal adicionada de fruta desidratada tem se tornado uma atividade de elevada importância devido à popularidade, praticidade, valor nutricional e características sensoriais (CARDOSO et al., 2017). Há um grande potencial para a utilização de frutas sazonais na elaboração de produtos alimentícios nutritivos, com apelo funcional e de alto valor agregado, sendo a barra de cereal um produto viável. Exemplos recentes de novos tipos de barras de cereais com polpa de frutas exóticas podem ser encontradas na literatura, como produção de barras dietéticas com polpa de umbu (SANTOS; COSTA, 2018), barra de cereal enriquecida com farinha de polpa de buriti (CARDOSO et al., 2017) e barra de cereal de baru e chia (STELLATO et al., 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho de pesquisa foi dividido em três etapas que serão apresentadas a seguir:

Primeira etapa - consistiu na coleta e caracterização física dos frutos do juá, assim como a extração de sua polpa em despulpadeira industrial e sua caracterização físico-química, com posterior congelamento em freezer a $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$, permitindo assim a uniformidade da amostra para andamento das demais etapas; o congelamento foi necessário devido a sazonalidade dos frutos do juá.

Segunda etapa - consistiu em realizar testes de agentes adjuvantes na secagem da polpa de juá de modo a obter uma pasta base que permitisse melhores condições de operação do equipamento de leito de jorro, assim como, encontrar o ponto de operação mais adequado ao processo. Partindo da pasta base que consistiu na polpa diluída e acrescida de amido de arroz vermelho foi avaliado o comportamento fluidodinâmico do leito de jorro durante as secagens nas temperaturas de 50, 70 e $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os pós foram classificados como coletados e retidos, entendendo-se como coletadas as amostras depositadas no ciclone de coleta ao longo do processo de secagem, denominados de J50C, J70C, J90C, e retidos os pós que restavam junto ao leito de partículas ao fim da secagem para cada temperatura denominados então de J50R, J70R, J90R. Foi realizada também a liofilização da polpa, denominada PL, e da pasta base liofilizada denominada PBL. Em seguida, foram realizadas as caracterizações física e físico-química do pó, e por meio de um balanço de massa total e parcial no leito de jorro para alguns nutrientes, compostos bioativos e capacidade antioxidante, foi determinado o rendimento total e os rendimentos das frações coletadas e retidas do leito de jorro para todas as temperaturas em que foram realizadas as secagens.

Terceira etapa - consistiu na elaboração de barras de cereais a partir da polpa de juá em pó obtida pela secagem a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo esta, a condição que conservou prioritariamente os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, além de realizar uma pesquisa de perfil de consumo de barras de cereais, destacando possíveis tendências do público-alvo, assim como o conhecimento prévio sobre os benefícios do juá e a intenção de compra de barras enriquecidas com polpa de juá em pó, determinação de parâmetros de textura, parâmetros colorimétricos,

composição centesimal e determinação do valor energético total das barras de cereais adicionadas de diferentes concentrações de polpa de juá em pó.

4.1 MATÉRIA-PRIMA

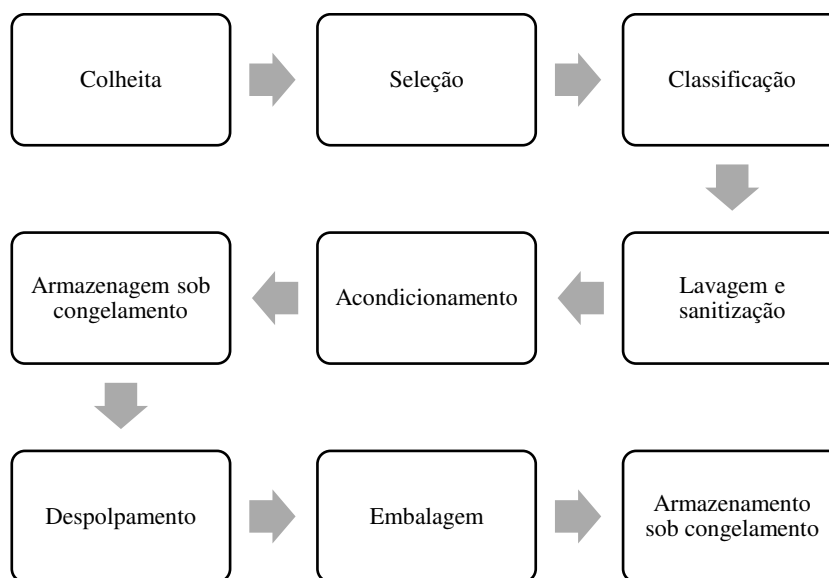
Foram utilizados frutos de juazeiro provenientes de plantas (Figura 4.1) localizadas no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) (latitude: 8°33'04"S e longitude: 36°41'20"W) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), situada no município de Campina Grande-PB, que se encontra na mesorregião do Agreste da Borborema, estando inserida no regime de precipitação do setor Leste do Estado, que tem como ocorrência de chuvas de pré-estação o mês de março e a caracterização do período chuvoso no mês de abril, tendo como trimestre mais chuvoso o dos meses de maio, junho e julho (MEDEIROS et al., 2014).

Figura 4.1 - Planta de *Zizyphus joazeiro* Mart. cujos frutos foram utilizados no experimento



4.2 PRIMEIRA ETAPA – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO FRUTO E FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DO JUÁ

Figura 4.2 - Fluxograma de preparo da polpa de juá



Os frutos foram colhidos, manualmente, acondicionados em sacos de polietileno e transportados ao Laboratório de Engenharia Bioquímica (LEB) no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, onde foram selecionados e classificados quanto ao estágio de maturação, de modo a se obter uma amostra o mais uniforme possível conforme a Figura 4.3.

Figura 4.3 - Frutos de juazeiro coletados



Os frutos foram lavados e sanitizados segundo Resolução RDC nº 218/2005 da ANVISA (BRASIL, 2005), que regulamenta procedimentos higiênico-sanitários para manipulação de alimentos e bebidas preparados com vegetais. Em seguida, foram

acondicionados em embalagens simples de polietileno de baixa densidade (PEBD), seladas e armazenadas sob congelamento em freezer com temperatura de -14 °C até o despolpamento em despolpadeira industrial conforme a Figura 4.4, que ocorreu na Fábrica de Polpas Naturelle, localizada também no município de Campina Grande para a verificação da escalabilidade de produção da polpa de frutos de juá.

Figura 4.4 - Processo de despolpamento dos frutos do juá



A polpa então foi acondicionada novamente em embalagens simples em polietileno de baixa densidade (PEBD), seladas e armazenadas congeladas em freezer com temperatura de -14 °C até a realização das demais análises e dos procedimentos de secagem.

4. 2.1 Caracterização física do fruto do juá

Para as avaliações físicas foram considerados 50 frutos aleatórios, a fim de obter uma amostragem mais representativa, onde foram avaliados os frutos inteiros em estágio de maturação maduro, as polpas e as sementes em balança analítica da marca Shimadzu, com capacidade de 220 g e resolução 0,0001 g, avaliando a proporção de polpa e casca, e da semente em porcentagem, além do diâmetro equatorial e polar, medidos com paquímetro.

4.2.2 Caracterização físico-química da polpa do fruto do juá

Para a caracterização físico-química da polpa de juá foram realizadas a composição centesimal com as análises de teor de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos, além do valor energético total, pH, acidez, sólidos solúveis totais, atividade de água, açúcares redutores e ratio. Todas as análises foram realizadas em três lotes e em triplicata para cada lote, os resultados foram expressos como média e desvio padrão.

4.2.2.1 Teor de umidade

Para determinação do teor de umidade foi utilizado o método de secagem estufa a 105 °C por 24 h (IAL, 2008). Foram pesados 5 g da amostra em um cadinho previamente tarado. Os cadinhos foram colocados na estufa a 105 °C e após o período de 24 h, foram resfriados em dessecador e pesados. O teor de umidade foi obtido pela diferença entre massa inicial e final, segundo a Equação 1:

$$\text{Teor de água (\%)} = \left(\frac{M_A - M_{FA}}{M_A} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

M_A = massa da amostra (g);

M_{FA} = massa final da amostra (g).

4.2.2.2 Cinzas

A determinação de cinzas foi realizada em uma mufla a temperatura de 700 °C por um período de 5 h. Esse procedimento foi necessário para que houvesse a destruição total da matéria orgânica presente na amostra (IAL, 2008). Foi adicionado uma quantidade de 5 g da amostra aos cadinhos previamente secos e pesados e estes foram levados para mufla onde ficaram submetidos à incineração. A quantificação de cinzas foi feita pela Equação 2:

$$\text{Cinzas (\%)} = \left(\frac{M_{RAC} - M_R}{M_A} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

M_A = massa da amostra (g);

M_R = massa do recipiente (g);

M_{RAC} = massa do conjunto recipiente (MR)/amostra calcinada (AC).

4.2.2.3 Lipídios

Para a determinação de lipídios optou-se pela utilização do método de Bligh e Dyer (1959), onde pesou-se de 2 a 2,5 g da amostra em frascos de vidro com tampa. Em seguida adicionou-se 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada e fez-se a homogeneização durante 30 minutos em shaker. Posteriormente acrescentou-se mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL de uma solução de sulfato de sódio à 1,5%, onde foram homogeneizados por mais 30 minutos.

Em seguida todo o material que estava no frasco de vidro foi transferido para um tubo eppendorf, o qual foi levado a centrifuga à 1000 rpm durante 5 minutos para fazer a separação das camadas metanólica e lipídica. Após a separação, com o auxílio de uma pipeta fez-se a retirada da camada sobrenadante e filtrou-se em papel de filtro a camada inferior.

Do filtrado pipetou-se 5 mL e transferiu-o para um béquer previamente tarado e em seguida foi levado para estufa à 105°C durante 30 minutos. Posteriormente, os béqueres foram resfriados em dessecador até temperatura ambiente e logo após pesados. O teor de lipídios foi calculado conforme a Equação 3.

$$\text{Lipídeos (\%)} = \frac{(M_{FA} - M_R)}{M_A} \cdot 100 \quad (3)$$

M_A = massa da amostra (g);

M_R = massa do recipiente (g);

M_{FA} = massa final da amostra (g).

4.2.2.4 Proteínas

A determinação indireta de proteína proposta por Kjeldahl (1883) baseia-se na decomposição da matéria orgânica através da digestão da amostra à 400 °C com ácido sulfúrico P.A., em presença de sulfato de cobre como catalisador, o qual acelera a oxidação da matéria orgânica. O nitrogênio presente na solução ácida resultante é determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido clorídrico diluído.

Para a digestão fria pesou-se de 0,1 a 0,2 g da amostra e 0,5 g do catalisador (90% sulfato de potássio e 10% de sulfato de cobre) em papel livre de nitrogênio (papel manteiga) ou direto no tubo digestor caso a amostra seja líquida. Em seguida adicionou-se às amostras 5 mL de ácido sulfúrico P.A. e deixou-se em repouso por aproximadamente 12 h. No dia seguinte iniciou-se a digestão à quente acoplado os tubos ao bloco digestor, o qual foi aquecido até 400 °C, aumentando gradativamente a temperatura em intervalos de 50 °C a cada 30 minutos. Deixou-se digerindo sob aquecimento até que toda a matéria orgânica seja destruída, isto é, até que o conteúdo do tubo apresentasse coloração azul ou verde claro límpido.

Para a etapa de destilação, inicialmente, adicionou-se 3 gotas do indicador fenolftaleína na mistura que estava no tubo digestor e o acoplou ao destilador de Kjeldahl. Em seguida o conteúdo do tubo foi neutralizado através da adição da solução de NaOH à 40%, sendo evidenciado pela mudança de coloração para marrom. Depois de neutralizada, iniciou-se a destilação, onde a amônia presente no tubo se desprende na forma de vapor que se condensou e foi coletada em erlenmeyer contendo 25 mL de ácido bórico à 4% e 3 gotas do indicador misto (vermelho de metila e verde de bromocresol). Realizou-se a destilação até que a solução dentro do erlenmeyer duplique de volume e atinja uma coloração esverdeada.

A última etapa foi a titulação, onde o borato de amônio que se formou dentro do erlenmeyer foi neutralizado com uma solução padrão de ácido clorídrico (HCl) à 1N até que a mistura mudasse a coloração de verde para laranja. O teor de proteína foi determinado pela Equação 4.

$$\text{Proteína (\%)} = \frac{\text{V.F.N. } 0,014 \cdot 6,25}{M_A} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

V = volume gasto de HCl (mL);

F = fator de correção do HCl;

N = concentração do HCl;

M_A = massa da amostra (g);

0,014 = fator de conversão do nitrogênio;

6,25 = fator de conversão para a proteína.

4.2.2.5 Carboidratos

O teor de carboidratos foi calculado por diferença através dos dados prévios de conforme a Equação 5.

$$\text{Carboidratos (\%)} = 100 - U - C - L - P \quad (5)$$

Onde:

U = umidade (%);

C = cinzas (%);

L = lipídeos (%);

P = proteínas (%).

4.2.2.6 Valor Energético Total (VET)

Para determinação do VET foi utilizada a soma das calorias (kcal) fornecidas por carboidratos, lipídios e proteínas, multiplicando-se seus valores em gramas pelos fatores de conversão de Atwater (LEHNINGER, 1986) com 4 kcal/g para proteínas, 4 kcal/g para carboidratos e 9 kcal/g para lipídios como pode ser observado na Equação 6.

$$\text{VET} \left(\frac{\text{Kcal}}{100\text{g}} \right) = (4 \cdot P) + (4 \cdot C) + (9 \cdot L) \quad (6)$$

Onde:

P = proteínas (g/100g);

C = carboidratos (g/100g);

L = lipídeos (g/100g).

4.2.2.7 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para uma proporção de 1:10, foi preparada uma solução com 3 g de amostra e 30 mL de água destilada em um bécker. Após homogeneização a suspensão foi deixada em repouso por um período de 30 minutos. Esta solução foi filtrada em um papel filtro contendo algodão. Posteriormente mediu-se o pH da solução aquosa em potenciômetro digital modelo WTW 330i, previamente calibrado com as soluções padrões.

4.2.2.8 Determinação de sólidos solúveis totais (STT)

Os sólidos solúveis totais, expressos em (°Brix), foram determinados pelo método refratométrico, com refratômetro de bancada da marca Analytik jena com escala em grau Brix, de acordo com as normas do manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

4.2.2.9 Acidez Total Titulável (ATT)

Para determinação de ATT foram pesados 5 g da amostra e a mesma transferida para um Erlenmeyer de 125 mL, adicionados 50 mL de água destilada. Adicionou 4 gotas da solução fenolftaleína e titulou com solução de hidróxido de sódio 0,1M até que a mudança de cor fosse visível. O cálculo da acidez expressa em ácido orgânico (ácido cítrico) foi feito pela Equação 7:

$$ATT = \frac{V \cdot F \cdot M \cdot PM}{10 \cdot P \cdot N} \quad (7)$$

Onde:

ATT = acidez (gramas de ácido cítrico orgânico %);

V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação (mL);

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio;

P = massa da amostra (g);

PM = peso molecular do ácido cítrico;

F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio (f = 0,69);

N = número de hidrogênio ionizáveis.

4.2.2.10 Rácio (SST/ATT)

O rácio foi obtido pela razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável, que indica a palatabilidade do produto, sendo valores maiores geralmente os mais aceitos pelos consumidores.

4.2.2.11 Açúcares redutores

A determinação de açúcares redutores foi feita conforme metodologia de Miller (1959). O método é baseado na redução do ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) a 3-amino-5-nitrosalicílico, simultaneamente com a oxidação do grupo aldeído do açúcar ao grupo carboxílico.

Em uma balança analítica foram pesados 5 g do material. Cada amostra foi transferida para um erlenmeyer de 125 mL e inserido um volume de 50 mL de água destilada. Esta solução foi levada para um shaker, a qual permaneceu sob agitação por um período de 30 minutos. Em seguida, filtrou-se, de onde foi retirado 1 mL e completado o volume pra 10 mL em balão volumétrico compondo assim a amostra. Em um tubo de ensaio, foi colocado 1 mL da amostra e 1 mL de DNS. Os tubos de ensaio foram então colocados em água em ebulição por 5 minutos, esperou-se esfriar e adicionou-se 8 mL de água destilada.

Por fim, foram feitas as leituras das amostras em absorbâncias em um espectrofotômetro a um comprimento de onda de 540 nm. O mesmo procedimento foi feito para a prova em branco, sendo que ao invés de usar 1 mL do filtrado foi utilizado 1 mL de água destilada. A curva padrão foi usada para transformar a leitura de absorbância (ABS) em miligramas de açúcares redutores por mililitro de solução. Os cálculos foram feitos, conforme a Equação 8:

$$AR = \frac{ABS \cdot F_C \cdot V_A}{M_A \cdot 1000} \quad (8)$$

Onde:

ABS = Absorbância medida no espectrofotômetro;

F_C = Fator de correção (F_C = 1,5474);

V_A = Volume de diluição (mL);

M_A = massa da amostra (g).

4.2.3 Caracterização de compostos bioativos da polpa do juá

4.2.3.1 Determinação de compostos fenólicos totais (CFT)

Os compostos fenólicos totais foram quantificados a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006), utilizando ácido gálico como padrão. Os extratos

foram preparados a partir da diluição de 1 g de amostra em 50 mL de água destilada e deixados em repouso por 30 minutos. Uma alíquota de 50 μL do extrato foi transferida para um tubo de ensaio, adicionou-se 2.075 μL de água e 125 μL do reagente Folin Ciocalteu. A mistura permaneceu em repouso por 5 minutos e logo após, adicionou-se 250 μL de carbonato de sódio a 20%, seguido de agitação e repouso em banho maria a 40 °C, por 30 minutos. Os cálculos realizados para a determinação dos compostos fenólicos foram baseados em uma curva padrão com ácido gálico, e as leituras realizadas em espectrofotômetro a 765 nm, com os resultados expressos em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de ácido gálico.

4.2.3.2 Determinação da atividade antioxidante pelo método de ABTS

A atividade antioxidante foi determinada pelo método proposto por Re et al. (1999), com modificações feitas por Rufino et al., (2007) para todas as formulações. Foram pesados 0,5 g do extrato para 50 mL de água destilada, logo após três diluições diferentes foram feitas com água destilada (2,5/10mL; 5,0/10mL; 7,5/10mL) e, posteriormente, uma curva de calibração foi construída. Para as análises, 3,0 mL do radical ABTS foram colocados em um tubo de ensaio com uma alíquota de 30 μL de cada diluição de extrato e homogêneos em um agitador magnético. A absorvância foi medida a 734 nm após 6 minutos de reação, usando álcool etílico como branco.

Os cálculos foram feitos com as absorvâncias obtidas de diferentes diluições do extrato (três concentrações), e um gráfico foi plotado para cada amostra, com a absorvância no eixo y e a concentração para cada diluição (mg L^{-1}) no eixo x, determinando a equação da reta. Nesta equação, a absorvância correspondente ao padrão de 1000 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de trolox foi substituída; assim, foi possível encontrar a concentração da amostra (mg L^{-1}), equivalente a 1000 $\mu\text{mol trolox L}^{-1}$. O resultado final, expresso em $\text{mol L}^{-1}\text{g}^{-1}$, foi calculado dividindo-se 1000 (mol^{-1}) pelo valor de x (g) e multiplicando-o por 1 g.

4.2.3.3 Quantificação da atividade antioxidante pelo DPPH

A avaliação da capacidade em sequestrar o radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) foi feita de acordo com metodologia descrita por Rufino et al., (2007), com adaptações. A medida da absorvância foi realizada no comprimento de onda de 515 nm em

espectrofotômetro UV-VIS. A percentagem de sequestro de radical livre foi calculada de acordo com a Equação 9.

$$\text{Sequestro de radical livre (\%)} = 100 \cdot \left[\left(\frac{\text{ABS}_C - \text{ABS}_A}{\text{ABS}_C} \right) \right] \quad (9)$$

Onde:

ABS_C = Absorbância do controle medida no espectrofotômetro;

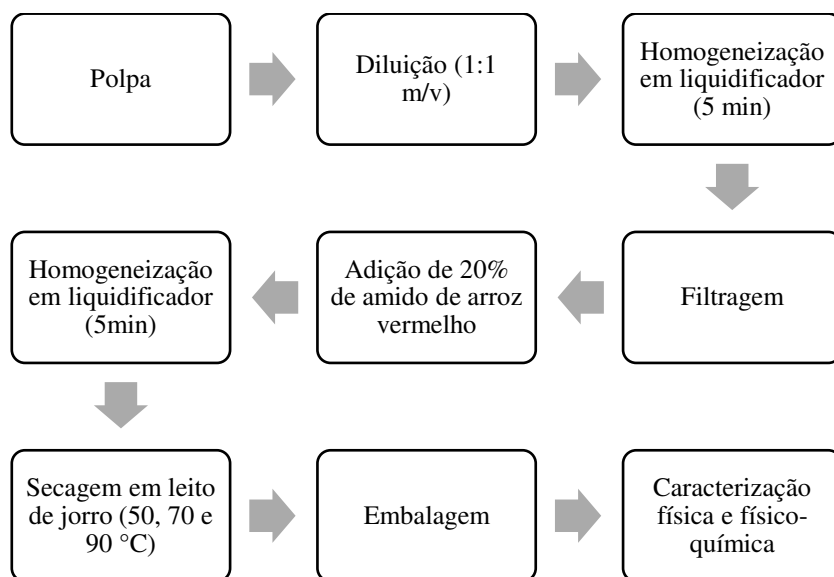
ABS_A = Absorbância da amostra medida no espectrofotômetro;

O EC50 foi obtido a partir de cálculos de retorno do ensaio de calibração com diferentes concentrações de DPPH e das equações obtidas a partir da massa de DPPH análogo à metade da absorbância do controle, dos gráficos de dispersão das absorbâncias das diferentes amostras nas diferentes concentrações de extrato, segundo relatado no protocolo de Rufino et al. (2007), apresentando o resultado final em g de amostra/g de DPPH captado.

4.3 SEGUNDA ETAPA - SECAGEM DA POLPA DO JUÁ EM LEITO DE JORRO

Essa etapa consistiu em realizar testes de agentes adjuvantes na secagem da polpa de juá de modo a obter uma pasta base que permitisse melhores condições de operação do equipamento de leito de jorro, assim como, encontrar o ponto de operação mais adequado ao processo. O fluxograma dessa etapa é mostrado na Figura 4.5.

Figura 4.5 - Fluxograma do processo de obtenção e caracterização da polpa de juá em pó



A coluna de secagem apresenta 470 mm de altura e 146 mm de diâmetro interno, com base cônica apresentando um comprimento de 80 mm e um ângulo interno de 84,9° e a entrada do fluxo de ar se dá por uma base cilíndrica de 100 mm de comprimento e diâmetro de 37,4 mm. A saída de ar ocorre por um duto cilíndrico na parte superior, com diâmetro é de 30,1 mm, que se conecta ao ciclone de coleta.

4.3.1 Seleção do adjuvante

Para avaliar o comportamento da polpa do juá *in natura* foram realizados alguns ensaios de secagem em estufa a 105 °C. Entretanto, os resultados obtidos não foram promissores o que foi atribuído à elevada adesividade da solução. Visando a solução deste problema, decidiu-se pela adição de um adjuvante antes da secagem. Para tal, foram realizados pré-testes com amido de milho, amido de mandioca, amido de arroz vermelho, dextrose, maltodextrina e leite de cabra em pó.

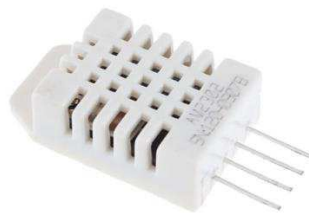
As proporções de adjuvante em relação ao teor de sólidos foram estabelecidas através de um simples teste, onde amostras de 5 g da polpa foram acrescidas de adjuvante nas proporções de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100%, além de uma testemunha sem adição de adjuvantes, as mesmas foram colocadas em placas de Petri e posteriormente levadas a estufa a 105 °C para secagem durante 24 horas, onde o resultado foi apresentado a) antes da secagem;

b) após a secagem e c) teste de quebra. Foram considerados como critérios os aspectos visuais e sensoriais do produto obtido conforme a metodologia aplicada por Souza (2003).

4.3.2 Instalação e testes dos sensores no secador de leite de jorro

No secador de leite de jorro, foi instalado um sistema que utiliza três sensores digitais DHT22 (Figura 4.6), capazes de aferir temperatura e umidade, permitindo fazer leituras de temperaturas entre -40 a +100 graus Celsius e umidade entre 0 a 100%, com uma precisão na leitura da umidade de $\pm 2\%$ e na leitura da temperatura de $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, uma resolução de 0.1, tempo de resposta 2s, dimensões 25x17,7 mm controlado pelo microcontrolador Arduino ATmega328p.

Figura 4.6 - Sensor digital DHT22

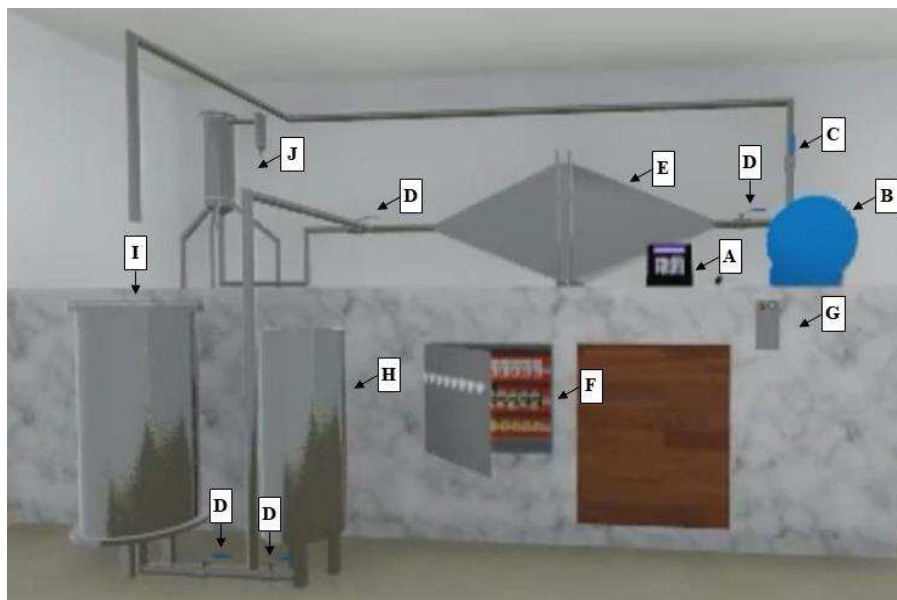


Fonte: blogmasterwalkershop (2020).

O primeiro sensor foi colocado na entrada do secador, sendo sua leitura de temperatura utilizada como a referência para o controle da temperatura da massa de ar que entra no secador, o segundo sensor afere a temperatura e a umidade ambiente, e o terceiro, a temperatura e a umidade da saída do secador, o que compete maior precisão nos dados coletados além de um controle rápido e efetivo do sistema.

O esquema do aparato experimental do secador de leite de jorro é mostrado na Figura 4.7.

Figura 4.7 - Esquema do aparato experimental do secador de leito de jorro



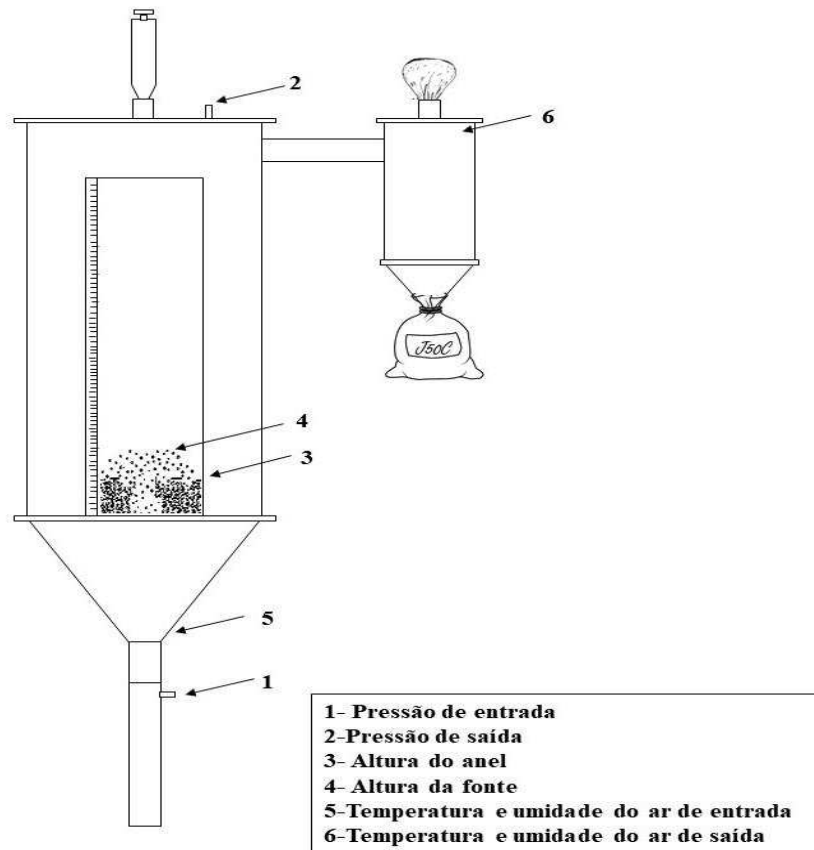
- A. Chave do compressor,
- B. Ventilador radial,
- C. Medidor de vazão,
- D. Válvulas reguladoras,
- E. Aquecedor elétrico,
- F. Chave das resistências,
- G. Chave do sistema de controle,
- H. Secador de leito fixo,
- I. Secador de leito fluidizado,
- J. Secador de leito de jorro.

4.3.3 Ensaio fluidodinâmico do jorro com inerte

De acordo com a metodologia descrita por Medeiros (2001), a coluna de jorro foi carregada com uma massa de 1 kg de polietileno de baixa densidade da marca Poliolefinas S.A utilizado como inerte, o qual apresenta massa da partícula de 0,02g, diâmetro de 3,54 mm, densidade de 0,95 g/ml e uma esfericidade de 0,36. Foi tomada a altura no visor através de fita métrica acoplada no mesmo, o sistema foi então aquecido à 70 °C e após o ajuste da temperatura de trabalho, diminuiu-se gradativamente a vazão do ar, registrando a queda de pressão pontualmente através de manômetro digital (marca Phyme Cobra - modelo 4 Mobile-link com resolução de 1 mb), a altura do anel e a altura do jorro até a capacidade máxima do equipamento para essas condições sendo avaliada pela instabilidade do sistema e escape de partículas de inerte através do ciclone de coleta de pó, prosseguiu-se o experimento até a interrupção completa do fluxo de ar.

A menor vazão em que se verificou a formação da fonte foi registrada como vazão de jorro mínimo. Na Figura 4.8 é mostrado o modelo do equipamento com os respectivos pontos de coletas das variáveis analisadas durante o processo.

Figura 4.8 – Pontos de coleta das variáveis no secador de leite de jorro



4.3.4 Obtenção preliminar das curvas características

Ainda conforme a metodologia descrita por Medeiros (2001), a coluna de jorro foi carregada com uma massa de 1 kg de inerte e aquecido à 70 °C, valores estes tomados como padrão para realização dos testes preliminares onde foram testados a 20 g de água. Alcançada a temperatura de trabalho e estabelecido o regime permanente, foi efetuada a alimentação do material no topo do secador na região da fonte com uma seringa de 20 mL.

O tempo foi controlado a partir da alimentação, foram anotadas: a queda de pressão do sistema; a altura do anel; a altura da fonte; a velocidade e a umidade do ar de saída a cada 1 min nos primeiros 10 minutos, a cada 5 minutos até completar 40 minutos e a cada 10 minutos até que não apresentassem variações significativas no sistema.

4.3.5 Preparação da pasta base submetida a secagem em leito de jorro

Na preparação da pasta base para a secagem a polpa do juá *in natura* foi inicialmente pesada em balança analítica (marca Shimadzu com precisão de quatro casas decimais) e diluída na proporção de 1:1 (m/v) em água destilada e triturada em liquidificador industrial (Fabricante Kohlbach, modelo KM42A) durante 5 minutos, peneirada em peneira de aço inox e novamente averiguada sua massa para que se pudesse adicionar 20% de amido de arroz vermelho como adjuvante. Feito isto, o material foi novamente agitado em liquidificador industrial durante 5 minutos a fim de se obter um material mais uniforme possível.

4.3.6 Condições operacionais para a secagem

Com base em ensaios preliminares, optou-se no presente estudo por utilizar uma massa de inerte de $1,000 \pm 0,0005$ kg e 10 alimentações de aproximadamente 50 g da pasta base de juá em intervalos regulares de 10 minutos e uma velocidade fixa do ar de 1,6 vezes a velocidade de jorro mínimo (8 m/s), com temperaturas de 50 °C, 70 °C e 90 °C durante 230 minutos. Foram anotadas: a queda de pressão do sistema; a altura do anel; a altura da fonte; a temperatura e a umidade do ar de saída a cada 1 minuto nos primeiros 20 minutos, a cada 5 minutos até completar 70 minutos e a cada 10 minutos até os 230 minutos. Para cada temperatura o procedimento foi realizado três vezes para obtenção de dados fluidodinâmicos confiáveis, onde os gráficos foram elaborados com as respectivas médias das variáveis avaliadas nos tempos estipulados.

Ao final do ensaio, o soprador era desligado e era efetuada a pesagem do pó depositado no ciclone em saco plástico (J50C, J70C, J90C), além do pó retido no leito de partículas (J50R, J70R, J90R) através de peneiramento. Ambos foram acondicionados em sacos plásticos de polipropileno selados, identificados e protegidos da luz para posterior análise. A carga de inerte foi novamente pesada após cada secagem para averiguar a quantidade de material aderida às partículas.

4.3.7 Rendimento do Processo de secagem

O rendimento do pó foi calculado pela razão entre a massa de sólidos presentes no pó coletado no ciclone e a massa de sólidos presentes na pasta base destinada a secagem. Para o cálculo do rendimento foi utilizada a Equação 10.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{(1-U_p).M_p}{(1-U_{PB}).M_{PB}} \cdot 100 \quad (10)$$

Onde,

U_p = umidade do pó obtido na secagem (g);

U_{PB} = umidade da pasta base submetido a secagem(g);

M_{PB} = massa da pasta base submetido a secagem(g);

M_p = massa de pó recolhido (g).

Também foram determinados os rendimentos em cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, açúcares redutores, acidez, compostos fenólicos totais e atividades antioxidantes expressos em radicais em ABTS+ e DPPH, tanto para o pó coletado quanto de retido no leito de jorro. Para isso foi necessário determinar os valores dessas propriedades nesse pó e por meio de balanços de massas parciais, obter a porcentagem de recuperação dos mesmos.

4.3.8 Secagem por liofilização

A polpa e a pasta base foram inseridas em liofilizador (marca Christ®-modelo Alpha 1-2 LD plus) à temperatura de -40 °C e a pressão de secagem na ordem de $1,3 \times 10^{-1}$ mbar por 48 h. Após o processo, a polpa liofilizada (PL) e a pasta base liofilizada (PBL) foram desintegradas e armazenadas em sacos de polipropileno selados, para posteriores análises físicas, químicas e físico-químicas.

4.3.9 Caracterização físico-química da polpa de juá em pó

Os dados relativos ao estudo sobre a influência da temperatura na secagem de polpas de juá em leito de jorro foram obtidos em três lotes, e para cada lote as análises foram realizadas em triplicata.

Foram realizadas análises físico-químicas conforme descrito nos itens 4.2.2 e 4.2.3, além das determinações das propriedades físicas dos pós consistindo em determinação de capacidade de absorção de água e óleo, índice de sinérese, densidade real, densidade aparente, densidade de compactação, porosidade, índice de compressibilidade (índice de Carr) e índice de Hausner. A descrição do processo pode ser observada na Figura 4.5.

4.3.9.1 Capacidade de absorção de água e óleo

O método de Beuchat (1977) foi utilizado para determinar a capacidade de absorção da água e do óleo dos pós. Cerca de 10 mL de água (destilada) ou do óleo de soja comercial foram adicionados a 1 g da amostra em tubos de falcon. A suspensão foi homogeneizada durante 30 segundos e em seguida deixada em repouso por 30 minutos. Posteriormente os tubos foram fechados e centrifugados por 15 minutos a 1000 rpm. As paredes externas dos tubos foram secas e logo pesadas. A massa da água ou do óleo absorvidos foi expressa em g/100g em base seca de acordo com a Equação 11.

$$CA=[(M_{TC}) - (M_T + M_{AS})].100 \quad (11)$$

Em que:

CA = capacidade de absorção da água ou do óleo expresso em (g 100g⁻¹);

M_T = massa do tubo (g);

M_{AS} = massa da amostra seca (g);

M_{TC} = massa do tubo após centrifugação (g).

4.3.9.2 Índice de sinérese

O índice de sinérese das diferentes amostras foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Farnsworth et al. (2006), onde os géis foram preparados a partir de 3 g da mostra adicionados de 27 mL de água destilada, aquecidos em banho maria sob agitação até a formação de gel consistente. Após três dias de preparadas e armazenadas a 6 °C, as amostras (15 g) foram centrifugadas a 3000 rpm por dez minutos sob refrigeração a 6 °C, em triplicata. A percentagem de sinérese foi calculada pela massa de água separada da rede de gel, durante a centrifugação, dividido pela massa de gel inicial, multiplicado por 100, conforme a Equação 12.

$$\text{Índice de sinérese(\%)} = \frac{MF}{MI} \cdot 100 \quad (12)$$

Em que:

MF = massa de água separada do gel após centrifugação (g);

MI = massa do gel inicial (g).

4.3.9.3 Densidade real

A densidade real das amostras foi determinada a partir da relação entre a massa e o volume da amostra, através do deslocamento de um líquido (óleo de soja) em proveta, conforme apresentado na Equação 13.

$$\text{Densidade real} = \frac{M_A}{(VF-VI)} \quad (13)$$

Em que:

M_A = massa da amostra (g);

VF = volume final ocupado (óleo + amostra) (g);

VI = volume do óleo (cm³).

4.3.9.4 Densidade aparente (Dap)

Seguindo a metodologia de Politi (2009), utilizou-se uma proveta onde a amostra foi pesada na mesma, foi anotada a massa da proveta vazia e a massa da mesma com a amostra, em seguida foi observado o volume ocupado pela massa pesada na proveta e anotou-se esse valor para cálculo da densidade aparente, Equação 14:

$$\text{Densidade aparente} = \frac{M_{pc} - M_{pv}}{V_o} \quad (14)$$

Em que:

M_{pv} = massa da proveta vazia (g);

M_{pc} = massa da proveta com amostra (g);

V_o = volume ocupado pela amostra na proveta (cm³).

4.3.9.5 Densidade de compactação (Dcp)

A metodologia adotada foi a proposta por Tonon; Brabrabet; Hubinger, (2009), onde foi colocado aproximadamente 2 g das amostras numa proveta graduada de 5 mL, submetendo a mesma a batimentos (50 vezes) com uma altura de referência sobre a bancada, o volume ocupado pela amostra na proveta foi anotado para o cálculo (Equação 15):

$$\text{Densidade de compactação} = \frac{M_A}{V_O} \quad (15)$$

Em que:

M_A = massa da amostra (g);

V_O = volume ocupado pela amostra na proveta (mL).

4.3.9.6 Porosidade

A porosidade foi determinada conforme metodologia descrita por Keey (1991) como apresentado na Equação 16:

$$\text{Porosidade} = 1 - \frac{D_{AP}}{D_R} \quad (16)$$

Em que:

D_{AP} = densidade aparente,

D_R = densidade real.

4.3.9.7 Índice de compressibilidade (índice de Carr) e índice de Hausner

De acordo com a metodologia de Carr (1965), o índice de Carr é dado pela Equação 17.

$$\text{Índice de Carr (\%)} = \frac{(D_{CP} - D_{AP})}{D_{CP}} \cdot 100 \quad (17)$$

Em que:

D_{CP} = densidade de compactação;

D_{AP} = densidade aparente.

Um índice similar, de interpretação mais simples, foi proposto por Hausner (1967) calculado pela Equação 18.

$$\text{Índice de Hausner} = \frac{D_{CP}}{D_{AP}} \quad (18)$$

Em que:

D_{CP} = densidade de compactação;

D_{AP} = densidade aparente.

Determinado o índice de compressibilidade (índice de Carr) e o índice de Hausner o material foi classificado conforme os parâmetros apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Classificação dos pós de acordo com a compressibilidade

Índice de Carr (%)	Índice de Hausner	Classificação
<10	1,00-1,11	Excelente
11-15	1,12-1,18	Bom
16-20	1,19-1,25	Aceitável
21-25	1,26-1,34	Passável
26-31	1,35-1,45	Ruim
32-37	1,46-1,59	Muito ruim
>38	>1,60	Muito, muito ruim

Fonte: USP 30 (2007).

4.4 Elaboração das Barras de Cereais enriquecida com polpa de juá em pó

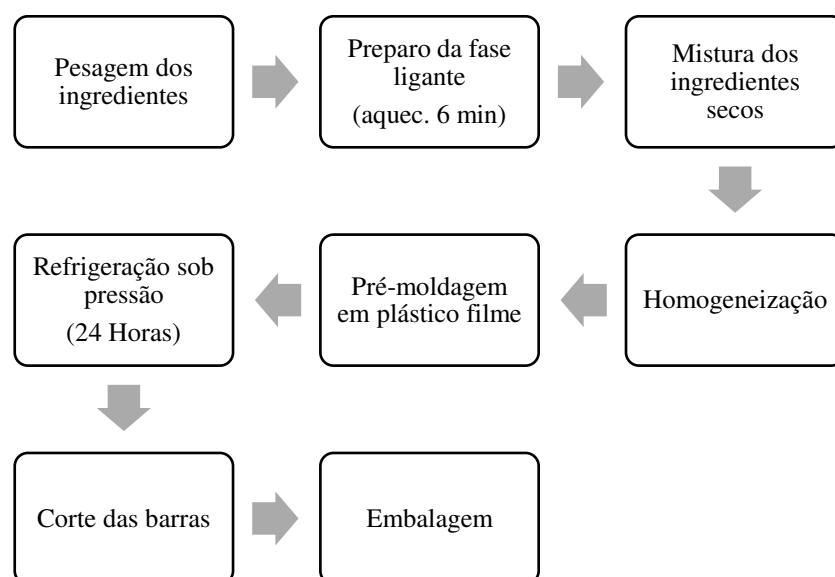
Para a elaboração das barras de cereais foram utilizadas quatro formulações, onde a amostra denominada F0 não continha adição da polpa de juá em pó, sendo esta, utilizada como branco, já nas demais formulações (F1, F2 e F3), a aveia em flocos grossos, o colágeno hidrolisado e o extrato de soja em pó foram parcialmente substituídos pela polpa de juá em pó, nas proporções de 10, 20 e 30% respectivamente, conforme descrito na Tabela 4.2.

As etapas de produção podem ser observadas na Figura 4.9.

Tabela 4.2 – Ingredientes, e proporções utilizados nas preparações das barras de cereais

Ingredientes/Proporções	F0 (%)	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
Mel de abelha	3	3	3	3
Glucose de milho	13	13	13	13
Água	2,5	2,5	2,5	2,5
Óleo de coco	1,5	1,5	1,5	1,5
Lecitina de soja (líq)	4,5	4,5	4,5	4,5
Açúcar mascavo	17	17	17	17
Flocos de arroz	10	10	10	10
Linhaça dourada	5	5	5	5
Uva passa	3	3	3	3
Dextrose	6,5	6,5	6,5	6,5
Aveia em flocos grossos	21	16	10	3
Colágeno hidrolisado	5	3	1	0,5
Extrato de soja em pó	8	5	3	0,5
Polpa de juá em pó	0	10	20	30

Figura 4.9 - Fluxograma do processo de produção das barras de cereais



Os ingredientes foram pesados individualmente para cada formulação, em seguida a fase aglutinante (líquida) composta pelo mel de abelha, glucose de milho, água, óleo de coco e lecitina de soja foram misturados e aquecidos em fogo brando durante 6 minutos, até formar

uma calda, em seguida adicionada a fase seca e homogeneizada até se obter uma massa uniforme, foram pré-moldadas manualmente e embaladas em plástico filme, dispostas em tabuleiro de alumínio, colocadas sob pressão e mantidas refrigeradas durante 24 horas até total aglutinação, em seguida foram cortadas manualmente com o auxílio de uma faca de aço inox em barras com dimensões 10 x 3 cm e altura de 1,5 cm. Cada porção apresentou em média 40 g.

4.4.1 Perfil de consumo de barras de cereais e intenção de compra para barras enriquecidas com polpa de juá em pó

O estudo pautou-se no caráter transversal, exploratório e descritivo, em conformidade com a Resolução n. 466 (12/12/2012) do Conselho Nacional de Saúde, envolvendo pesquisa com seres humanos após a devida aprovação do Comitê de Ética sob o título "Elaboração de barras de cereais utilizando polpa de juá (*Ziziphus joazeiro*) desidratada obtida em leite de jorro", CAAE: 32036920.8.0000.5182 tendo por instituição proponente a Universidade Federal de Campina Grande- CCT/UFCG (Apêndice C), a partir de um breve questionário online sobre o perfil de consumo de barra de cereal e do conhecimento dos participantes sobre o juá e seus benefícios, além de avaliar a percepção do consumidor frente aceitabilidade e intenção de compra de barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó (Apêndice D). Foram obtidas respostas de 115 voluntários e os resultados foram expressos em porcentagem.

4.4.2 Determinação do perfil de textura das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó

Para o perfil de textura foi utilizado um texturômetro universal modelo TA-XT plus - Textura Analyzer do fabricante Stable Micro Systems equipado com o software Exponent Stable Micro Systems, com utilização do probe P/36 R.

Para a análise de textura das amostras foram aplicadas velocidade de pré-teste de 1 mm/s, velocidade de teste de 1 mm/s, velocidade pós-teste de 10 mm/s e distância de 25 mm. A força aplicada (N) correspondeu a uma deformação de 40%. Foram tomadas cinco medidas para cada formulação. Durante todo o procedimento, as amostras foram mantidas à temperatura ambiente. Para a determinação do perfil de textura das amostras, as propriedades avaliadas foram dureza, coesividade, gomosidade, adesividade, elasticidade e mastigabilidade.

4.4.3 Análise de cor das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó

A determinação da coloração das amostras foi realizada utilizando as especificações da ABNT -NBR 12694 (ABNT, 1992), utilizando o aplicativo Colorímetro da Lab Tools®. Para esta análise foram utilizadas cinco amostras íntegras de cada formulação das barras de cereais adicionadas de diferentes concentrações de polpa de juá em pó a temperatura ambiente. A análise consistiu em aproximar a câmera do celular à superfície das amostras e realizar as devidas leituras, averiguando como parâmetros a Luminosidade (L^*) e as cromaticidades (a^*) e (b^*), denominadas como coordenadas retangulares. A luminosidade (L^*) é medida em um intervalo entre o branco (100), ou máximo de luminosidade, e o preto (0), ou ausência de luz. O componente de cromaticidade (a^*) analisa a tendência do vermelho (+) ao verde (-), enquanto que o componente de cromaticidade (b^*) relaciona a tendência do amarelo (+) para o azul (-).

4.4.4 Caracterização físico-química das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó

A análise de composição centesimal foi realizada conforme descrito nos itens 4.2.2.1 a 4.2.2.5 e o Valor Energético Total (VET) conforme o item 4.2.2.6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRIMEIRA ETAPA – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO FRUTO E FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DO JUÁ

5.1.1 Caracterização física do juá (fruto)

A caracterização física do fruto permite traçar um perfil biométrico importante na escolha do equipamento, assim como das condições de operação de despolpamento, permitindo, desse modo, um aproveitamento mais eficaz. Na Tabela 5.1 estão dispostos os valores médios e os desvios padrões das características físicas do fruto do juá da referida pesquisa e dos valores disponíveis na literatura.

Tabela 5.1 – Características físicas do fruto do juá

Resultados/ Referência	Parte Avaliada	Diâmetro polar (mm)	Diâmetro equatorial (mm)	Massa (g)	Rendimento (%)
Presente pesquisa	Fruto	17,48 ± 1,04	19,83 ± 1,24	5,11 ± 0,86	Nap
	Polpa+casca	Nap	Nap	3,93± 0,73	76,71±2,96
	Semente	13,00 ± 1,01	8,01 ± 0,54	1,18 ± 0,20	23,29 ± 2,96
Silva (2017)	Fruto	Nan	Nan	2,74	Nap
	Polpa+casca	Nap	Nap	2,16	78,83
	Semente	Nan	Nan	0,58	21,17
Araújo et al. (2015)	Fruto	17,80	15,34	5,89	Nap
	Polpa+casca	Nap	Nap	5,19	89,36
	Semente	12,78	8,29	0,70	10,64
Silva et al. (2011)	Fruto	16,5	19,2	3,8-4,2	Nap
	Polpa+casca	Nap	Nap	Nan	Nan
	Semente	Nan	Nan	Nan	Nan
Martins et al. (2007)	Fruto	9,8-24,8	10,8-22,8	2,56	Nap
	Polpa+casca	Nap	Nap	2,22	86,72
	Semente	8,3-1,49	3,9-10,4	0,34	13,28
Moniz (2002)	Fruto	16,3-22,4	19,5-26,0	5,6	Nap
	Polpa+casca	Nap	Nap	5,4	96,42
	Semente	0,77-1,1	0,4-0,6	0,2	3,57

Nap- não se aplica

Nan- não analisado

Como pode ser observado na Tabela 5.1, o fruto apresenta uma massa de aproximadamente 5 g, valor maior que os obtidos por Silva (2017) e por Martins et al. (2007) e similar aos demais autores citados. Quanto ao rendimento (polpa+casca) o referido estudo obteve um valor equivalente a 76,71%, onde, de acordo com Carvalho e Müller (2005) enquadra esses frutos na categoria de rendimento alto, pois apresentaram valores médios entre (61 e 80%), estando próximo apenas ao relatado por Silva (2017) e menor que os valores obtidos pelos demais autores. Frutos de alto rendimento em polpa são mais favoráveis a operar o despulpamento em despulpadeira industrial, facilitando assim o beneficiamento desse fruto.

As variações nas características físicas podem ser atribuídas às diferentes áreas de colheita, devido a condições de clima, solo, índice pluviométrico entre outros, mas no geral, os resultados estão semelhantes aos citados na literatura e apresentam rendimento que possibilita o aproveitamento do juá pelas agroindústrias, tanto para a produção de polpa como para o desenvolvimento de produtos derivados.

5.1.2 Caracterização físico-química da polpa de juá

5.1.2.1 Análise centesimal da polpa de juá

Foi realizada a caracterização físico-química da polpa do juá visto que várias propriedades dos frutos podem influenciar nas condições de operação de secagem em leito de jorro. Na Tabela 5.2 são mostrados os valores médios e os desvios padrões da caracterização físico-química relativos à composição centesimal da polpa do fruto do juá para esse trabalho e de outros autores.

Tabela 5.2 – Caracterização centesimal da polpa do fruto do juá maduro

Resultados/Referência	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Carboidratos (%)
Presente pesquisa	77,66 ±0,75	2,49±0,04	2,26±0,06	0,14±0,01	17,45±0,73
Silva et al. (2018)	86,87	0,56	1,62	0,22	10,73
Silva et al. (2017)	79,01	0,76	2,01	0,52	17,85
Silva (2017)	39,59-41,41	Nan	Nan	Nan	Nan
Diniz (2016)	71,47	1,13	2,13	1,15	24,12
Lima et al. (2015)	81,35	0,45	2,26	Na	Na
Batista et al. (2015)	79,38	1,14	1,50	0,12	17,85
Silva (2014)	79,01	0,76	2,01	0,52	17,85
Moniz (2002)	78,98	Nan	Nan	Nan	Nan

Nan - não analisado.

Como pode ser observado na Tabela 5.2, os frutos de juazeiro avaliados apresentaram umidade média de 77,66 ±0,75%, ficando bem próximo aos valores da maioria dos autores citados, e superior apenas aos encontrados por Silva (2017) e por Diniz (2016). O teor de água influi diretamente na vida de prateleira de um alimento, assim como no seu modo de conservação, logo, é notório que a polpa do juá necessita de meios que permitam sua conservação e melhor aproveitamento.

Nos frutos de juá avaliados o teor de cinzas foi equivalente a 2,49±0,04 %, e se mostrou superior aos valores encontrados pelos demais autores, contudo, dentro dos valores comumente encontrados dos alimentos de origem vegetal, que segundo Fennema Damodaran e Parkin (2010) varia de 0,1 a 4%. O resíduo mineral em alimentos é muito variável, e no caso de alimentos de origem vegetal os elementos minerais estão presentes em concentrações relativamente baixas, dependendo principalmente da composição do solo.

O teor de proteínas encontrado no presente estudo foi de 2,26±0,06%, sendo similar ao obtido por Lima et al. (2015) e um pouco acima dos demais valores encontrados na literatura para o fruto do juazeiro, valores consideravelmente baixos, porém comuns em frutas, que segundo Ordóñez (2005) está relacionada às suas características estruturais e físico-químicas.

A polpa do fruto do juá avaliada apresentou teor de lipídeos de 0,14±0,01%, valor bem próximo ao observado por Batista et al. (2015) e inferior ao obtido pelos demais autores, sendo que todos os valores estão dentro do preconizado por Fennema Damodaran e Parkin (2010) que afirma que os lipídeos constituem menos de 1% na massa fresca das frutas, com raras exceções.

Para os carboidratos foi obtido um valor de $17,45 \pm 0,73\%$, estando próximo aos valores obtidos por Silva et al. (2017); Batista et al. (2015) e Silva (2014), menor que o obtido por Diniz (2016) e superior ao de Silva et al., (2018). Todos os resultados estão dentro do teor geralmente apresentado pelas frutas que segundo Ordóñez (2005), variam de 10 a 25%.

Quanto ao valor energético, o fruto apresentou valor equivalente a $80,08 \pm 3,07$ Kcal/100g. Com base nos valores observados na Tabela 5.2, onde encontra-se a composição centesimal do juá obtido por vários autores, é possível obter uma estimativa do valor energético total de 84,12 Kcal/100g obtido por Silva et al. (2017) e por Silva (2014) e 78,48 Kcal/100g por Batista et al. (2015), estando bem próximos ao valor obtido na referida pesquisa. Já no estudo de Diniz (2016) o valor é superior, sendo equivalente a 115,35 Kcal/100g e Silva et al. (2018) com o menor valor, 51,38 Kcal/100g.

Além da composição centesimal, outros parâmetros físico-químicos influenciam diretamente na escolha do método de conservação de alimentos, assim como, no comportamento fluidodinâmico do leite de jorro. Na Tabela 5.3 podem ser observados os valores médios e os desvios padrões da caracterização físico-química do fruto do juá para esse trabalho e de outros autores.

Tabela 5.3 – Caracterização físico-química da polpa do fruto do juá maduro

Resultados/ Referência	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Acidez Total Titulável (% ácido citríco)	Rácio	pH	Aw	Açúcares reduzidos (% em glicose)
Presente pesquisa	27,11±0,99	0,34±0,04	82,12 ±0,79	5,72±0,0 6	0,975±0,00 2	7,90± 0,17
Silva et al. (2017)	18,98	0,14	Nan	5,30	Nan	Nan
Silva (2017)	30,64-38,18	0,35-0,55	56,37- 140,72	6,00- 6,09	Na	1,14-2,32
Diniz (2016)	Nan	Nan	Nan	Nan	0,940	Nan
Araújo et al. (2015)	20-26	Nan	Nan	4,24- 5,88	Nan	Nan
Lima et al. (2015)	13,33	0,15	Nan	6,82	0,97	Nan
Batista et al. (2015)	19,5	Nan	Nan	6,43	Nan	Nan
Silva (2014)	18,98	0,14	Nan	5,30	Nan	Nan
Moniz (2002)	19,6	0,016	Nan	5,18	Nan	Nan

Nan - não analisado.

O fruto de juá estudado apresentou o teor de sólidos solúveis de 27,11±0,99°Brix, valor inferior apenas ao encontrado por Silva (2017), indicando que o fruto apresenta um sabor doce, já que os sólidos solúveis das frutas consistem basicamente de açúcares.

Para o fruto de juá avaliado na referida pesquisa, obteve-se teor acidez de 0,34±0,04% em ácido cítrico, valor semelhante ao encontrado por Silva et al. (2017) e superior aos demais estudos para o mesmo fruto. A polpa do fruto do juá apresentou em todos os estudos observados acidez inferior a 0,6%, logo, pode ser considerado um fruto de baixa acidez, o que influencia diretamente na palatabilidade, já que alimentos com maior grau de doçura e menor acidez têm melhor aceitabilidade.

O fruto avaliado apresentou ratio de 82,12±0,79, estando dentro da faixa apresentada pelos estudos de Silva (2017). Valores elevados de ratio indicam sabor mais suave, ou seja, mais doce e menos ácido, então quanto maior o ratio melhor a palatabilidade do alimento, assim o

juá mostra-se como um fruto promissor ao consumo *in natura*, na forma de polpa, ou processado como ingrediente para formulações alimentares.

Quanto ao pH, o presente estudo obteve um valor equivalente a $5,72 \pm 0,06$, valor inferior ao obtido por Silva (2017); Batista et al. (2015) e Lima et al. (2015), podendo ser classificado segundo a RDC 12/2001 da ANVISA (BRASIL,2001) como alimento de baixa acidez (pH maior que 4,5), sendo que estes são os mais propícios à multiplicação microbiana e, portanto, à deterioração e normalmente exigem tratamentos térmicos muito mais rigorosos do que aqueles com pH menor do que 4,5.

A polpa do fruto de juá avaliado apresentou atividade de água de $0,975 \pm 0,002$, totalmente condizente com o valor encontrado por Lima et al. (2015), e um pouco superior ao obtido por Diniz (2016). Sua alta atividade de água pode ser relacionada de forma suficientemente adequada às altas taxas de reações de degradação, sendo este fator um indicativo de estabilidade e segurança microbiana possíveis do produto.

O teor de açúcares redutores da polpa do juá analisado no presente estudo foi de $7,90 \pm 0,17\%$, que se apresenta muito superior ao encontrado por Silva (2017). Vale ressaltar que os açúcares redutores participam das reações de escurecimento não enzimático reagindo com aminoácidos na reação de Maillard, além de interferir de forma negativa no desempenho do processo de secagem em leito de jorro, influenciando diretamente a eficiência de recuperação do pó. Logo, o juá por apresentar alto teor de açúcares redutores impõe dificuldades ao processo de secagem em leito de jorro, necessitando assim, de um estudo mais avançado sobre suas propriedades de friabilidade, adesividade e alterações de cor durante o processo térmico.

5.1.3 Caracterização química de compostos bioativos do fruto

Quanto aos compostos fenólicos, o fruto apresentou valor equivalente a $627,76 \pm 0,02$ mgGAE/100g. Almeida et al. (2020) obtiveram para a polpa de juá *in natura* um teor de $101,95 \pm 6,58$ mgGAE/100g. Silva (2019) para frutos de juá maduros obteve teor de fenólicos equivalente a $455,15$ mgGAE/100g. Silva (2017), realizou a avaliação de compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de juazeiro armazenados sob temperatura controlada ($24,5 \pm 0,5$ °C e $33,5 \pm 0,5\%$ UR), durante 4 dias, obtendo durante o armazenamento de $493,88$ a $518,22$ mgGAE/100g. e Lima et al. (2015), realizaram a caracterização físico-química do juá obtendo $190,91$ mgGAE/100g de compostos fenólicos. Silva et al., (2015), avaliaram os compostos bioativos em frutos de juazeiro em vários estádios de maturação e obtiveram uma

variação de compostos fenólicos de 647,9 mgGAE/100g (1º estágio) a 389,5 mgGAE/100g (5º estágio). O valor obtido no presente estudo apresentou-se pouco menor apenas que o obtido por Silva et al., (2015) no primeiro estágio de maturação, e superior aos demais estudos.

Quanto a atividade antioxidante pela captura do radical livre ABTS•+, o fruto apresentou $24,59 \pm 1,25$ ($\mu\text{mol Trolox/g}$). Almeida et al. (2020) encontraram 35,33 $\mu\text{mol de Trolox/g}$ para a polpa de juá. Silva (2017), em seu estudo de avaliação de compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de juazeiro armazenados sob temperatura controlada onde os frutos foram submetidos ao armazenamento em temperatura ambiente controlada ($24,5 \pm 0,5$ °C e $33,5 \pm 0,5$), durante 4 dias, a capacidade antioxidante pela captura do radical livre ABTS•+ ficou em torno de 7,38 $\mu\text{mol de Trolox/g}$ durante o armazenamento. O valor obtido no presente estudo foi inferior ao obtido por Almeida et al. (2020) e superior ao obtido por Silva (2017), estando assim, dentro dos valores encontrados na literatura para o fruto em questão.

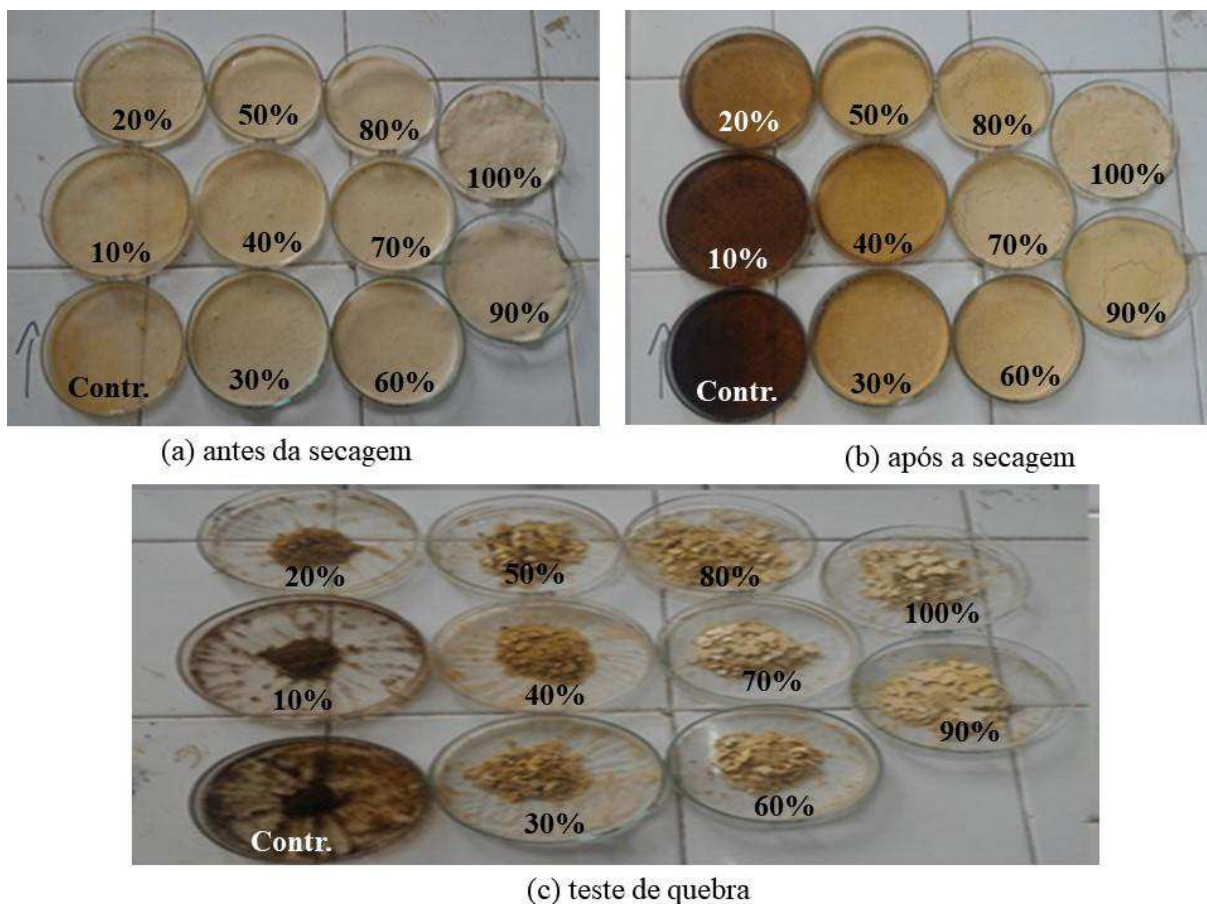
Já para a atividade antioxidante por DPPH, o fruto avaliado no presente estudo, apresentou $174,90 \pm 0,26$ (g/g de DPPH), já Almeida et al. (2020) para a polpa de juá obtiveram um valor considerável para a atividade antioxidante pelo método do DPPH com 33,23 (g/g de DPPH), estando muito acima dos valores observados no presente estudo. Vale ressaltar que tais compostos podem apresentar-se em quantidades variáveis, devido as condições de cultivo, como solo e clima, podendo ocorrer variações inclusive para frutos da mesma planta em safras diferentes.

5.2 SEGUNDA ETAPA - SECAGEM DA POLPA DO JUÁ EM LEITO DE JORRO

5.2.1 Seleção do adjuvante a ser usado na secagem da polpa do fruto do juá

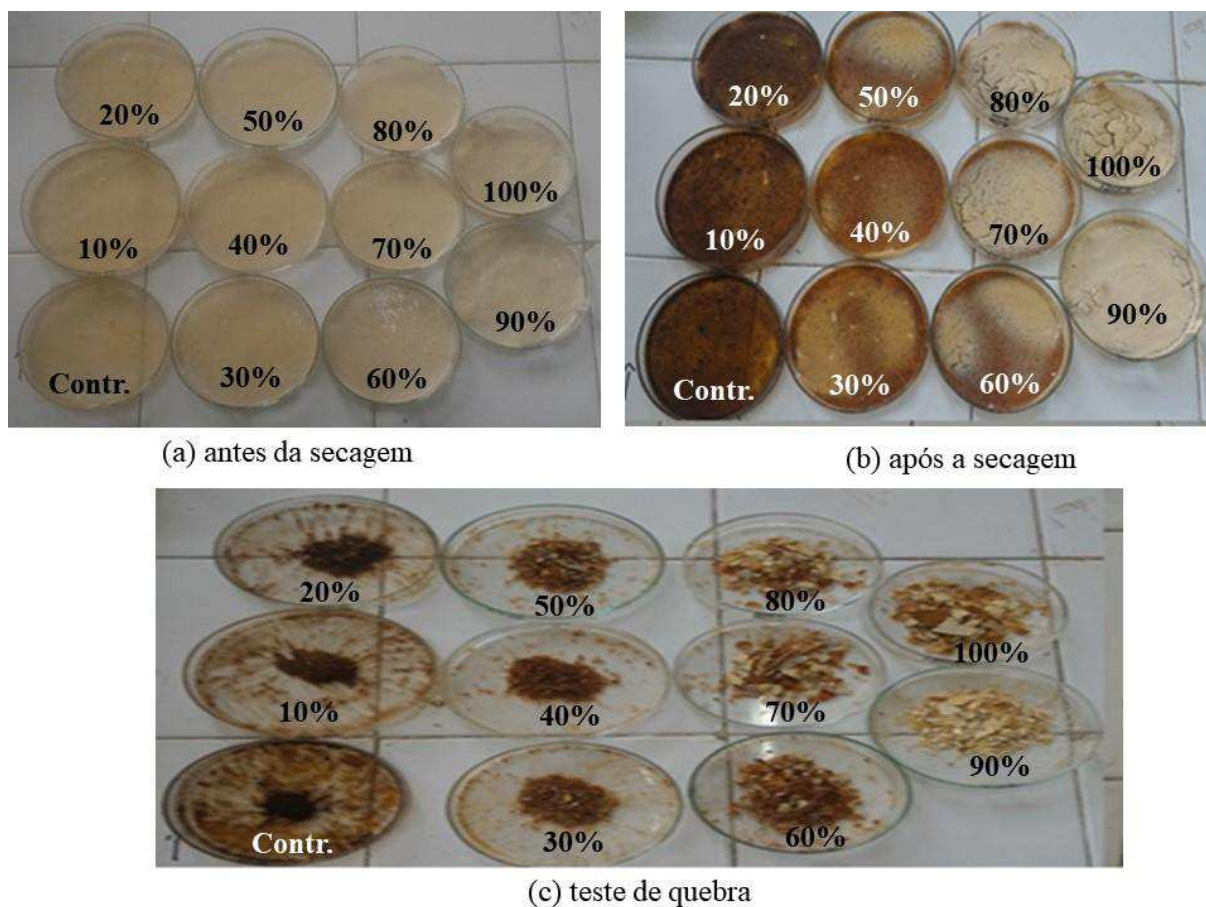
Nas Figuras 5.1 a 5.6 são mostradas as amostras de polpa de juá acrescidas dos adjuvantes, nas proporções estabelecidas, antes e após a secagem em estufa, bem como o teste de quebra da polpa seca (raspagem da camada presente sobre a placa de Petri, com auxílio de uma espátula), onde foi observada qualitativamente, a facilidade de remoção do material.

Figura 5.1 – Perfil de cor e friabilidade do adjuvante amido de milho em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra



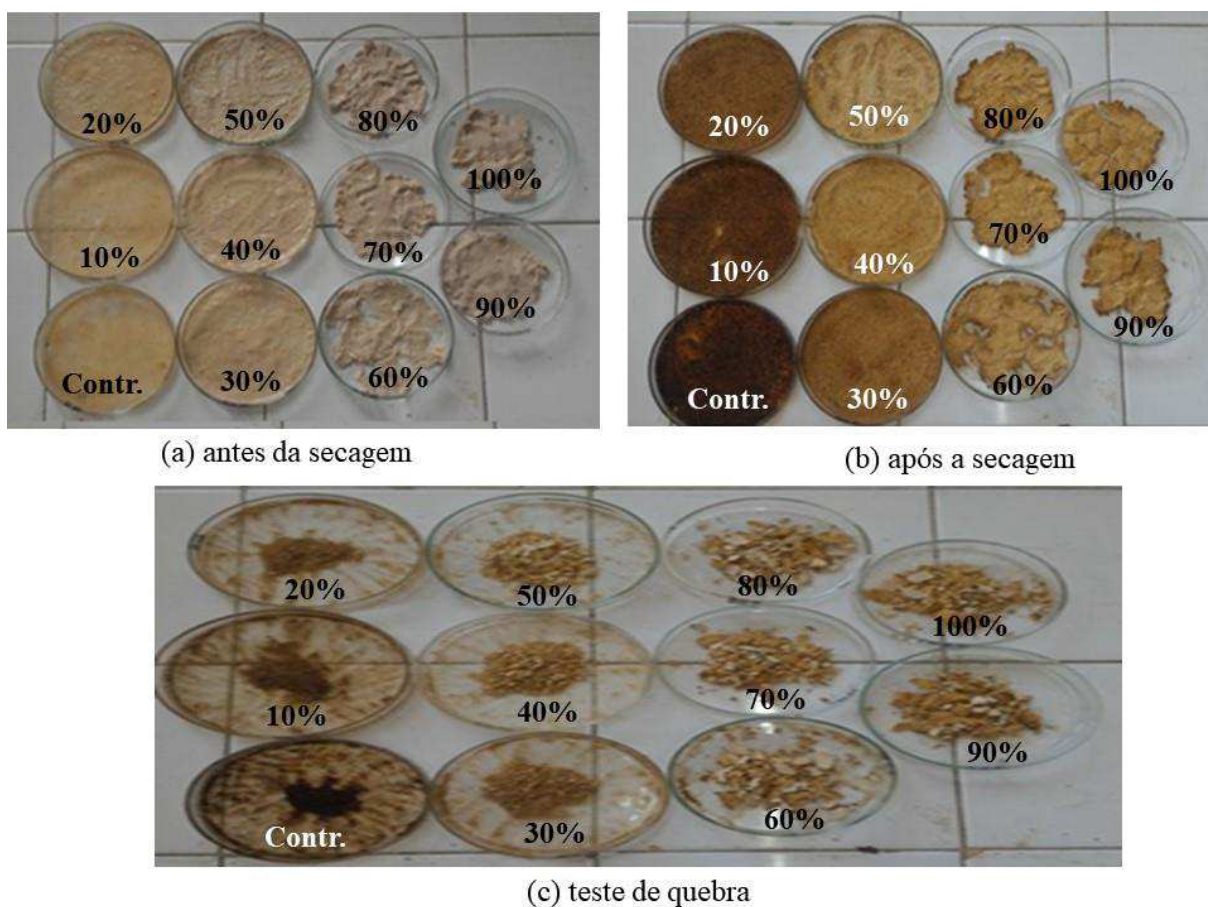
Como foi observado na Figura 5.1 (a), a variação na concentração de amido de milho não apresentou muita diferença na cor da polpa antes do teste de secagem, já na Figura 5.1 (b) após a secagem, nitidamente as amostras com maiores porcentagens de amido de milho apresentaram-se gradativamente mais claras, além da menor retenção de material na placa de Petri. No teste de quebra na Figura 5.1 (c) foi observado que a partir de 30% já ocorre quebra fácil, e a partir de 50% desprende sem oferecer nenhuma resistência.

Figura 5.2 - Perfil de cor e friabilidade do adjuvante de amido de mandioca em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra



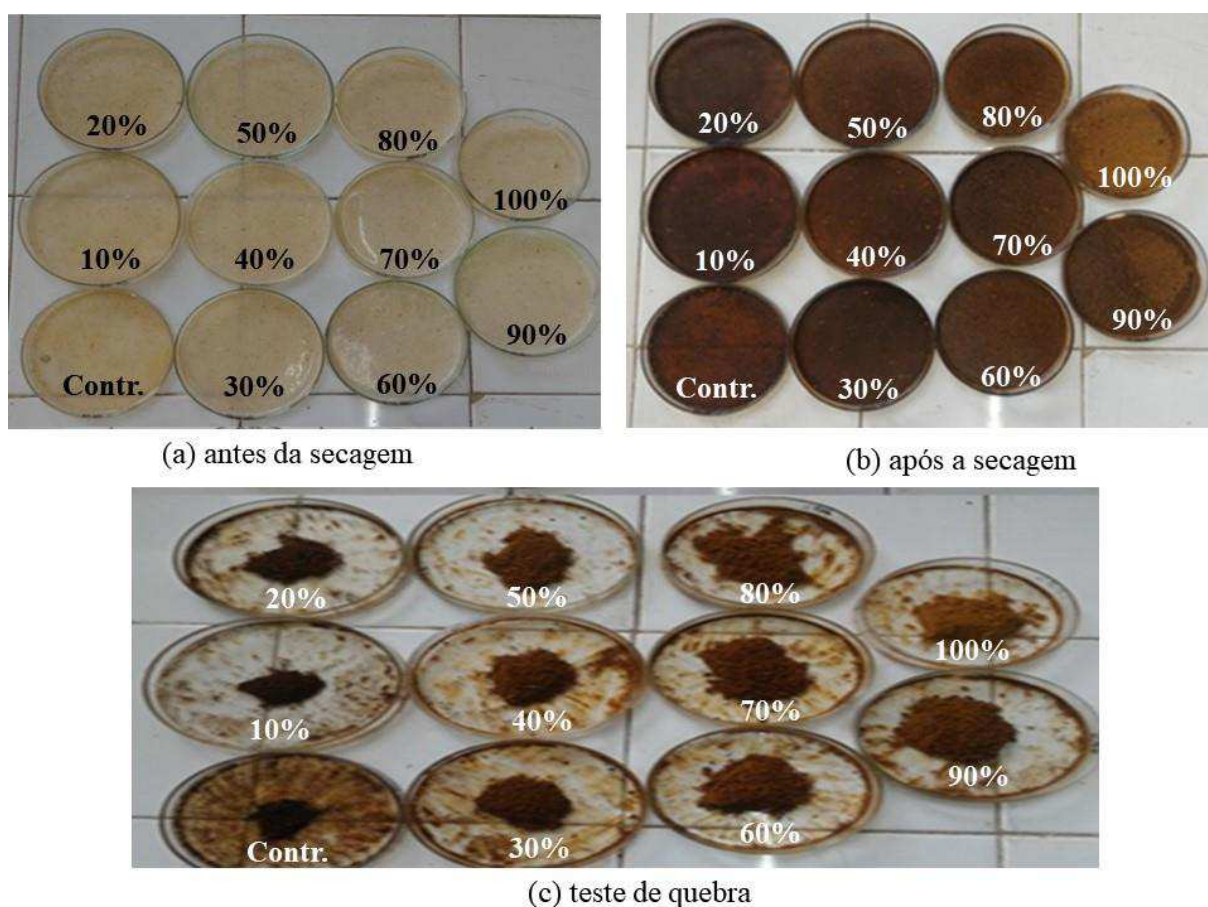
Na Figura 5.2 (a), foi observado que antes da secagem, o amido de mandioca, em todas as concentrações avaliadas, proporciona ao material cor e consistência agradáveis, contudo, após o processo de secagem foi notório o aparecimento de regiões com não uniformidade da cor, além do material seco ter coloração mais escura do que as amostras adicionadas de amido de milho (Figura 5.2b). Quanto à remoção do material das placas, a partir de 40% de amido de mandioca o material apresentou quebra fácil, contudo forma uma crosta no fundo da placa; somente as amostras com concentrações de adjuvante maiores que 70% não apresentam resistência à remoção (Figura 5.2c).

Figura 5.3 - Perfil de cor e friabilidade do adjuvante amido de arroz vermelho em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra



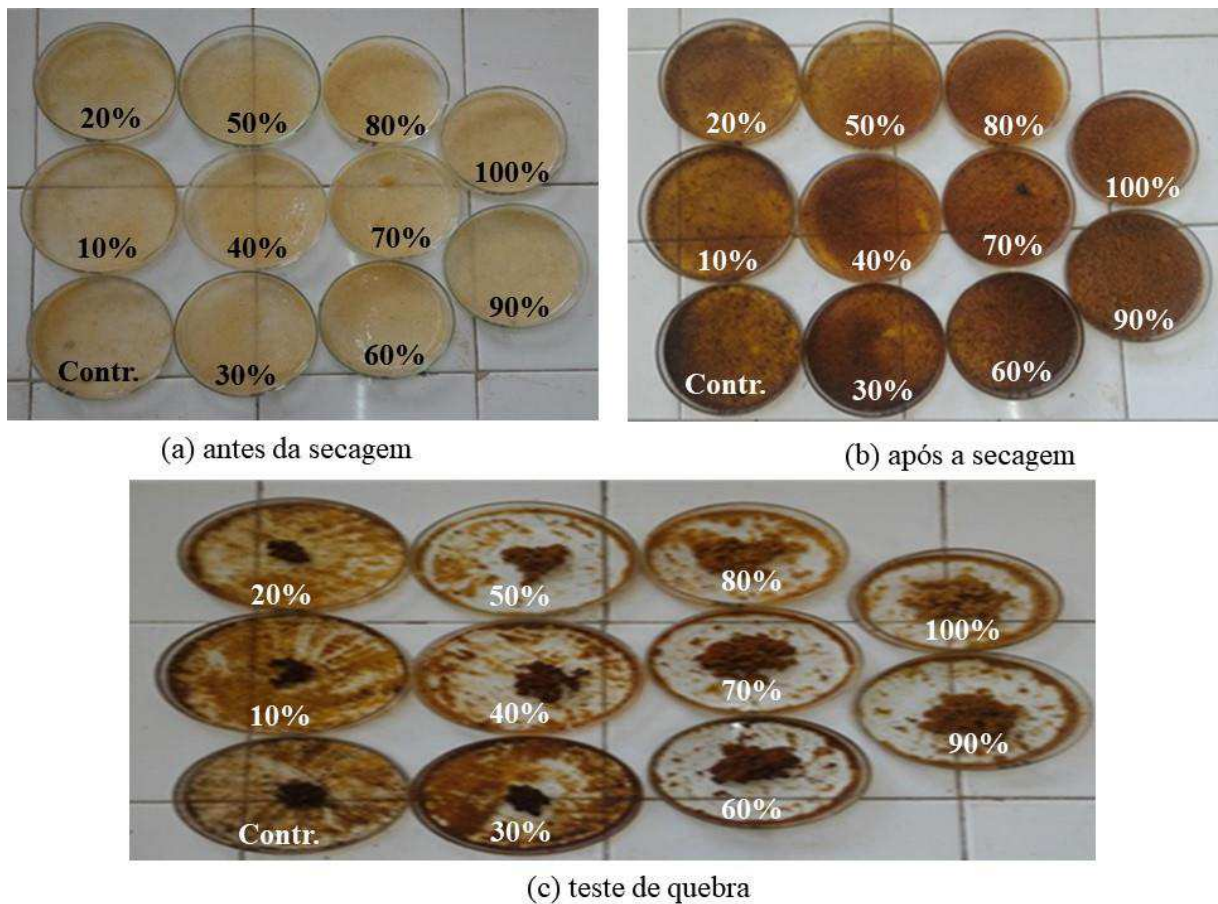
Como observado na Figura 5.3 (a) os testes com amido de arroz vermelho apresentaram maior viscosidade e consistência já na etapa de formulação, sendo que a partir da concentração de 40% de amido as amostras apresentaram dificuldade de espalhamento na placa. Após a etapa de secagem, conforme a Figura 5.3 (b), foi observado que as amostras mais consistentes (50 a 100% de amido) apresentaram aparência de biscoito. Conforme a Figura 5.3 (c), notou-se que o desprendimento do material se deu de forma facilitada, apresentando quebra satisfatória a partir da concentração de 10%; as amostras com concentração de amido de arroz vermelho a partir de 30% apresentaram grande facilidade no teste da raspagem.

Figura 5.4 – Perfil de cor e friabilidade do adjuvante leite de cabra em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra



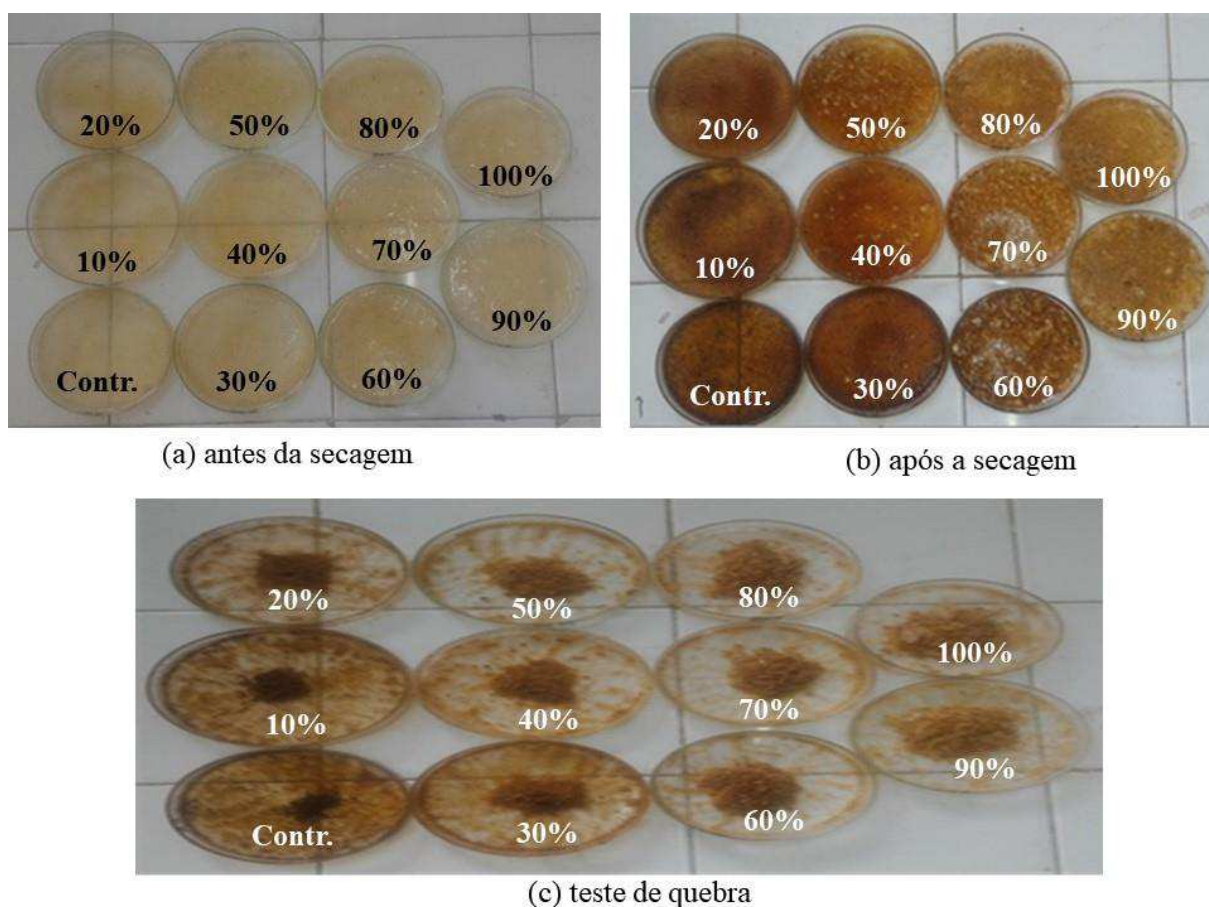
Na Figura 5.4 (a) foi observado que antes da secagem, nos testes realizados com todas as concentrações de leite de cabra em pó as amostras apresentaram boa aparência e consistência, contudo, após a secagem, como observado na Figura 5.4 (b), todas as amostras apresentaram alto grau de escurecimento, ficando o material incrustado na placa, apresentando difícil remoção (Figura 5.4 c).

Figura 5.5 - Perfil de cor e friabilidade do adjuvante dextrose em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra



Na Figura 5.5 (a) foi observado que a variação da proporção de dextrose não afetou no aspecto visual da polpa antes da secagem, contudo, foi constatado que quanto maior a adição de dextrose, mais viscosa e pegajosa ficou a polpa de juá. Como observado na Figura 5.5 (b), ocorreu escurecimento significativo em todas as amostras após a secagem. Na etapa de quebra, como mostrado na Figura 5.5 (c), foi observado que o produto final é apenas um aglomerado, não apresentando quebra, logo o produto obtido, em nenhuma das concentrações apresentou forma de pó.

Figura 5.6 - Perfil de cor e friabilidade do adjuvante maltodextrina em estufa a 105 °C durante 24 horas: a) antes da secagem; b) após a secagem e c) teste de quebra



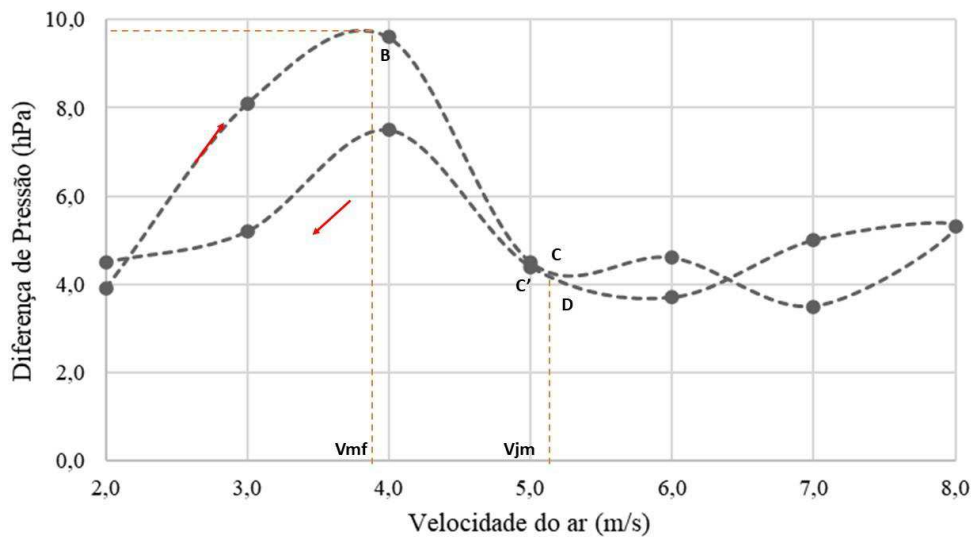
Como observado na Figura 5.6 (a), para todas as concentrações de maltodextrina obteve-se uma cor uniforme e boa consistência durante o preparo, não apresentando dificuldade de distribuição na placa. Já na Figura 5.6 (b) foi observado que após a secagem as amostras apresentaram escurecimento, sendo que as amostras com 60 e 70% de adjuvante apresentaram algumas regiões mais claras, contudo, foi observado na Figura 5.6 (c) que a partir da concentração de 20% de maltodextrina a polpa já desprende razoavelmente bem, com 40% quebra bem e a partir de 70% apresenta quebra fácil.

Com base no comportamento da polpa de juá junto aos adjuvantes testados, optou-se pela utilização de 20% do amido de arroz vermelho, visto que este conferiu a polpa de juá um caráter mais espesso com baixas concentrações mesmo antes do processo de secagem, e ao secar mostrou-se com as melhores propriedades de quebra em todas as concentrações avaliadas.

5.2.2 Ensaio fluidodinâmico do leito de jorro com inerte

Na Figura 5.7 é mostrado o comportamento fluidodinâmico do leito de jorro carregado com 1 Kg de polietileno de baixa densidade atuando como inerte, que em repouso apresenta 2 cm de altura no visor do equipamento, onde podem ser observadas as variações de pressão em função das várias velocidades de ar aplicadas. Os testes foram iniciados na velocidade de 2 m/s, que foi o mínimo que se conseguiu estabelecer com um controle eficaz no equipamento utilizado, e o valor máximo de velocidade do ar foi estabelecido pelo início do movimento desordenado de partículas no leito com colisões bruscas e instabilidade do sistema.

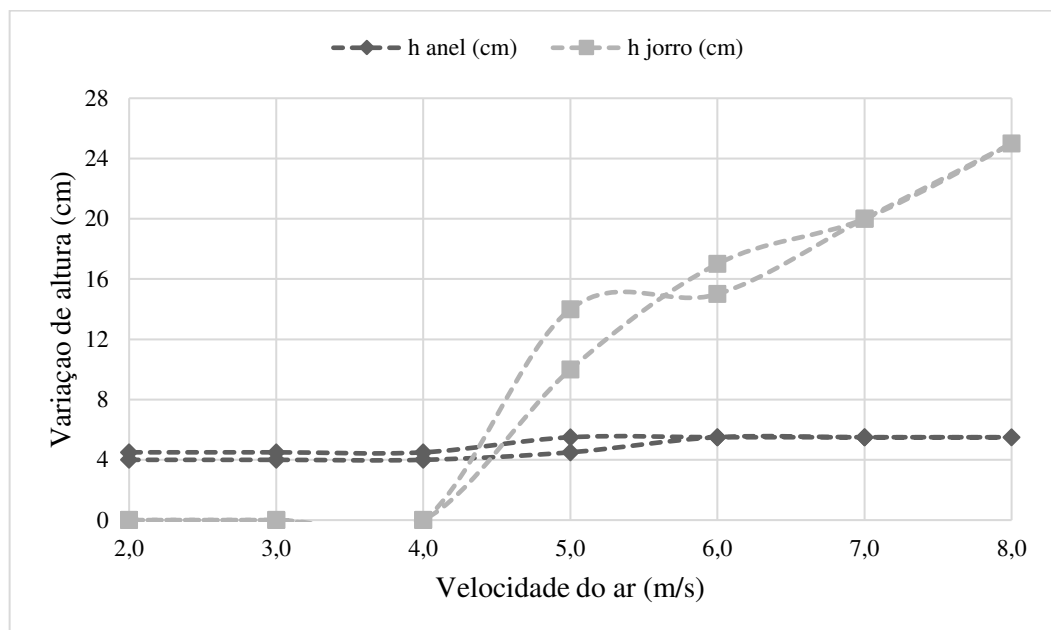
Figura 5.7 - Variação de altura do anel e da fonte do leito de jorro com o inerte em função da velocidade do ar



Na Figura 5.7 foi observado um comportamento do sistema similar ao preconizado por Freire (1992), onde, nas condições de operação avaliada, foram notados os seguintes destaques: ponto B onde ocorre a velocidade de mínima fluidização (v_{mf}) e a perda de pressão máxima (ΔP_m) foi alcançado próximo a velocidade de 4 m/s; o ponto C é o ponto de fluidização inicial e o ponto D é o ponto de início do jorro, ambos alcançados com a velocidade do ar pouco acima de 5 m/s; já o ponto C', obtido com velocidade do ar de 5,0 m/s, representa as condições mínimas de velocidade (v_{jm}) para existir o jorro. Logo, foi observado que o jorro estável nas condições testadas se deu com velocidade do ar entre 5 e 8 m/s.

Na Figura 5.8 são mostradas as variações do comportamento fluidodinâmico do leito de jorro contendo apenas inerte quanto as alturas do anel e da fonte de jorro, operando a 70 °C.

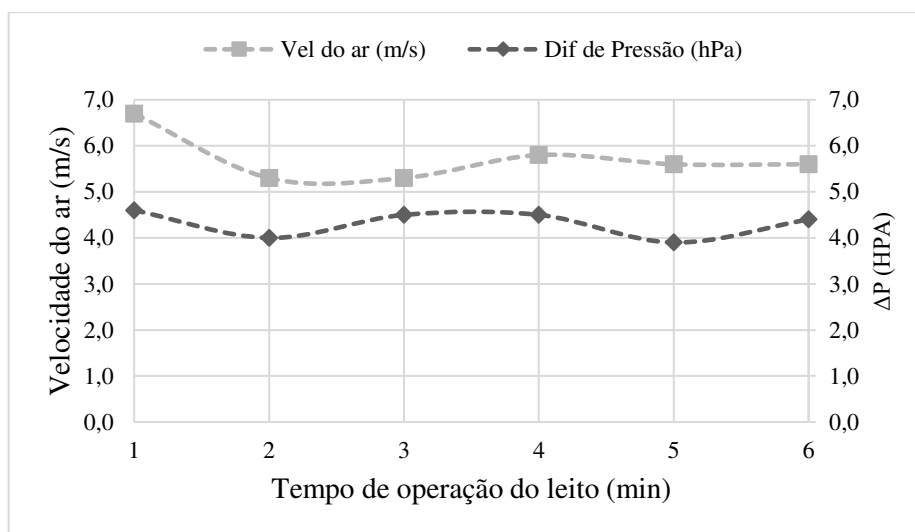
Figura 5.8 – Comportamento da fluidodinâmica do leito de jorro com o inerte em função da velocidade do ar



As principais variações na altura da fonte de jorro ocorreram para as velocidades do ar compreendidas entre 4 e 7 m/s, e a altura do anel teve uma variação insignificante, variando entre 4 e 5 cm, para toda faixa de velocidade do ar aplicada. Quanto menor as variações de altura da fonte do jorro mais estável o comportamento do sistema, de modo que sempre que o sistema entrou em colapso a fonte diminuiu até deixar de existir, ou ocorrem oscilações bruscas na altura da fonte do jorro devido ao movimento pistonado.

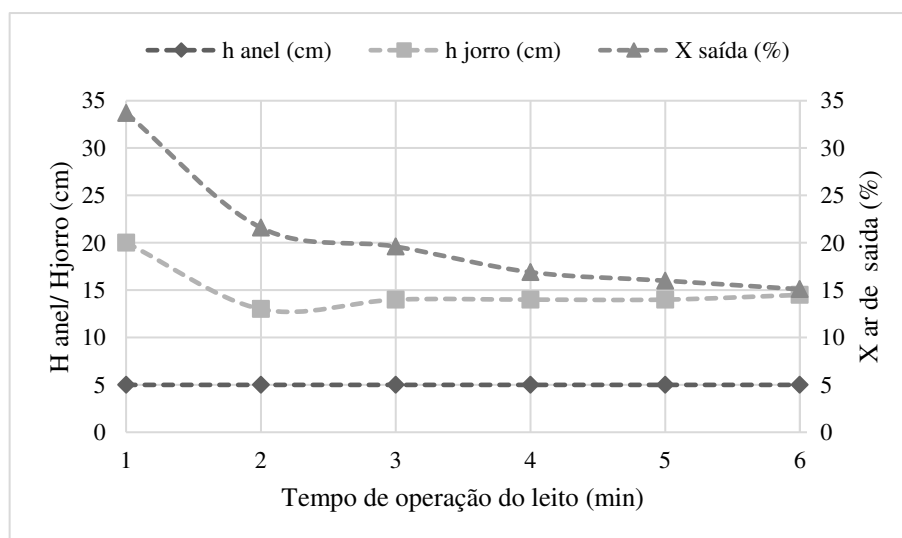
Após a verificação das condições de jorro estável foram realizados testes de estabilidade e comportamento fluidodinâmico do sistema com a adição de 20 g de água durante 6 minutos operando a 70 °C. As alterações obtidas são mostradas nas Figuras 5.9 e 5.10.

Figura 5.9 - Alterações na diferença de pressão e velocidade do ar com a adição de água em função do tempo de operação



Segundo Medeiros (2001) a presença da água promove pequenas mudanças no comportamento do leito. A velocidade superficial do ar no jorro sofre um pequeno aumento, a queda de pressão cai bruscamente, o anel se expande e a altura da fonte aumenta, diminuindo, porém, a concentração de partículas na mesma. Entretanto, à medida que a secagem prossegue, o leito estabiliza em condições de vazão e pressão praticamente idênticas às iniciais, com pequenas modificações na altura da fonte e do anel, ligeiramente mais expandido.

Figura 5.10 - Alterações na altura do anel, altura da fonte de jorro e umidade do ar de saída com a adição de água em função do tempo de operação



Na Figura 5.10 foi observado, após cessar a alimentação da água, que a umidade do ar de saída apresentou comportamento decrescente, indicando assim grande evaporação da água nos primeiros 2 min. Medeiros (2001) afirma que a evaporação do material no leito de jorro é muito rápida, ocorrendo praticamente nos dois minutos iniciais da secagem e a partir daí a umidade do ar na saída tende a atingir um valor constante, igualando-se à umidade medida na entrada do secador, o que se traduz em taxas de evaporação nulas.

A altura da fonte de jorro também apresentou uma leve redução no primeiro minuto, contudo, à medida que a água começou a evaporar (3 min), o sistema alcançou uma condição de operação estável, não ocorrendo alteração na altura do anel visto que não houve aderência de material nas partículas de inerte.

5.2.3 Fluidodinâmica da secagem da polpa do juá

Após os estudos de comportamento fluidodinâmico do sistema de leito de jorro, foram realizados experimentos com alimentação da pasta base, que consistiu na polpa diluída (1:1 m/v) adicionada de 20% de amido de arroz vermelho, operando nas temperaturas de 50 °C, 70 °C e 90 °C, de modo a obter condições de controle de alimentação e velocidade do ar de entrada que minimizassem as instabilidades e permitissem a obtenção de um produto seco e de qualidade. Segundo Freire, Ferreira e Freire (2011), dependendo do grau de saturação, propriedades químicas e taxa de alimentação da pasta, sua presença torna-se uma fonte provável de instabilidade, já que a estabilidade do jorro é afetada pelo desenvolvimento das forças de interação promovida pelas pontes líquidas formadas nos leitos úmidos, conduzindo à adesão e aglomeração das partículas.

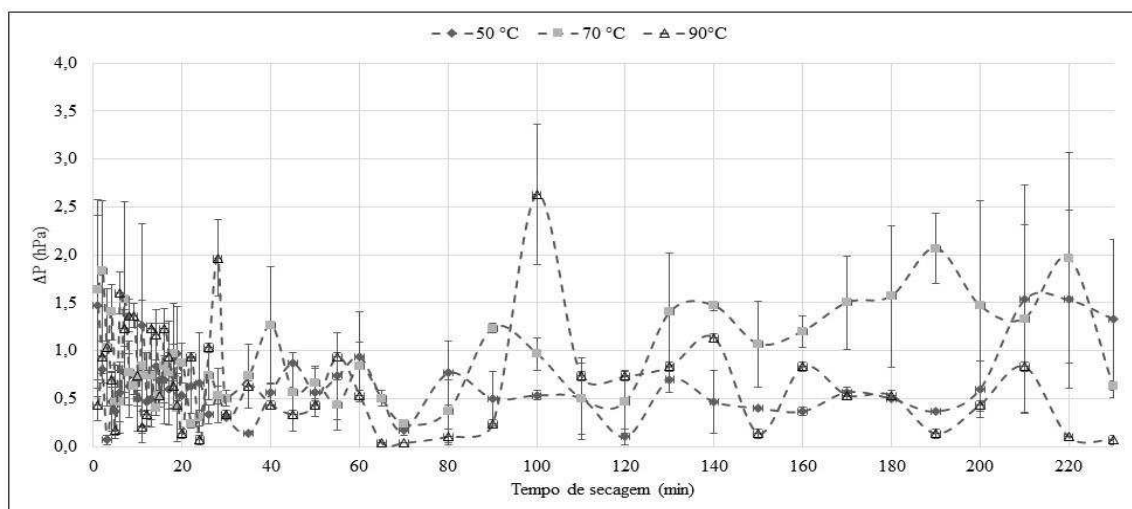
Foi observado no presente estudo, que altas vazões de alimentação reduziam a altura da fonte do jorro até dar início a um movimento pistonado, aglomeração de partículas do inerte e posterior desordem, onde as partículas que não se aglomeravam começavam a colidir bruscamente entre si e com as paredes do equipamento, ou mesmo, em casos de vazões de alimentação maiores, o sistema entrava em colapso temporariamente e à medida que o pó era produzido formava-se apenas uma pequena fonte de jorro, que devido a aglomeração das partículas de inerte no leito não recuperava a altura, chegando a inviabilizar o processo.

Segundo Freire et al. (2012), a quantidade de líquido injetada no leito deve ser cuidadosamente controlada para evitar o colapso causado pela instabilidade fluidodinâmica,

crescimento das partículas ou aglomeração, onde as vazões de alimentação de pasta precisam ser baixas ou moderadas, resultando muitas vezes em baixa produção de produto seco.

Durante todos os experimentos foram acompanhadas variáveis em intervalos de tempo pré-determinados de modo a observar o comportamento fluidodinâmico das partículas no leito considerando a presença da pasta base e a possível influência das condições de operação utilizadas. Na Figura 5.11 são mostradas as variações de pressão durante o processo de secagem da pasta base durante os 230 minutos de operação do leito de jorro.

Figura 5.11 - Alterações na variação média de pressão do leito durante a operação de secagem nas três temperaturas de operação

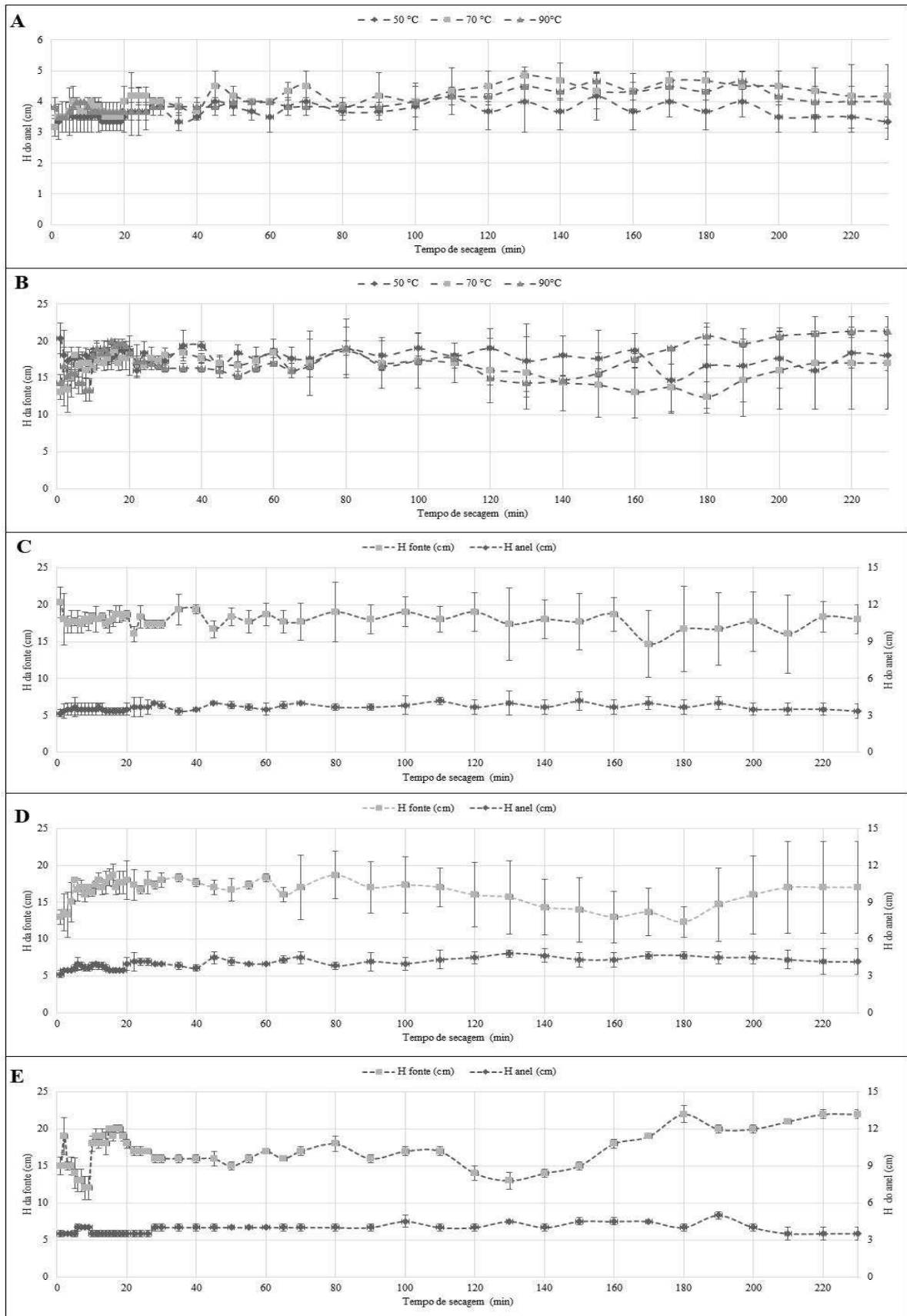


Na Figura 5.11 foi observado que há oscilações periódicas na queda de pressão independente da temperatura de operação, com maior frequência de picos nos primeiros 40 minutos e uma dissipação à medida que há formação de pó e este é retirado do sistema por arraste.

Assim, foi verificado que houve menores oscilações na operação de 50 °C com picos mais suaves na curva e as operações com temperaturas de 70 e 90 °C apresentaram maiores picos na curva de queda de pressão, e logo, maior instabilidade do sistema. Segundo Medeiros (2001), a elevação da queda de pressão máxima seria decorrente da maior energia requisitada pelo jato de ar para romper a estrutura mais aderida da camada de sólidos, devido à aglomeração das partículas.

Na Figura 5.12 são mostradas as variações na altura do anel e altura da fonte do leito de jorro durante os processos de secagem.

Figura 5.12 - Variações observadas: (A) na altura do anel; (B) altura da fonte do leito de jorro; correlações entre altura do anel e da fonte na operação (C) a 50 °C, a (D) 70 °C e (E) 90 °C

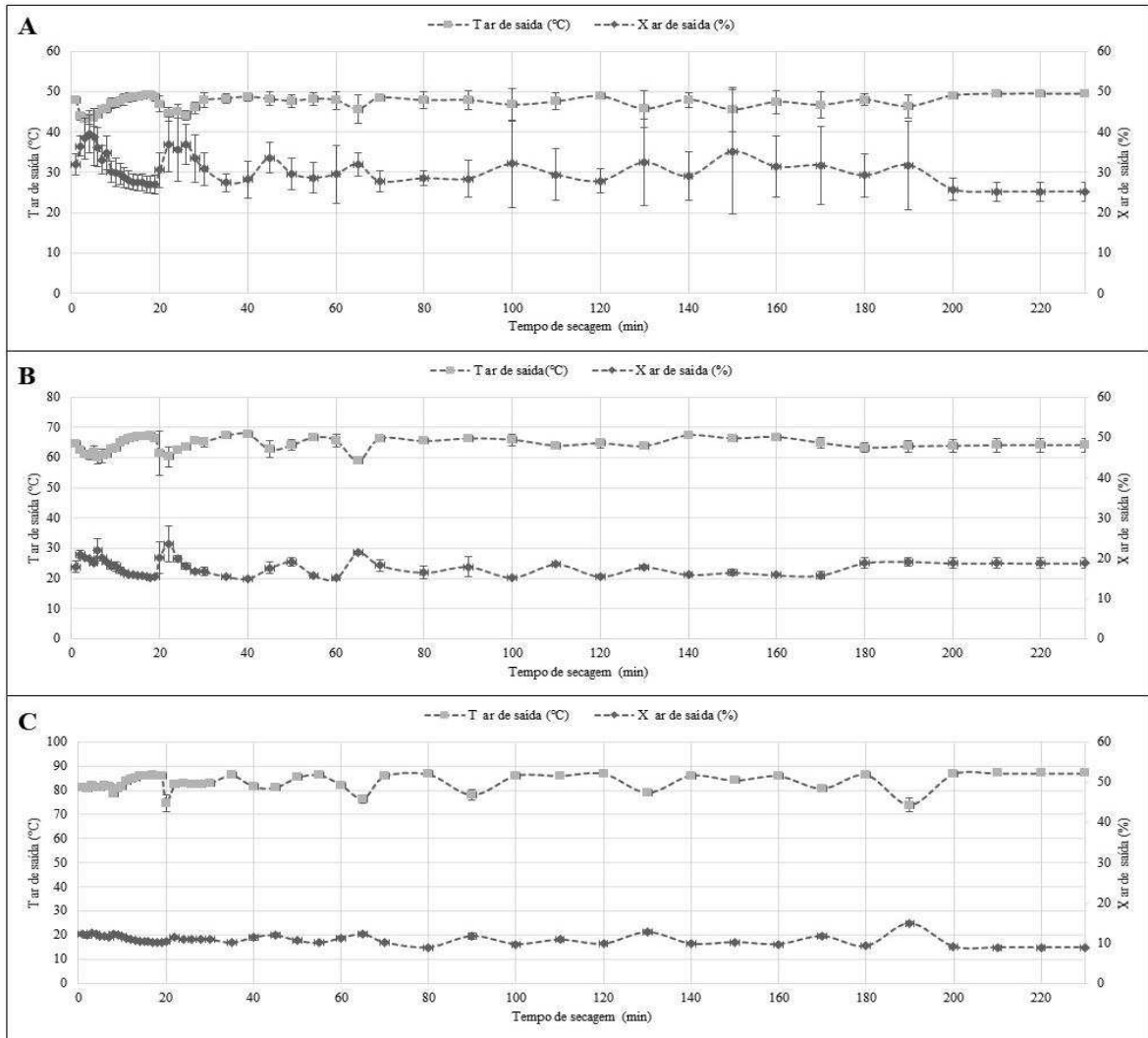


Na Figura 5.12 foram observadas pequenas variações na altura do anel [Figura 5.12 (A)] e oscilações um pouco maiores na altura de jorro [Figura 5.12 (B)]. Foi observado também que à medida que a altura do anel aumentou, ocorreu uma diminuição da altura da fonte no jorro, implicando em momentos de maior instabilidade no sistema devido às novas alimentações realizadas; a fonte do jorro voltou a aumentar até se tornar estável quando foi interrompida a alimentação, como pode ser observado nos últimos 30 minutos [Figura 5.12 (C, D e E)], tal comportamento foi similar em todas as temperaturas avaliadas, contudo, na temperatura de 90 °C essa instabilidade pontual diminuiu, apresentando maior reprodutibilidade no processo. É importante ressaltar que a diferença entre as alturas da fonte e do anel implica que não ocorreu colapso do leito em nenhum momento durante o processo de secagem.

Segundo Nascimento (2013), o aumento da altura do anel ocorre devido ao aumento das forças coesivas causado pelas pontes de pó entre as partículas. Patel et al. (1986) e Schneider e Bridgwater (1993) apresentam uma hipótese importante baseada no fato da presença da pasta ou do líquido aumentar as forças de interação entre as partículas. Assim, uma menor quantidade de partículas sai da região anular para a região de jorro, o que diminui o movimento global na região anular.

Na Figura 5.13 são mostradas as correlações entre umidade e temperatura do ar de saída durante o processo de secagem nas três temperaturas estudadas.

Figura 5.13 - Correlações entre umidade e temperatura do ar de saída na operação em função do tempo de operação: (A) a 50 °C; (B) a 70 °C e (C) a 90 °C



Na Figura 5.13 A, B e C, a temperatura e a umidade do ar de saída apresentaram variações inversamente proporcionais, tais variações ocorreram durante a alimentação da pasta base. Sempre que se iniciava a alimentação a umidade do ar de saída aumentava devido à grande diferença entre a umidade do meio e do material injetado e a temperatura do ar de saída, por sua vez diminuía. No decorrer dos intervalos de alimentação o sistema recuperava parcialmente as condições operacionais, e nos últimos 30 minutos, onde não era feita mais nenhuma alimentação, tais variáveis apresentaram condições mais estáveis.

Na secagem a 50 °C [Figura 5.13 (A)] a temperatura do ar de saída se manteve entre 49,5 e 43,3 °C com umidade entre 25,2 e 39,5%, já para as condições a 70 °C [Figura 5.13 (B)] o ar de saída apresentou variação de temperatura entre 67,3 a 59,7 °C e 22,1 a 15% de umidade

e a 90 °C [Figura 5.13 (C)] o ar de saída oscilou a temperatura entre 87 e 73,9 °C e a umidade entre 15 e 9%. Para a temperatura de 50 °C ocorreu menor variação média na temperatura e maior variação na umidade do ar de saída e o inverso ocorreu na temperatura de 90 °C. Segundo Nascimento (2013) o comportamento da umidade do ar de saída é dependente das condições de temperatura, bem como da vazão de alimentação empregada, assim, quanto maior a temperatura do ar de entrada, mais energia térmica é disponibilizada para a secagem.

5.2.4 Rendimento do processo de secagem

O rendimento da produção de pó no processo de secagem é mostrado na Tabela 5.4. Os pós foram classificados como coletados e retidos, entendendo-se como coletadas as amostras depositadas no ciclone de coleta ao longo do processo de secagem, denominados de J50C, J70C, J90C, e retidos os pós que restavam junto ao leito de partículas ao fim da secagem para cada temperatura denominados então de J50R, J70R, J90R.

Tabela 5.4 – Rendimento da produção do pó

Temperatura (°C)	Rendimento total (%)	Amostra	Rendimento (%)
50	78,22 ± 2,49 ^a	J50C	51,93 ± 0,96 ^a
		J50R	26,29 ± 1,82 ^d
70	73,70 ± 1,15 ^a	J70C	46,72 ± 0,49 ^b
		J70R	26,98 ± 0,96 ^d
90	67,17 ± 0,62 ^b	J90C	40,70 ± 0,15 ^c
		J90R	26,46 ± 0,73 ^d

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Como observado na Tabela 5.4 o processo de secagem da polpa de juá apresentou um bom rendimento para todas as temperaturas avaliadas, com valores entre 67,17 e 78,22%. As temperaturas de 50 °C e 70 °C apresentaram os melhores resultados e não mostram diferença significativa entre si, onde o menor resultado médio foi obtido na temperatura de 90 °C.

Para as amostras obtidas nas diferentes partes do sistema, as amostras coletadas no ciclone (J50C, J70C e J90C) obtiveram melhores rendimentos, variando entre 51,93 e 40,70% respectivamente, onde a amostra na temperatura de 50 °C mostrou-se superior às demais, seguida pela amostra obtida na secagem a 70 °C e por fim a 90 °C.

Para o rendimento de pó coletado no ciclone em processo de secagem em leito de jorro Soares e Pereira (2020) obtiveram para a polpa de jambolão rendimento entre 35 e 5%. Lima et al. (2017), em seu estudo sobre a secagem da polpa de pitanga em leito de jorro obtiveram rendimento de pó coletado no ciclone entre 38,02 e 16,73%. Pontes Junior et al. (2016) obtiveram, para a secagem da polpa da goiaba em leito de jorro com adição de diferentes adjuvantes, rendimento de pó coletado no ciclone entre 54,69 e 33,07%. Nascimento et al. (2019), em seu estudo sobre a produção de bacaba em pó obtida por leito de jorro, obtiveram rendimento variando de 56,41 a 25,67%. Costa et al (2015), avaliando os efeitos das condições operacionais no rendimento e na qualidade do açaí em pó produzido em leito de jorro, obtiveram rendimento variando entre 67,20 e 26,59%. Sousa (2015), aplicando o processo de secagem em leito de jorro para obtenção de suco de caju em pó, obteve rendimentos entre 44,29 e 13,83%. Rocha (2013) obteve para o suco em pó prebiótico de tangerina obtido através do processo de secagem em leito de jorro rendimentos entre 48,89 e 12,87%.

Assim, de um modo geral, os valores de rendimento da presente pesquisa estão de acordo com os dados da literatura para o rendimento em pó coletado no ciclone para diversas frutas.

Quanto a retenção de pó no leito de inertes não houve diferença significativa para as três temperaturas avaliadas, estando entre 28,11 e 24,47% indicando boa eficiência do processo de produção de pó. Soares e Pereira (2020) obtiveram para a polpa de jambolão entre 31 e 23% do pó retido no leito de inertes após a secagem. Braga e Rocha (2015) em seu estudo sobre a secagem de polpa de amora preta obteve retenção do material no leito de partículas variando entre 87,28 e 51,10%.

Para a retenção de pó no leito de partículas o presente estudo apresentou menores valores do que os encontrados na literatura para polpa de frutas em leito de jorro, vale ressaltar que há certa dificuldade em obter dados referentes ao material retido, já que grande parte dos estudos aborda apenas a porcentagem de pó coletado no ciclone.

De modo geral, o processo de secagem da polpa de juá em leito de jorro apresentou um rendimento satisfatório, pois as perdas de material são baixas e a quantidade de pó coletada no ciclone é maior do que a massa retida no leito de partículas para todas as temperaturas avaliadas.

Assim, após a secagem, com base na massa alimentada (massa inicial), levando em consideração o teor de água de cada amostra foi obtido o percentual desses constituintes em cada uma das duas frações de pó obtidos no processo (coletado e retido), onde o que não pôde

ser quantificado foi considerado perda do processo. Os valores mássicos e respectivos rendimentos que forma utilizados na determinação da recuperação dos constituintes físico-químicos encontram-se disponíveis no Apêndice A.

5.2.5 Caracterização física da polpa de juá em pó

As análises físicas da polpa em pó foram realizadas, visto que tais propriedades são de grande interesse para sua utilização como ingrediente na formulação de produtos alimentícios já que podem influenciar em características como facilidade de incorporação, textura, estabilidade e aceitação, além da tendência de aglomeração durante o armazenamento e custos na embalagem. Ou seja, a caracterização dessas propriedades ajuda a definir o produto, os parâmetros do processo de produção e os fenômenos que influenciam no seu comportamento.

Nas Tabelas 5.5, 5.6 e 5.7 são mostradas a caracterização física de todas as amostras avaliadas no referido trabalho.

Tabela 5.5 – Absorção de água e óleo e índice de sinérese da polpa de juá em pó para amostras coletadas (C) e retidas (R) nas temperaturas do processo e para os pós liofilizados PBL e PL

Amostras	Absorção de água (g/100g)	Absorção de óleo (g/100g)	Índice de sinérese (%)
J50C	91,26 ± 0,01 ^d	82,91 ± 0,09 ^{cd}	3,78 ± 0,41 ^{bcd}
J50R	106,17 ± 0,04 ^{bc}	74,95 ± 0,02 ^d	4,55 ± 0,40 ^b
J70C	93,19 ± 0,01 ^d	78,86 ± 0,04 ^{cd}	5,47 ± 0,24 ^a
J70R	115,74 ± 0,02 ^b	88,54 ± 0,05 ^c	6,15 ± 0,45 ^a
J90C	94,74 ± 0,02 ^d	85,14 ± 0,02 ^{cd}	3,56 ± 0,33 ^{cd}
J90R	108,99 ± 0,06 ^b	79,17 ± 0,04 ^{cd}	3,89 ± 0,54 ^{bc}
PBL	97,18 ± 0,07 ^{cd}	155,80 ± 0,06 ^a	2,28 ± 0,24 ^d
PL	235,14 ± 0,08 ^a	105,52 ± 0,07 ^b	0,13 ± 0,02 ^e

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

PL- Polpa Liofilizada

PBL- Pasta Base Liofilizada

Como observado na Tabela 5.5, a amostra PL apresentou o maior valor para o parâmetro absorção de água, sendo esta, a única amostra sem adição de amido de arroz vermelho, o que pode sugerir que a adição do adjuvante proporciona a redução da absorção de água. Os outros maiores valores são encontrados para as amostras J70R, J90R e J50R respectivamente, sendo que esses não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si assim como os valores das amostras J50C, J70C e J90C. De um modo geral, para a temperatura aplicada no processo de secagem, não houve diferenças significativas para a absorção de água nos materiais.

Entretanto, para o local de coleta, a temperatura influenciou. As amostras retidas no leito de partículas obtiveram maiores valores (106,17 a 105,74%) do que as coletadas no ciclone (91,26 a 94,79%) para as respectivas temperaturas quanto à capacidade de absorção de água. Segundo Rodriguez-Bernal et al. (2015) a quantidade de água absorvida depende primariamente da estrutura química e da composição do material, o que condiciona o número e a disponibilidade de grupos hidrofílicos capazes de ligar a água através da formação de ligações de hidrogênio, em especial com as macromoléculas de polissacarídeos e proteínas e sua composição de aminoácidos, pH, concentração de sais. O maior tempo de exposição às temperaturas de secagem pode ter causado as alterações nas estruturas proteicas e sua composição de aminoácidos, e conseqüentemente sua polaridade, contudo, não é possível afirmar de fato, visto que não foi possível realizar o perfil de aminoácidos do material em questão. Quanto ao pH e teor de carboidratos não há tendências que levem a afirmar interdependência de tal parâmetro.

Neves, Santana e Valença (2008) em seu estudo sobre capacidade higroscópica de farinhas de diferentes frutas por processo de desidratação em estufa com circulação de ar, numa temperatura de 60 °C, obtiveram valores para o índice de absorção de água entre 242 e 122 g/100g, sendo a amostra PL a única a se enquadrar nessa faixa de valores. Já as amostras que foram adicionadas de amido de arroz vermelho apresentaram valores menores que os encontrados pelos autores: a amostra PBL com 79,19 g/100g e as amostras obtidas por secagem em leito de jorro com índice de absorção de água entre 91,26 e 108,99 g/100g.

De acordo com Fernandes et al., (2003) quanto maior absorção de água, melhor é indicação do potencial de seu uso em sistemas alimentares. Desse modo, a polpa de juá obtida da secagem em leito de jorro nas temperaturas estudadas podem ser desejáveis nos produtos cárneos e de panificação, pois permite a adição de mais água à massa, melhorando suas características de manuseio.

Principalmente no que se refere a aplicação em formulações, é conveniente saber também a quantidade de óleo absorvida pelos alimentos ou possíveis ingredientes, já que há interação entre os vários componentes dos mesmos, o que influencia de forma direta nas propriedades do alimento final. Quanto a absorção de óleo a amostra PBL obteve maior valor (155,80 g/100g), seguida da amostra PL (105,52 g/100g). Quanto às amostras submetidas às três temperaturas de secagem os resultados foram similares, variando entre 88,54 e 74,95 g/100g.

Todas as amostras de polpa de juá em pó apresentaram valores muito inferiores aos encontrados na literatura (NEVES; SANTANA; VALENÇA, 2008; CÉSPEDES, 1999). Esse parâmetro varia conforme a composição, método de secagem e interações entre os componentes da matriz alimentar.

Ainda na Tabela 5.5 foi observado que as amostras J70R e J70C apresentaram os maiores valores para o índice de sinérese, com 6,15 e 5,47% para a amostra retida e coletada respectivamente. As amostras J50C e J50R (3,78 e 4,55%), não diferiram significativamente das amostras J90C e J90R (3,56 e 3,89%). Os menores índice de sinérese foram obtidos para as amostras PBL e PL, com 2,28 e 0,13%, respectivamente. Segundo Bashir et al. (2017), quanto menor o índice de sinérese menor será a quantidade de água que o material irá expulsar na etapa de retrogradação, o que é fundamental em produtos principalmente na área de panificação, já que um alto índice de sinérese causa rápido envelhecimento desses produtos, reduzindo assim sua vida de prateleira. Todas as amostras de polpas de juá avaliadas apresentaram índice de sinérese inferior a 7%, indicando assim, grande viabilidade na utilização como ingrediente na área de panificação.

Tabela 5.6 – Densidades real, aparente e compactada da polpa de juá em pó para as amostras coletadas e retidas nas três temperaturas e para as amostras PBL e PL

Amostras	Densidade real (g/cm ³)	Densidade aparente (g/cm ³)	Densidade compactada (g/cm ³)
J50C	1,37 ± 0,12 ^e	0,44 ± 0,02 ^a	0,54 ± 0,01 ^b
J50R	1,45 ± 0,15 ^e	0,41 ± 0,01 ^a	0,44 ± 0,03 ^c
J70C	2,86 ± 0,56 ^{cd}	0,42 ± 0,02 ^a	0,54 ± 0,01 ^b
J70R	2,56 ± 0,20 ^d	0,42 ± 0,01 ^a	0,43 ± 0,01 ^c
J90C	3,78 ± 0,44 ^{ab}	0,43 ± 0,01 ^a	0,58 ± 0,01 ^a
J90R	3,41 ± 0,27 ^{bc}	0,43 ± 0,02 ^a	0,45 ± 0,01 ^c
PBL	3,49 ± 0,17 ^b	0,26 ± 0,01 ^b	0,32 ± 0,01 ^d
PL	4,14 ± 0,11 ^a	0,16 ± 0,01 ^c	0,20 ± 0,02 ^e

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

PL- Polpa Liofilizada

PBL- Pasta Base Liofilizada

Conforme observado na Tabela 5.6, a amostra PL apresentou maior densidade real (4,14 g/cm³), seguida da amostra PBL com 3,49 g/cm³, que não diferiu estatisticamente das amostras J90C e J90R (com 3,78 e 3,41 g/cm³, respectivamente); os menores valores foram obtidos nas amostras J50C e J50R com 1,37 e 1,45 g/cm³, respectivamente. Entre as amostras obtidas por secagem em leito de jorro nas três temperaturas estudadas foi observado que à medida que se aumenta a temperatura a densidade real também aumenta.

Quanto a densidade aparente as amostras PBL e PL apresentaram os menores valores, com 0,26 e 0,16 g/cm³ respectivamente. As demais amostras não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Dentre as amostras obtidas por secagem em leito de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 °C, a densidade aparente variou entre 0,44 e 0,41 g/cm³. As amostras liofilizadas apresentaram menor densidade aparente do que as obtidas pelo processo de secagem em leito de jorro. E dentre as amostras liofilizadas, a PL, que não contém amido de arroz vermelho foi a que apresentou menor resultado. Lins et al., (2017) obtiveram, para o pó da seriguela produzido em leito de jorro, densidade aparente de 0,47 g/cm³. Souza (2009), em seu estudo sobre a secagem de misturas de polpas de frutas tropicais em leito de jorro, obteve densidade aparente dos pós variando entre 0,40 e 0,21 g/cm³. Os valores obtidos para a polpa de juá em pó obtida no leito de jorro apresentaram valores próximos aos encontrados na literatura para

outras frutas, o que é satisfatório, já que a densidade aparente é imprescindível para dimensionamento de embalagens.

Como observado, ainda na Tabela 5.6, para a densidade de compactação, os menores valores encontrados foram para as amostras liofilizadas, sendo PBL com $0,32 \text{ g/cm}^3$ e PL com $0,20 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Quanto às amostras submetidas a secagem em leito de jorro a amostra J90C apresentou maior resultado para densidade de compactação com valor de $0,58 \text{ g/cm}^3$, seguido pelas amostras J50C e J70C que foram iguais com $0,54 \text{ g/cm}^3$ e por fim todas as amostras retidas que não apresentaram diferença significativa entre si, com valores entre $0,43$ e $0,45 \text{ g/cm}^3$. Ou seja, as amostras retidas apresentam menores densidades de compactação que as coletadas no ciclone das respectivas temperaturas avaliadas. Os valores para a densidade de compactação nesse trabalho são semelhantes aos encontrados na literatura para polpas de frutas obtidas por secagem em leito de jorro (LINS et al., 2017; SOUZA, 2009). Logo, a tendência de atrito e aglomeração da polpa de juá em pó é similar às outras frutas.

Tabela 5.7 – Índices de Carr e Hausner e porosidade do leito da polpa de juá em pó para as amostras coletadas e retidas nas temperaturas de 50, 70 e 90 °C e para as amostras PBL e PL

Amostras	Índice de Carr	Índice de Hausner	Porosidade do leito de pó
J50C	$19,97 \pm 4,30^b$	$1,14 \pm 0,08^b$	$0,68 \pm 0,04^e$
J50R	$12,97 \pm 3,47^{cd}$	$1,11 \pm 0,07^{cd}$	$0,71 \pm 0,04^e$
J70C	$23,02 \pm 3,46^{ab}$	$1,30 \pm 0,06^{ab}$	$0,85 \pm 0,04^{cd}$
J70R	$2,68 \pm 1,93^e$	$1,01 \pm 0,02^d$	$0,83 \pm 0,03^d$
J90C	$26,58 \pm 2,74^a$	$1,37 \pm 0,05^a$	$0,88 \pm 0,02^{bc}$
J90R	$6,18 \pm 4,34^{de}$	$1,06 \pm 0,06^d$	$0,87 \pm 0,02^{cd}$
PBL	$18,11 \pm 3,06^{bc}$	$1,22 \pm 0,05^b$	$0,93 \pm 0,01^{ab}$
PL	$18,59 \pm 4,19^{bc}$	$1,22 \pm 0,08^{bc}$	$0,96 \pm 0,01^a$

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

PL- Polpa Liofilizada

PBL- Pasta Base Liofilizada

Como observado na Tabela 5.7, a amostra J90C apresentou maior índice de Carr (26,58), seguido pela amostra J50C com valor de 19,97, que não diferiu significativamente das amostras J70C e PL e PBL, com 23,02, 18,59 e 18,11 respectivamente. Os menores resultados

foram obtidos para as amostras J70R e J90R, com valores de 2,68 e 6,18. Quanto à classificação pelo índice de Carr, apenas as amostras J70R e J90R podem ser classificadas como excelentes, uma vez que esse índice se encontra menor que 10, e a amostra J50R como boa por apresentar valores entre 11 e 15. Já as amostras J50C, PBL e PL receberam classificação aceitável, por apresentarem valores entre 16 e 20, a amostra J70C foi classificada como passável e a amostra J90C foi classificada como ruim, uma vez que apresentaram valores entre 21 e 25 e entre 26 e 31, respectivamente, o que pode levar a dificuldade de fluxo, uma vez que o produto desidratado permanece frequentemente exposto às condições ambientais com consequente aumento da coesão das partículas de pó devido à presença de açúcares.

Os valores do índice de Carr encontrados por Lins et al. (2017) e por Souza (2009), aplicando o processo de secagem em leito de jorro em polpas frutas, foram de 0,23 e 0,37, respectivamente, sendo considerados pós de excelente compressibilidade.

Quanto ao índice de Hausner o maior valor foi obtido para a amostra J90C sendo equivalente a 1,37, seguido das amostras J50C e J70C com valores de 1,14 e 1,30 respectivamente, que não diferiram das amostras PBL e PL, ambas com valor de 1,22. Considerando a classificação pelo índice de Hausner, as amostras J50R, J70R e J90R podem ser classificadas como excelente pois apresentam valores entre 1,00 e 1,11, a amostra J50C com classificação boa visto que seu índice se encontra entre 1,12 e 1,18, as amostras PBL e PL receberam classificação aceitável, com valores entre 1,19 e 1,25 e a amostra J70C como intermediária, com valor entre 1,16 e 1,34. Já a amostra J90C foi classificada novamente como ruim, com valor entre 1,35 e 1,45.

Ainda na Tabela 5.7 foi observado que as amostras liofilizadas PBL e PL apresentaram maior porosidade no leito que as demais amostras avaliadas, com valores de 0,93 e 0,96 respectivamente. Observações similares foram reportadas por Araújo (2014), ao avaliar a estrutura do pó da polpa de jambolão, desidratada por diferentes métodos, segundo o qual a secagem por liofilização promoveu maior porosidade que a secagem em leito de jorro. Para Ezhilarasi et al. (2013) as estruturas porosas decorrentes da liofilização estão diretamente relacionadas ao processo de sublimação dos cristais de gelo, durante o processo de secagem. Contudo, a PBL não diferiu significativamente da amostra J90C que apresentou 0,88 de porosidade no leito de partículas de pó, sendo esta similar a amostra J90R com porosidade do leito de 0,87. Os menores valores foram observados nas amostras J50C e J50R com porosidade do leito de 0,68 e 0,71, respectivamente. Dentre as amostras obtidas por secagem em leito de jorro a porosidade variou entre 0,88 e 0,68.

5.2.6 Caracterização físico-química da polpa de juá em pó

Na Tabela 5.8 é apresentada a composição centesimal, expressa em base seca, para todas as amostras avaliadas.

Tabela 5.8 – Caracterização centesimal da polpa de juá em pó para as amostras coletadas e retidas nas temperaturas de 50, 70 e 90 °C e para as amostras PBL e PL

Amostras	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídeos (%)	Proteínas (%)	Carboidratos*
J50C	10,11 ± 0,30 ^a	1,59 ± 0,14 ^b	0,55 ± 0,01 ^c	6,00 ± 0,13 ^{ab}	81,76 ± 0,30 ^d
J50R	9,33 ± 0,46 ^{ab}	1,50 ± 0,16 ^b	0,44 ± 0,02 ^e	5,97 ± 0,24 ^{ab}	82,76 ± 0,66 ^{cd}
J70C	9,02 ± 0,34 ^{bc}	1,61 ± 0,11 ^b	0,66 ± 0,03 ^b	5,50 ± 0,21 ^d	83,22 ± 0,50 ^c
J70R	8,21 ± 0,38 ^{cd}	1,54 ± 0,07 ^b	0,48 ± 0,03 ^{de}	6,27 ± 0,10 ^a	83,15 ± 0,52 ^c
J90C	8,10 ± 0,35 ^{cd}	1,58 ± 0,07 ^b	0,27 ± 0,01 ^f	5,56 ± 0,17 ^{cd}	84,50 ± 0,44 ^b
J90R	7,69 ± 0,33 ^d	1,53 ± 0,09 ^b	0,25 ± 0,03 ^f	5,86 ± 0,12 ^{ab}	84,67 ± 0,41 ^{ab}
PBL	6,55 ± 0,76 ^e	1,49 ± 0,06 ^b	0,52 ± 0,03 ^{cd}	5,74 ± 0,12 ^{bcd}	85,71 ± 0,74 ^a
PL	7,35 ± 0,26 ^{de}	3,51 ± 0,08 ^a	1,17 ± 0,05 ^a	5,81 ± 0,19 ^{abcd}	82,15 ± 0,37 ^{cd}

*Valor obtido por diferença a partir da análise prévia individual dos teores de umidade, cinzas, lipídeos, fibras e proteínas. Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

PL- Polpa Liofilizada

PBL- Pasta Base Liofilizada

A amostra PBL apresentou menor valor de umidade com 6,55 % e não diferiu significativamente da amostra PL que apresentou 7,35 %. Dentre amostras obtidas pela secagem em leito de jorro, J50C e J50R apresentaram os maiores teores de umidade, com valores de 10,11 e 9,33 % respectivamente, contudo J50R foi estatisticamente igual a J70C com umidade de 9,02 %, a amostra J90R apresentou o menor valor de umidade (7,35 %) e mostrou-se estatisticamente igual a amostra PL quanto ao teor de umidade. De um modo geral, as amostras obtidas por secagem em leito de jorro apresentaram umidade variando entre 10,11 e 7,69 %, assim, todas as amostras avaliadas apresentaram umidade menor que 15%, faixa considerada mínima para o desenvolvimento de microrganismos (BRASIL, 2000).

Na secagem do fruto de juá em leito fixo em três temperaturas e três velocidades de vazão do ar, Diniz (2016) obteve para a temperatura de 50 °C umidade entre 25,28 e 20,84 %, para a temperatura de 60 °C uma umidade entre 19,91 e 15,26 % e para a temperatura de 70 °C

umidade variando entre 13,50 e 12,40 %. Batista et al. (2015) avaliaram a composição centesimal do fruto do juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.) desidratado em estufa a 65 °C durante 24 h e encontraram teor de umidade igual a 9,96 %. Cavalcanti et al. (2011) realizaram a caracterização físico-química do fruto desidratado do juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.) por secagem a 65 °C por 24 horas em estufa com circulação de ar obtendo teor de umidade de 8,53 %. Os valores obtidos nesse trabalho foram próximos aos valores obtidos por Batista et al. (2015) e Cavalcanti et al. (2011) para os estudos de secagem do juá em estufa, e inferiores aos obtidos Diniz (2016) em seu estudo de secagem do juá em secador de leito fixo.

O maior teor de cinzas encontrado foi para a amostra PL, tal fato pode ter ocorrido devido a essa ser a única amostra que não passou pela etapa de refino através de peneira, com forma mais integral. As demais amostras não apresentaram diferença significativa entre si. Dentre as amostras secas em leito de jorro, o teor de cinzas variou entre 1,61 e 1,49 %. A amostra PL apresentou 3,51 % de cinzas, valor similar aos encontrados por Diniz (2016) que obteve para todos os experimentos um teor de cinzas entre 3,93 e 3,11 %. Batista et al., (2015) obtiveram maior percentual de cinzas para o fruto do juazeiro, equivalente a 5,31 %, assim como Cavalcanti et al. (2011) que obtiveram teor de cinzas equivalente a 4,32 %. A recuperação em cinzas pode ser observado na Tabela 5.8a.

Tabela 5.8a – Recuperação total das cinzas no leito de jorro e nas frações coletadas e retidas

Temperatura (°C)	Recuperação total das cinzas no leito de jorro (%)	Amostra	Recuperação das cinzas na fração coletada e retida no leito de jorro (%)
50	84,71 ± 4,09 ^a	J50C	57,53 ± 4,20 ^a
		J50R	27,17 ± 1,08 ^c
70	81,93 ± 5,65 ^a	J70C	51,81 ± 2,20 ^{ab}
		J70R	30,12 ± 3,51 ^c
90	71,58 ± 2,65 ^a	J90C	43,86 ± 1,40 ^b
		J90R	27,71 ± 2,10 ^c

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Como observado na Tabela 5.8a, considerando a recuperação total no leito de jorro, não houve diferença significativa na recuperação em cinzas nas temperaturas avaliadas, confirmando assim que não houve degradação no parâmetro avaliado em função da temperatura

de secagem. Contudo, é possível notar que as amostras coletadas apresentaram melhores resultados, o que ocorreu devido seu maior rendimento em massa. Segundo Fennema Damodaran e Parkin (2010), os elementos minerais, ao contrário das vitaminas e aminoácidos, não podem ser destruídos por exposição ao calor, luz, agentes oxidantes, pHs extremos ou outros fatores que afetam nutrientes orgânicos. Em sua essência, os sais minerais são indestrutíveis. No entanto, os minerais podem ser removidos dos alimentos por lixiviação ou separação física. Além disso, sua biodisponibilidade pode ser alterada pelos fatores já mencionados.

Na Tabela 5.8 foi observado que o maior teor de lipídios foi obtido para a amostra PL com 1,17%, provavelmente pelo fato de ser a forma mais integral, como já foi mencionado. Em seguida encontra-se a amostra de J70C com teor de lipídeos equivalente a 0,66 %. O valor de lipídios da amostra PBL (0,52 %) é estatisticamente igual ao valor da amostra J50C (0,55 %) e da amostra J70R (0,48 %). Os menores teores de lipídeos foram encontrados nas amostras obtidas na secagem a 90 °C, sendo J90C com 0,27 % e J90R com 0,25 %, onde não houve diferença significativa entre elas. Geralmente, temperaturas elevadas promovem aceleração das reações químicas que levam a hidrólise, oxidação e polimerização das moléculas de lipídeos, sendo estas as principais causas de sua deterioração (SANIBAL; MANCINI FILHO, 2002).

Dentre as amostras secas em leite de jorro o teor de lipídios variou entre 0,69 e 0,22 %, já para a polpa liofilizada o valor foi equivalente a $1,17 \pm 0,05$ %. Diniz (2016) obteve um teor de lipídios entre 0,94 e 0,38 %. Cavalcanti et al. (2011) obtiveram teor de lipídeos de 1,13 %. Os valores obtidos no presente estudo são semelhantes aos encontrados pelos autores citados para o fruto de juá desidratado, corroborando com Fennema, Damodaran e Parkin (2010), que afirmam que o aumento da temperatura no processamento costuma aumentar a velocidade de degradação dos lipídeos.

Na Tabela 5.8b são mostrados a recuperação média em lipídeos nas três temperaturas de operação.

Tabela 5.8b – Recuperação total dos lipídeos no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas

Temperatura (°C)	Recuperação total dos lipídeos no leite de jorro (%)	Amostra	Recuperação dos lipídeos na fração coletada e retida no leite de jorro (%)
50	79,17 ± 2,75 ^a	J50C	56,60 ± 1,14 ^a
		J50R	22,57 ± 1,69 ^{bc}
70	85,20 ± 1,98 ^a	J70C	60,17 ± 1,02 ^a
		J70R	25,03 ± 1,27 ^b
90	33,84 ± 0,20 ^b	J90C	21,22 ± 0,74 ^c
		J90R	12,61 ± 0,48 ^d

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Como observado na Tabela 5.8b os melhores valores para a recuperação total em lipídeos foram obtidos para as temperaturas de 50 e 70 °C, sendo que as mesmas não apresentaram diferenças significativas entre si. Considerando as amostras individualmente, foi observado que as amostras coletadas (J50C, J70C, J90C) apresentaram mais da metade da eficiência de recuperação de lipídeos do que as amostras retidas (J50R, J70R, J90R) nas respectivas temperaturas de operação, devido ao maior rendimento mássico no ponto de coleta do ciclone.

Quanto ao teor de proteínas (Tabela 5.8), não houve diferença significativa entre as amostras avaliadas. De um modo geral, as amostras secas em leite de jorro apresentaram teor de proteínas entre 6,27 a 5,56%, já a polpa liofilizada apresentou teor de proteínas entre 5,81 a 5,81%.

Para o fruto do juá seco: Diniz (2016) obteve teor de proteínas variando de 7,08 a 5,68%; Batista et al. (2015) obtiveram uma porção proteica de 5,93%; Cavalcanti et al. (2011) obtiveram proteína bruta de 5,57%. Assim, foi observado que os valores obtidos no presente estudo são semelhantes aos encontrados na literatura citada para o juá desidratado.

Na Tabela 5.8c é mostrado a recuperação em proteínas para o processo de secagem em leite de jorro nas temperaturas avaliadas.

Tabela 5.8c – Recuperação total das proteínas no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas

Temperatura (°C)	Recuperação total das proteínas no leite de jorro (%)	Amostra	Recuperação das proteínas na fração coletada e retida no leite de jorro (%)
50	82,51 ± 2,68 ^a	J50C	55,03 ± 0,83 ^a
		J50R	27,47 ± 1,96 ^d
70	75,77 ± 2,03 ^b	J70C	44,80 ± 1,29 ^b
		J70R	30,97 ± 1,78 ^d
90	65,73 ± 1,43 ^c	J90C	39,07 ± 0,71 ^c
		J90R	26,66 ± 0,72 ^d

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Para a recuperação total das proteínas no leite de jorro, foi observado que a maior recuperação foi obtida para a temperatura de 50 °C, seguido por 70 °C, e a menor recuperação foi obtido para a temperatura de 90 °C. Considerando as frações dos pós coletados e retidos foi observado que as amostras coletadas apresentaram os melhores resultados, sendo que os valores da amostra J50C foi superior aos da amostra J70C, que por sua vez foi superior a amostra J90C. As amostras retidas apresentaram menores valores e não diferiram entre si quanto a recuperação em proteínas.

Ainda de acordo com a Tabela 5.8, considerando os teores de carboidratos, foi observado que os maiores teores foram obtidos para amostras PBL com 85,71 ± 0,74 % e J90R com 84,67 ± 0,41 %, sendo que esta não diferiu da J90C que apresentou 84,50 ± 0,44 %. Os valores das amostras J70C (83,22 ± 0,50 %), J70R (83,15 ± 0,52 %), J50R (82,76 ± 0,66 %) e PL (82,15 ± 0,37 %) não apresentaram diferença significativa entre si, assim como os valores das amostras J50R e PL não diferiram de J50C com 81,76 ± 0,74 %. As amostras secas em leite de jorro, de um modo geral, apresentaram teor de carboidratos variando entre 85,08 e 81,46 %.

Diniz (2016) obteve teores de carboidratos de 76,28 a 63,45 %. Cavalcanti et al. (2011) obtiveram carboidratos totais equivalente a 80,45 %. Silva et al. (2012) obtiveram valores de carboidratos variando de 77,33 a 79,64 %. Os resultados obtidos no presente estudo foram superiores aos demais, contudo, muito próximos aos valores encontrados por Cavalcanti et al. (2011).

Na Tabela 5.8d é mostrado a recuperação média em carboidratos para as três temperaturas avaliadas.

Tabela 5.8d – Recuperação total dos carboidratos no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas

Temperatura (°C)	Recuperação total dos carboidratos no leite de jorro (%)	Amostra	Recuperação dos carboidratos na fração coletada e retida no leite de jorro (%)
50	77,67 ± 2,58 ^a	J50C	51,50 ± 0,77 ^a
		J50R	26,16 ± 1,85 ^d
70	73,24 ± 1,04 ^a	J70C	46,60 ± 0,45 ^b
		J70R	26,64 ± 0,88 ^d
90	67,26 ± 0,55 ^b	J90C	40,81 ± 0,20 ^c
		J90R	26,45 ± 0,71 ^d

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Os maiores valores de recuperação de carboidratos foram obtidos para as temperaturas de 50 °C e 70 °C, sem diferença estatística significativa entre elas; quanto ao ponto de coleta, as amostras coletadas apresentaram novamente maior valor de recuperação para a temperatura de 50 °C, intermediário para 70 °C e menor para 90 °C, sendo que as amostras retidas no leite de partículas não apresentaram diferença significativa entre si. Tais resultados são influenciados pela eficiência de coleta da polpa em pó para cada temperatura e fração coletada por local.

Na Tabela 5.9 são mostrados os valores energéticos para as amostras avaliadas e a recuperação média do processo de secagem em leite de jorro as três temperaturas estudadas para o valor calórico.

Tabela 5.9 – Valores energéticos para as amostras de polpa de juá em pó avaliadas e a recuperação média do processo de secagem em leito de jorro as três temperaturas estudadas para o valor calórico.

Amostras	Valor calórico (Kcal/100g)	Temperatura (°C)	Recuperação total do valor calórico no leito de jorro (%)	Recuperação do valor calórico na fração coletada e retida no leito de jorro (%)
J50C	355,95 ± 1,57 ^d	50	78,13 ± 2,59 ^a	51,87 ± 0,77 ^a
J50R	358,85 ± 2,21 ^{cd}			26,25 ± 1,85 ^d
J70C	360,77 ± 1,69 ^{bc}	70	79,68 ± 1,11 ^a	46,73 ± 0,48 ^b
J70R	363,39 ± 1,52 ^b			26,94 ± 0,94 ^d
J90C	362,63 ± 1,37 ^{bc}	90	66,86 ± 0,58 ^b	40,52 ± 0,15 ^c
J90R	364,35 ± 1,63 ^b			26,34 ± 0,70 ^d
PBL	370,35 ± 3,04 ^a	Nap	Nap	Nap
PL	362,42 ± 0,88 ^{bc}			Nap

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

PL- Polpa Liofilizada

PBL- Pasta Base Liofilizada/ Nap – não se aplica

Dentre as amostras avaliadas a que apresentou maior valor energético foi a PBL com 370,35 ± 3,04 Kcal/100g devido ao seu maior teor de lipídeos e carboidratos na composição centesimal. As amostras J70C, J70R, J90C, J90R e PL não apresentaram diferenças significativas entre si, assim como J90C, J90R e PL não diferiram da J50R, sendo que esta foi estatisticamente similar a J50C. Dentre as amostras secas em leito de jorro, o valor energético total variou entre 365,98 e 354,38 Kcal/100g. Diniz (2016), na secagem do fruto de juá em leito fixo 70 °C, obteve uma farinha com valor energético total de 340,13 Kcal/100 g, estando este valor bem próximo aos do presente estudo.

A recuperação em valor calórico foi diretamente proporcional ao rendimento mássico, onde as temperaturas de 50 °C e 70 °C apresentaram os melhores valores e não diferiram entre si e a temperatura de 90 °C mostrou-se com menor valor. Como os rendimentos mássicos são muito melhores nas amostras coletadas, seria preciso praticamente o dobro de bateladas para obter a mesma quantidade de calorias nas amostras retidas. Sendo que o melhor valor foi obtido para J50C, seguido da J70C e J90C e os menores valores em recuperação calórica formam obtidos nas amostras retidas para todas as temperaturas, sendo que não houve diferença significativa entre estes.

Na Tabela 5.10 são mostrados os resultados das análises físico-químicas das amostras avaliadas.

Tabela 5.10 – Caracterização físico-química da polpa de juá em pó

Amostras	Acidez (g /100g de ácido cítrico)	Açúcares Redutores (% em glicose)	Sólidos Solúveis Totais (°brix)	pH	Rácio
J50C	1,19 ± 0,02 ^b	12,63 ± 0,26 ^d	33,78 ± 0,74 ^e	5,38 ± 0,11 ^a	28,32 ± 0,95 ^e
J50R	1,00 ± 0,04 ^c	13,67 ± 0,22 ^c	28,22 ± 0,79 ^f	5,19 ± 0,04 ^{bc}	28,22 ± 1,15 ^e
J70C	1,20 ± 0,03 ^b	12,68 ± 0,20 ^d	38,00 ± 0,89 ^{bc}	5,22 ± 0,04 ^{bc}	31,70 ± 1,49 ^d
J70R	0,99 ± 0,05 ^c	13,72 ± 0,18 ^c	35,56 ± 0,69 ^d	5,14 ± 0,05 ^{bcd}	35,95 ± 1,92 ^{bc}
J90C	1,07 ± 0,05 ^c	10,71 ± 0,40 ^e	36,67 ± 0,89 ^{cd}	5,12 ± 0,03 ^{cd}	34,36 ± 1,35 ^{cd}
J90R	0,99 ± 0,04 ^c	13,75 ± 0,10 ^c	37,78 ± 0,79 ^{bc}	5,26 ± 0,09 ^{ab}	38,39 ± 1,40 ^b
PBL	1,23 ± 0,04 ^b	16,31 ± 0,32 ^b	38,44 ± 0,69 ^b	5,02 ± 0,05 ^d	31,34 ± 1,10 ^{de}
PL	1,80 ± 0,12 ^a	29,72 ± 0,70 ^a	78,89 ± 0,99 ^a	5,18 ± 0,07 ^{bc}	44,15 ± 1,22 ^a

Letras minúsculas sobscritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

PL- Polpa Liofilizada

PBL- Pasta Base Liofilizada

O maior teor de acidez foi encontrado na amostra PL com $1,80 \pm 0,12$ g/100g de ácido cítrico, os valores médios das amostras J50C, J70R e PBL vem logo em seguida, com 1,19, 1,20 e 1,23 g/100g respectivamente e os menores valores médios para acidez foram encontrados nas amostras J50R (1,00 g/100g), J70R (0,99 g/100g), J90C (1,07 g/100g) e J90R (0,99 g/100g), sendo estas, estatisticamente iguais. Os menores valores médios para acidez foram obtidos nas amostras retidas no leito de partículas (J50R, J70R e J90R) e na amostra coletada submetida a maior temperatura de secagem (J90C), logo, a degradação dos ácidos orgânicos pode ter sido acelerada pela alta temperatura, no caso do material coletado no ciclone na secagem a 90 °C, ou pelo maior tempo de exposição do material ao ar quente em todas as temperaturas, como é o caso do pó retido no leito de partículas. De um modo geral, as amostras secas em leito de jorro apresentaram valores médios de acidez variando entre 1,20 a 0,99 (g/100g de ácido cítrico). Batista et al. (2015) obtiveram 6,00 (g/100g de ácido cítrico) para acidez e Cavalcanti et al. (2011) obtiveram uma acidez total titulável de 2,76 (g/100g de ácido cítrico). Os valores

obtidos no presente estudo foram menores do que os encontrados na literatura para o juá desidratado.

Na Tabela 5.10a são mostrados a recuperação total da acidez no leite de jorro e nas frações coletada e retida obtidas nas temperaturas avaliadas.

Tabela 5.10a – Recuperação total da acidez no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas

Temperatura (°C)	Recuperação total da acidez no leite de jorro (%)	Amostra	Recuperação da acidez na massa coletada e retida no leite de jorro (%)
50	74,93 ± 2,28 ^a	J50C	51,87 ± 0,77 ^a
		J50R	26,25 ± 1,85 ^d
70	69,27 ± 0,65 ^b	J70C	46,73 ± 0,48 ^b
		J70R	26,94 ± 0,94 ^d
90	57,75 ± 0,86 ^c	J90C	40,52 ± 0,15 ^c
		J90R	26,34 ± 0,70 ^d

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Para a recuperação total da acidez no leite de jorro e nas amostras coletadas no ciclone do leite (J50C, J70C e J90C) foi observado que à medida que a temperatura aumenta a recuperação diminui, indicando que a temperatura influencia diretamente na degradação dos ácidos orgânicos presentes na polpa de juá, assim como o maior tempo de permanência de exposição, atuando de forma negativa como observado nas amostras retidas no leite (J50R, J70R e J90R).

Pela Tabela 5.10, quanto ao teor de açúcares redutores, a amostra PL com valor médio de 29,72 g/100g, novamente apresentou o maior valor, seguido da PBL apresentando valor médio de 16,31 g/100g, ou seja, a secagem por liofilização conservou melhor os açúcares redutores. As amostras J50R, J70R e J90R têm valores médios de 13,67, 13,72, e 13,75 g/100g respectivamente, sendo estatisticamente iguais, seguidos dos valores médios da amostras J50C (12,63 g/100g) e J70C (12,68 g/100g) que não diferiram entre si e por fim do valor médio da amostra J90C (10,71 g/100g). Considerando as amostras secas em leite de jorro, os valores médios do teor de açúcares redutores variam entre 13,75 a 10,71 (g/100 g). Batista et al. (2015) obtiveram teor de açúcares redutores igual a 34,19 (g/100 g), valor superior aos obtidos para todas as amostras avaliadas no presente estudo.

Na Tabela 5.10c são mostrados os valores da recuperação total de açúcares redutores no leite de jorro e nas frações coletada e retida.

Tabela 5.10c – Recuperação total de açúcares redutores no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas

Temperatura (°C)	Recuperação total dos açúcares redutores no leite de jorro (%)	Amostra	Recuperação dos açúcares redutores nas frações coletada e retida (%)
50	64,47 ± 1,39 ^a	J50C	41,79 ± 0,40 ^a
		J50R	22,67 ± 1,17 ^d
70	60,43 ± 1,26 ^b	J70C	37,32 ± 0,88 ^b
		J70R	23,11 ± 0,69 ^d
90	49,78 ± 0,50 ^c	J90C	27,19 ± 1,14 ^c
		J90R	22,58 ± 0,67 ^d

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

O maior valor médio da recuperação total dos açúcares redutores foi encontrado para a temperatura de 50 °C, apesar de ter valor similar para a amostra obtida a 70 °C. O menor valor foi obtido para a temperatura de 90 °C. Considerando as amostras coletadas e retidas, novamente as amostras coletadas apresentaram os maiores valores médios de recuperação para os açúcares redutores totais para a menor temperatura aplicada; as amostras retidas não apresentaram diferença significativa entre si.

Como observado na Tabela 5.10, a amostra PL apresentou maior valor médio de teor de sólidos solúveis com 78,89 °Brix, seguida das amostras PBL (38,44 °Brix) que foi estatisticamente similar as amostras J70C (38,00 °Brix) e J90R (37,78 °Brix), sendo que estas não diferiram estatisticamente da J70R com 35,56 °Brix. Os menores valores para sólidos solúveis totais foram observados para as amostras J50C (33,78 °Brix) e J50R (28,22 °Brix). As amostras secas em leite de jorro obtiveram valores médios variando entre 38,00 e 28,22 °Brix. Batista et al. (2015) obtiveram 86 °Brix e Cavalcanti et al. (2011) obtiveram teor de sólidos solúveis totais de 53,1 °Brix, ambos com teor de sólidos solúveis superior aos obtidos no presente estudo.

Conforme observado na Tabela 5.10, os maiores valores médios de pH foram obtidos para as amostras J50C com 5,38, que não diferiu estatisticamente da J90R com pH de 5,26, sendo que esta se apresentou estatisticamente similar às amostras J50R (5,19), J70C (5,22),

J70R (5,14), e PL (5,18). As amostras J70R e J90C também não diferiram estatisticamente da PBL, com pH de 5,02. De um modo geral, para as amostras secas em leite de jorro o valor médio do pH variou entre 5,38 e 5,12. De um modo geral todas as amostras do presente estudo são classificadas como alimentos ligeiramente ácidos (pH 5,0 a 6,5) segundo Ordones (2005).

Pela literatura consultada para o juá desidratado (Diniz,2016; Cavalcanti et al., 2011), as amostras avaliadas no presente estudo apresentaram pH dentro da faixa de variação encontrada. Vale ressaltar que as condições de cultivo, armazenamento, processamento e conservação de alimentos influencia diretamente neste parâmetro.

Ainda de acordo com a Tabela 5.10, foi observado que a amostra PBL apresentou maior valor médio de ratio, com 44,15, indicando assim que amostra apresenta sabor mais agradável frente às demais. Esse valor médio foi seguido pelo da amostra J90R com 38,39 que não diferiu significativamente da J90R com 35,95, sendo esta estatisticamente similar a J90C (34,36). A amostra J90C não apresentou diferença significativa com as amostras J70R (35,95) e PBL (31,34). A amostra PBL foi estatisticamente similar a J50C e J50R com ratio de 28,32 e 28,22 respectivamente, onde apresentaram os menores valores dentre as amostras avaliadas. Considerando as amostras secas em leite de jorro o valor médio do r atio variou entre 38,39 e 28,22. Batista et al. (2015) obtiveram valor médio do ratio igual a 14,5, valor inferior a todos os obtidos na pesquisa em questão.

Na Tabela 5.10d são mostrados a recupera o total e para as fra o es coletadas e retidas para o ratio nas três temperaturas avaliadas.

Tabela 5.10d – Recupera o total e para as fra o es coletadas e retidas para o ratio nas três temperaturas avaliadas.

Temperatura (�C)	Recupera�o total do ratio no leite de jorro (%)	Amostra	Recupera�o do ratio na massa coleta e retida no leite de jorro (%)
50	68,09 ± 1,85 ^b	J50C	45,12 ± 0,52 ^a
		J50R	22,97 ± 1,69 ^c
		J70C	46,02 ± 1,68 ^a
70	76,47 ± 3,10 ^a	J70R	30,45 ± 2,54 ^b
		J90C	43,88 ± 0,61 ^a
90	75,91 ± 1,57 ^a	J90R	32,02 ± 1,68 ^b

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Os valores médios do ratio apresentaram resultados contrários às demais avaliações de recuperação, visto que à medida que nas menores temperaturas se obteve maiores valores de recuperação para acidez devido a influência direta da temperatura na degradação dos ácidos orgânicos presentes na polpa de juá, houve redução no valor médio do ratio, que depende de tal índice, assim, quanto maior a acidez menor o ratio, o que implica em menor índice de palatabilidade. Como observado na Tabela 5.10d, a temperatura de 90 °C mostrou-se com maior recuperação para tal parâmetro, sendo que as demais não apresentaram diferença significativa entre si. Quanto às amostras J50C, J70C e J90C apresentaram melhores resultados e são estatisticamente semelhantes, seguidas das amostras J70R e J90R que também não apresentaram diferenças significativas entre si e por fim, com o menor resultado, a amostra J50R.

5.2.7 Caracterização química de compostos bioativos

Na Tabela 5.11 é mostrada a caracterização química para compostos bioativos no fruto de juá nas diversas condições estudadas.

Tabela 5.11 – Caracterização química para compostos bioativos da polpa de juá em pó

Amostras	Compostos fenólicos totais (mgGAE/100g)	Atividade antioxidante ABTS+ ($\mu\text{mol trolox/g}$)	Atividade antioxidante DPPH EC50 (g/g de DPPH)
J50C	3321,33 \pm 0,02 ^b	122,12 \pm 0,54 ^b	165,72 \pm 0,06 ^{cd}
J50R	3473,39 \pm 0,03 ^c	114,60 \pm 0,80 ^{bc}	375,57 \pm 0,28 ^{bc}
J70C	2304,41 \pm 0,01 ^c	89,54 \pm 0,24 ^d	478,35 \pm 0,04 ^b
J70R	1798,48 \pm 0,02 ^d	58,36 \pm 1,21 ^e	551,04 \pm 0,14 ^b
J90C	1590,04 \pm 0,02 ^d	61,21 \pm 0,34 ^e	531,98 \pm 0,11 ^b
J90R	560,98 \pm 0,01 ^e	44,73 \pm 1,20 ^e	939,79 \pm 1,37 ^a
PBL	3359,79 \pm 0,04 ^b	100,05 \pm 0,26 ^{cd}	117,56 \pm 0,12 ^d
PL	4412,12 \pm 0,02 ^a	149,06 \pm 0,24 ^a	93,16 \pm 0,03 ^d

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

PL- Polpa Liofilizada

PBL- Pasta Base Liofilizada

Os compostos fenólicos diminuiram à medida que a temperatura de operação aumentava. As amostras liofilizadas e o material coletado na menor temperatura de operação apresentaram os maiores valores médios. A amostra PL apresentou o maior valor médio de 4415,12 mgGAE/100g, seguida da PBL e J50C com 3359,79 e 3321,33 mgGAE/100g respectivamente que não apresentaram diferenças significativas entre si. Os valores médios das amostras J50R (3473,39 mgGAE/100g) e J70C (2304,41 mgGAE/100g), assim como J70R (1798,48 mgGAE/100g) e J90C (1590,04 mgGAE/100g) também não diferiram entre si, o menor valor médio foi encontrado na amostra J90R com 560,98 mgGAE/100g.

Vasco; Ruales; Kamal-Eldin (2008) apresentaram uma possível classificação segundo o teor fenólico de cada fruta. Após estudarem 17 tipos de frutas, encontraram valores que variaram de 26 a 2100 mgGAE/100 g, classificando-as como sendo de alta concentração fenólica (>1000 mgGAE/100 g), intermediária (200 a 500 mgGAE/100 g) e baixa concentração (<100 mgGAE/100 g). Com base em tais parâmetros todas as amostras encontram-se entre alta concentração, com valores acima de 1000 mgGAE/100g, com exceção da J90R que apresenta valor pouco acima de intermediária.

Almeida et al. (2020), obtiveram teor compostos fenólicos totais de $129,79a \pm 7,13$ para a polpa de juá pasteurizada. Silva et al., (2012), avaliando a qualidade de produtos em pó obtidos pela secagem em leito de jorro de misturas de frutas tropicais a 70 e 80°C, observaram que os valores de compostos fenólicos totais variaram de 365,74 a 713,51 mg GAE/100g de amostra. Silva (2014) obteve um valor para açaí e banana verde desidratados em leito de jorro a 80°C de 758,14 mg GAE/100 g. Os valores médios obtidos para a polpa de juá em pó variaram entre 3321,33 e 560,98 mg GAE/100g.

Na Tabela 5.11a são mostrados a recuperação de compostos fenólicos totais no leito de jorro e nas frações coletadas e retidas para as temperaturas aplicadas no presente estudo.

Tabela 5.11a – Recuperação de compostos fenólicos totais no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas

Temperatura (°C)	Recuperação em Compostos fenólicos totais (%)	Amostra	Recuperação em Compostos fenólicos totais nas frações coletada e retida (%)
50	70,70 ± 1,96 ^a	J50C	51,33 ± 1,06 ^a
		J50R	19,37 ± 1,45 ^c
		J70C	32,04 ± 0,25 ^b
70	46,48 ± 0,82 ^b	J70R	14,44 ± 0,62 ^d
		J90C	19,26 ± 0,55 ^c
90	23,68 ± 0,51 ^c	J90R	4,42 ± 0,27 ^e

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Pela Tabela 11a foi observado que houve uma redução considerável na recuperação em compostos fenólicos totais levando em conta a temperatura de operação, sendo que o valor médio de recuperação a 50 °C é quase três vezes maior que a valores médios a 90 °C. Logo, quanto menor a temperatura, maior a recuperação em compostos fenólicos, o que pode ser observado também considerando as amostras coletadas J50C, J70C e J90C; as amostras retidas (J50R, J70R e J90R) também apresentaram a mesma tendência.

Pela Tabela 11, quanto a capacidade de captura do radical livre ABTS•+, a amostra PL apresentou o maior valor médio de 149,06 µmol de Trolox/g, seguida das amostras J50C (122,12 µmol de Trolox/g) e J50R (114,60 µmol de Trolox/g), que não apresentaram diferenças significativas entre si, assim como a amostra J50R com valor médio de 114,60 da amostra PBL com 100,05 µmol de Trolox/g, e esta da amostra J70C com valor médio de 89,54 µmol de Trolox/g. Os menores valores médios para atividade antioxidante por ABTS foram das amostras J70R, J90C e J90R com 58,36, 61,21 e 44,73 µmol de Trolox/g respectivamente. Segundo Fennema; Damodaran; Parkin, (2010), os efeitos do processamento sobre as alterações químicas em frutas variam muito com a natureza do processo e a composição do tecido vegetal, mesmo dentro da mesma espécie podem ocorrer diferenças substanciais entre cultivos distintos e para um mesmo cultivo que cresceu ou foi armazenado sob condições diversas.

Almeida et al. (2020) encontraram 10,83 µmol de Trolox/g para a polpa de juá pasteurizada. Batista et al. (2018), avaliando os compostos bioativos e atividade antioxidante em frutas tropicais cultivadas no Vale do São Francisco, obtiveram para a manga valores entre 36,04 e 16,51 µmol de Trolox/g para cultivares de manga, 1345,21 a 850,26 µmol de Trolox/g

para cultivares de acerola, para a cultivares de goiaba os valores oscilaram entre 149,97 e 108,05 μmol de Trolox/g, já para a maçã obteve 149,55 μmol de Trolox/g e para a fruta do conde 237,81 μmol de Trolox/g. Os valores obtidos para a polpa de juá obtida por secagem em leito de jorro apresentaram valores superiores ao obtido por Almeida et al. (2020) para a polpa de juá pasteurizada, comparando ao estudo de Batista et al. (2018), os valores da presente pesquisa apresentaram-se próximos aos da maçã e das variedades de goiaba avaliados.

Na Tabela 5.11b são mostrados a recuperação da atividade antioxidante por ABTS no leito de jorro e nas frações coletadas e retidas para as temperaturas aplicadas no presente estudo.

Tabela 5.11b – Recuperação total da atividade antioxidante por ABTS+ no leito de jorro e nas frações coletadas e retidas para as temperaturas aplicadas

Temperatura (°C)	Recuperação total da Atividade antioxidante por ABTS+ no leito de jorro (%)	Amostra	Recuperação da Atividade antioxidante por ABTS+ na massa coletada e retida no leito de jorro (%)
50	93,39 \pm 0,79 ^a	J50C	63,33 \pm 3,63 ^a
		J50R	30,60 \pm 2,97 ^c
70	57,49 \pm 1,57 ^b	J70C	41,80 \pm 0,53 ^b
		J70R	15,69 \pm 1,52 ^d
90	36,76 \pm 1,05 ^c	J90C	24,90 \pm 0,55 ^c
		J90R	11,86 \pm 1,55 ^d

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Como pode ser observado, quanto menor a temperatura maiores os valores da recuperação em atividade antioxidante por ABTS, o mesmo foi observado nas amostras coletadas nas respectivas temperaturas; quanto às amostras retidas no leito, a amostra J50R apresentou valor estatisticamente similar ao da amostra J90C, sendo o maior valor entre as amostras retidas, as demais (J70R e J90R) apresentaram os menores resultados e não diferiram entre si a 5% de significância.

Ainda conforme a Tabela 5.11, foi observado que os melhores valores médios para a atividade antioxidante por DPPH foram obtidos pelas amostras PL, PBL e J50C com 93,16, 117,56 e 165,72 g/g de DPPH, sendo que estas não apresentaram diferença significativa entre si. O valor médio da amostra J50C também não diferiu da J50R, com 375,57 g/g de DPPH, sendo que esta foi estatisticamente similar aos valores médios das amostras J70C (478,35 g/g

de DPPH), J70R (551,04 g/g de DPPH) e J90C (531,98 g/g de DPPH). O pior resultado foi obtido novamente pela amostra J90R com valor médio de 939,79 g/g de DPPH. Vale ressaltar que a avaliação da capacidade antioxidante foi expressa através da concentração inibitória EC50 expressa em g/g de DPPH, onde os valores expressos em EC50 representam a concentração de extrato capaz de reagir com 50% do radical presente na solução de DPPH. Dessa forma, quanto menor o valor em g/g de DPPH maior será a capacidade de sequestro e consequentemente a capacidade antioxidante.

Almeida et al. (2020) para a polpa de juá pasteurizada obtiveram 27,94 (g/g de DPPH), estando a capacidade antioxidante muito acima do que o observado no presente estudo. Apesar da capacidade de captura do radical livre DPPH do presente estudo serem menores que o estudo citado para mesmo fruto, a polpa de juá em pó ainda apresentou maior capacidade de captura do radical livre DPPH quando comparada com a acerola (670 g/g de DPPH), araçá (721,85 g/g de DPPH), cagaita (337,88 g/g de DPPH), mangaba (3385 g/g de DPPH), jabuticaba (1472 g/g de DPPH) e cajá (9397 g/g de DPPH) (Schiassi et al. 2018).

Na Tabela 5.11c são mostrados a recuperação da atividade antioxidante por DPPH no leite de jorro e nas frações coletadas e retidas para as temperaturas aplicadas no presente estudo.

Tabela 5.11c – Recuperação total da atividade antioxidante por DPPH no leite de jorro e nas frações coletadas e retida

Temperatura (°C)	Recuperação da atividade antioxidante por DPPH no leite de jorro (%)	Amostra	Recuperação da atividade antioxidante por DPPH nas frações coletada e retida (%)
50	66,36 ± 1,89 ^a	J50C	47,97 ± 0,45 ^a
		J50R	18,38 ± 1,48 ^c
70	42,77 ± 1,50 ^b	J70C	28,78 ± 1,62 ^b
		J70R	13,99 ± 0,40 ^c
90	32,31 ± 4,00 ^c	J90C	24,33 ± 0,95 ^b
		J90R	7,98 ± 3,05 ^d

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Novamente o valor da recuperação foi inversamente proporcional à temperatura aplicada no processo. Considerando as amostras, o maior valor médio para a recuperação foi observado para a J50C, seguida pela J70C e J90C. Considerando as amostras retidas a J50R e

J70R não apresentaram diferença significativa entre si e o menor valor médio de recuperação foi para a amostra J90R.

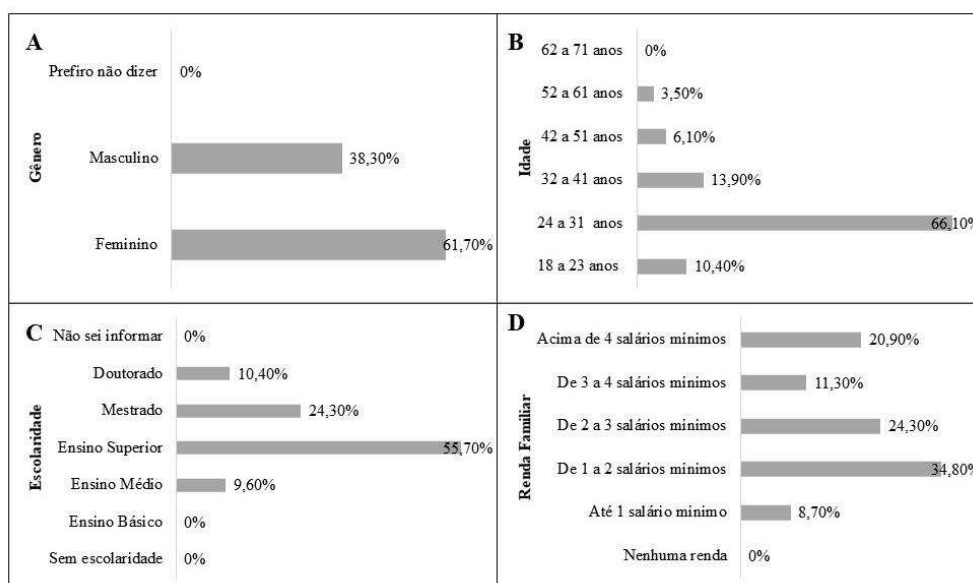
Os compostos bioativos são termossensíveis, estão sujeitos a uma maior degradação quando submetidos a altas temperaturas por tempo prolongado; assim, o menor teor para todas as análises foi da polpa de juá em pó obtido sob a temperatura de 90 °C, e por sua degradação estar associada ao binômio tempo/temperatura, as amostras que ficavam retidas no leito de partículas (J50R, J70R e J90R), apresentaram valores e recuperação ainda menores, visto que só eram retiradas após 230 minutos de operação do sistema.

5.3 TERCEIRA ETAPA – ELABORAÇÃO DE BARRAS DE CEREAIS ENRIQUECIDAS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE POLPA DE JUÁ EM PÓ

5.3.1 Perfil de consumo para barras de cereais enriquecida com polpa de juá em pó

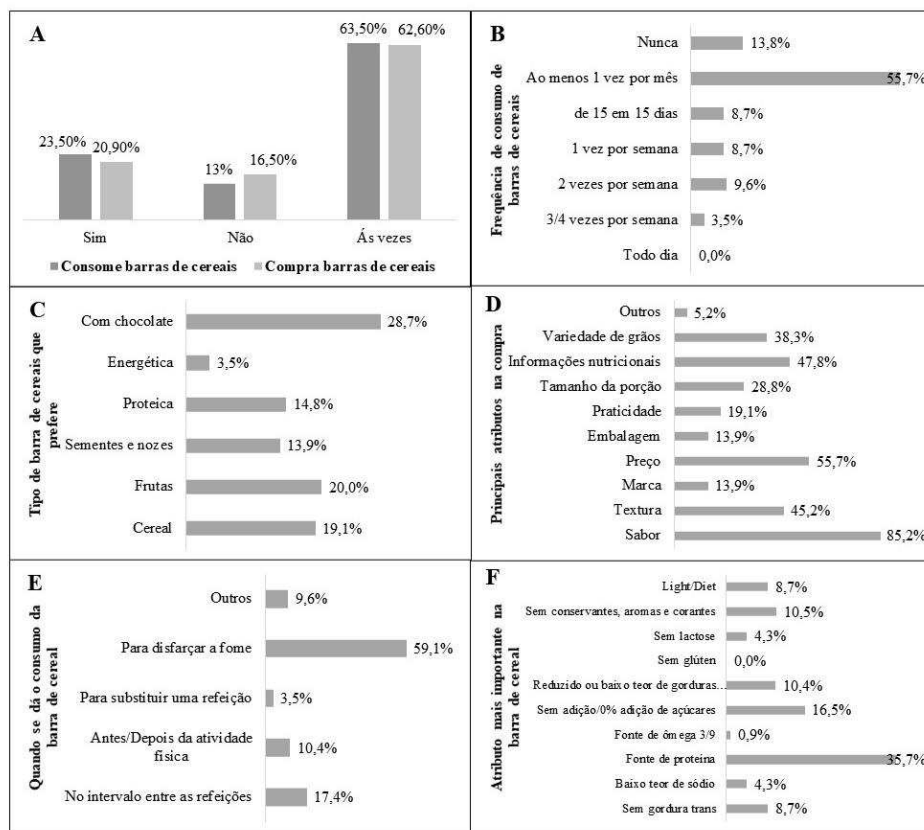
Nas Figuras de 5.14 a 5.16, encontram-se o perfil sociodemográfico dos consumidores, a frequência do consumo de barras de cereais e o conhecimento prévio sobre o juá, suas possíveis utilizações, benefícios e intenção de compra de barras de cereais adicionadas de polpa de juá em pó.

Figura 5.14- Perfil sociodemográfico dos consumidores



Os dados dos voluntários indicam a predominância do sexo feminino (61,70%), idade entre 24 e 31 anos (66,10 %), ensino superior (55,70%) e com renda familiar mensal de 1 a 2 salários mínimos (34,80%) conforme observado na Figura 5.14.

Figura 5.15 - Frequência do consumo de barras de cereais pelos consumidores

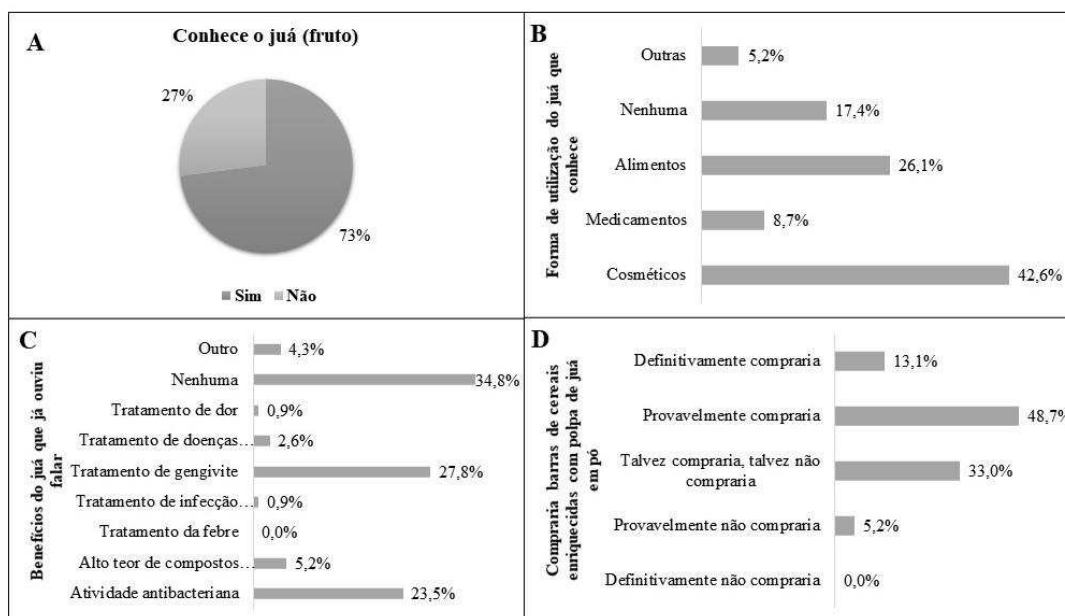


A maioria dos voluntários afirmou consumir e comprar barras de cereais às vezes (63,50 e 62,60% respectivamente, conforme observado na Figura 5.15 (A), sendo que a maior fração corresponde ao consumo ao menos 1 vez por mês (55,7%), 13,8% dos voluntários nunca consome e não houve respostas para o item “consumo todo dia” (0%) (Figura 5.15 (B)). O tipo de barra de cereal mais consumido pelos voluntários entrevistados foi barra de cereal que contenha chocolate com 28,7%, seguido pela opção barra de cereal de frutas com 20% (Figura 5.15 (C)) o que aponta uma boa percepção dos consumidores quanto ao benefício de frutas em diversas modalidades de alimentos, mais ainda que as proteínas que se encontra em 4º lugar no tipo de barra de cereal preferida dos voluntários entrevistados.

Dentre os principais atributos na compra de barras de cereais o sabor foi o que apresentou maior importância, com 85,2%, seguido do preço, apontado por 55,7% dos entrevistados como um dos itens mais importantes na decisão da compra de barras de cereais.

Foi permitido ao indivíduo marcar mais de uma opção de resposta na mesma questão; logo, os percentuais são meramente ilustrativos e representam o percentual em relação ao total de citações para cada resposta (Figura 5.15 (D)). Na Figura 5.15 (E) pode ser observado que 59,1% dos voluntários consome barras de cereais para disfarçar a fome e apesar de não ser o tipo mais consumido, a barra de cereais como fonte de proteínas foi apontado por 35,7% dos voluntários como mais importante em uma barra de cereal, seguido por não ter adição de açúcar e pelos itens “reduzido ou baixo teor de gorduras saturadas e sem conservantes, aromas artificiais e corantes, ambos com 10,4% conforme a Figura 5.15 (F).

Figura 5.16 – Conhecimento prévio sobre o juá, suas possíveis utilizações e benefícios e intenção de compra de barras de cereais adicionadas de polpa de juá em pó



Quanto ao conhecimento dos voluntários sobre o juá, 73% afirmaram conhecer o fruto (Figura 5.16 (A)), sendo que 42,6% na forma de cosméticos, seguido de 26,1% de alimentos (Figura 5.16 (B)), quanto aos benefícios 34,8% não conhece nenhum benefício, 27,8% já ouviu falar no juá sendo utilizado para tratamento de gengivite e 23,5% na sua atividade antibacteriana (Figura 5.16 (C)), tendo em vista o grande número de voluntários que não conhecem nenhum benefício do juá, o presente trabalho pode ajudar a difundir os benefícios e utilização de um fruto regional e tão rico em nutrientes. Quanto a possibilidade de compra baseada no consumo de barras de cereais e conhecimento prévio do fruto, 48,7% afirmou que provavelmente compraria barras de cereais adicionada de polpa de juá em pó, 33% afirmou que talvez compraria e 13,1% que definitivamente compraria, vale ressaltar que nenhum voluntário

afirmou que definitivamente não compraria (Figura 5.16 (D)), logo é possível notar que há um potencial consumo de barras de cereais adicionadas de juá.

5.3.2 Análise do perfil de textura das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó

Através da determinação do perfil de textura das amostras controle (F0) e das amostras enriquecidas com polpa de juá em pó (F1, F2, F3) foram obtidos os devidos parâmetros de dureza, coesividade, gomosidade, adesividade, elasticidade e mastigabilidade, cujos valores são mostrados na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Médias dos parâmetros de textura das formulações de barra de cereal adicionadas diferentes concentrações de polpa de juá em pó

Formulações Textura	F0	F1	F2	F3
Dureza (N)	208,94 ± 12,50 ^a	158,90 ± 11,02 ^b	104,33 ± 3,76 ^c	99,83 ± 7,68 ^c
Adesividade (N)	2,56 ± 1,08 ^b	8,06 ± 2,22 ^a	8,91 ± 3,26 ^a	9,33 ± 2,43 ^a
Coesividade (N)	0,13 ± 0,01 ^a	0,13 ± 0,01 ^{ab}	0,10 ± 0,02 ^{ab}	0,10 ± 0,01 ^b
Gomosidade (N)	26,76 ± 4,96 ^a	16,44 ± 1,66 ^b	13,30 ± 0,94 ^{bc}	10,67 ± 2,02 ^c
Elasticidade (N)	1,00 ± 0,00 ^a	1,00 ± 0,00 ^a	1,00 ± 0,00 ^a	1,00 ± 0,00 ^a
Mastigabilidade (N)	26,76 ± 4,97 ^a	16,44 ± 1,66 ^b	13,30 ± 0,94 ^{bc}	10,67 ± 2,02 ^c

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Pela Tabela 5.12 foi verificado que a formulação controle (F0) apresentou maior dureza (208,94 ± 12,50 N) e as barras de cereais adicionadas de polpa de juá em pó tiveram a dureza reduzida, sendo que F1 apresentou dureza estatisticamente superior a F2 e F3, que não apresentaram diferença estatística entre si quanto a este parâmetro. Esses valores são determinados a partir da força máxima alcançada durante a primeira penetração da sonda e estão relacionados com a força necessária para a primeira mordida. Este resultado indica que as barras de cereais adicionadas de polpa de juá em pó são mais fáceis de morder do que a formulação controle.

A força de retirada da sonda está relacionada à adesividade e coesão dentro das barras de cereais. Como pode ser observado na Tabela 5.12 a adesividade das formulações adicionadas

de polpa de juá é pelo menos 3,15 vezes maior que a da formulação controle (F0), sendo que as amostras adicionadas de polpa de juá em pó não apresentaram diferença estatística entre si quanto a adesividade. Logo, é notória a influência da polpa de juá em pó na adesividade das barras de cereais independente da sua concentração.

Os valores de coesividade são representativos da força das interações internas e pode estar relacionada ao grau em que a massa adere após três mastigações (BANACH et al., 2016). Pode ser definida também, segundo Szczesniak (2002), como a medida da extensão em que um material pode ser deformado antes de quebrar. A amostra F0 apresentou coesividade de 0,13 N estatisticamente similar às amostras F1 e F2 com 0,13 e 0,10 respectivamente, que foram também, similares a amostra F3 (0,10) quanto a coesividade.

Os valores de gomosidade são retirados do produto entre dureza com a coesividade e são definidos pela força necessária para desintegrar um amostra em um estado estacionário de deglutição (MARTINEZ et al., 2004). A amostra F0 apresentou gomosidade muito superior às amostras adicionadas de polpa de juá em pó, as amostras F1 e F2 não apresentaram diferença estatística entre si quanto a gomosidade, assim como as amostra F2 e F3.

Valores mais baixos de gomosidade sugerem que a inclusão de polpa de juá em pó reduziu o número de mastigações necessárias antes de engolir, o que pode ser comprovado com o parâmetro mastigabilidade que é a energia requerida para mastigar o alimento, pela gomosidade multiplicada pela elasticidade, e como a elasticidade que é a taxa na qual um material deformado volta à sua condição inicial após a força de deformação ser removida, ou seja, é a medida que a comida alcança entre o final do primeiro ciclo de compressão e o segundo ciclo de compressão (SZCZESNIAK, 2002). Esse parâmetro, não diferiu para nenhuma das amostra avaliadas, e foi equivalente a 1 N. A mastigabilidade apresenta resultados praticamente idênticos aos de gomosidade.

5.3.3 Análise do perfil de cor das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó

Na Tabela 5.13 são mostradas as médias dos parâmetros de luminosidade e das coordenadas cromáticas obtidas através da análise colorimétrica das barras de cereais e suas respectivas formulações.

Tabela 5.13 - Médias das propriedades colorimétricas das formulações de barra de cereal adicionadas diferentes concentrações de polpa de juá em pó

Formulações Propriedades	F0	F1	F2	F3
Luminosidade (L)	49,92 ± 5,59 ^a	39,46 ± 4,51 ^b	35,72 ± 3,17 ^{bc}	28,98 ± 5,38 ^c
Cromaticidade (a*)	3,46 ± 0,90 ^b	7,80 ± 1,41 ^a	8,20 ± 1,04 ^a	8,32 ± 1,43 ^a
Cromaticidade (b*)	37,90 ± 2,42 ^a	28,32 ± 2,81 ^b	24,04 ± 2,09 ^b	16,72 ± 2,11 ^c

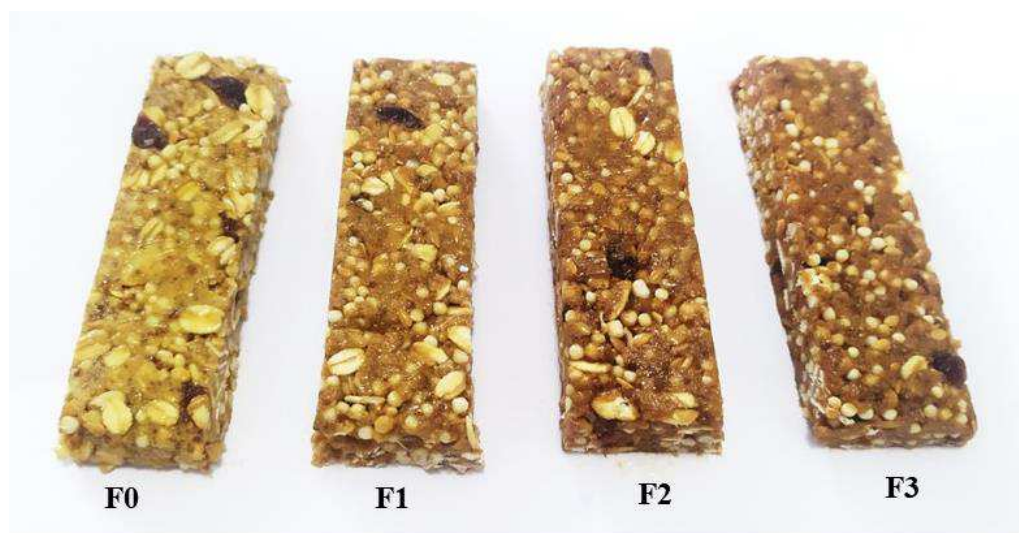
Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Pela Tabela 5.13 foi observado que a amostra F0, que não foi adicionada de polpa de juá em pó, apresentou maior luminosidade, e que quanto maior o teor de polpa de juá adicionada às barras de cereais menor a luminosidade, ou seja, foi observado que a adição de polpa de juá em pó culminou com a constante diminuição da luminosidade das amostras, visto que a formulação 3 apresentou a menor média, enquanto que a formulação 1 apresentou a maior. A amostra F1 foi estatisticamente similar à amostra F2, que não apresentou diferença significativa da amostra F3.

As médias dos resultados de cromaticidade (a*) não apresentaram diferença significativa entre as amostras adicionadas de polpa de juá, sendo essas superiores ao observado para a amostra controle (F0). Como todas as amostras apresentaram valores positivos, é possível concluir que apresentam maior tendência ao vermelho, sendo as amostras F1, F2 e F3 com maior intensidade. Já os resultados da cromaticidade (b*) apresenta maior valor para a formulação controle (F0), indicando sua maior tendência ao amarelo, já as amostras adicionadas de polpa de juá em pó apresentam menores valores, logo menor tendência ao amarelo. As amostras F1 e F2 não apresentaram diferenças significativas para este parâmetro e a amostra F3 apresenta menor valor.

Os resultados obtidos na análise instrumental de cor podem ser observados na Figura 5.17.

Figura 5.17 – Barras de cereais adicionadas de diferentes concentrações de polpa de juá em pó



5.3.4 Caracterização físico-química das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó

A composição centesimal das formulações de barra de cereal adicionadas diferentes concentrações de polpa de juá em pó estudadas nesse trabalho e estudos de outros autores com barras de cereais de frutas nativas elaboradas pela mesma metodologia, ou seja, adição da fase ligante, sem forneamento são mostradas na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 – Caracterização centesimal das barras de cereais

Referência	Amostra	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídeos (%)	Proteínas (%)	Carboidratos* (%)
Presente pesquisa	F0	14,62 ± 0,11 ^a	1,33 ± 0,32 ^a	8,14 ± 0,61 ^a	8,81 ± 0,41 ^a	67,10 ± 0,62 ^c
	F1	14,16 ± 0,56 ^a	1,31 ± 0,38 ^a	8,72 ± 0,09 ^a	6,25 ± 0,24 ^b	69,57 ± 0,47 ^{bc}
	F2	13,81 ± 0,41 ^a	1,33 ± 0,10 ^a	8,46 ± 0,94 ^a	4,22 ± 0,42 ^c	72,17 ± 1,07 ^{ab}
	F3	13,66 ± 0,63 ^a	1,32 ± 0,10 ^a	8,48 ± 0,82 ^a	3,53 ± 0,05 ^c	73,01 ± 0,97 ^a
Prazeres et al., (2020)	Barra de açaí	11,23	0,43	19,22	3,02	65,61
	Barra de cupuaçu	11,38	0,58	17,02	3,03	67,59
Silva et al., (2018)	Barra de fruta do conde	7,26-8,44	1,21-1,44	7,15-7,93	5,73-7,06	75,76-78,09
	Barra de açaí	7,48	0,97	10,08	4,72	76,75
Prazeres et al., (2017)	Barra de cupuaçu	9,17	0,95	10,34	5,47	74,05
	Barra de murici	7,38	0,95	11,22	5,53	74,90
	Barra de taperebá	6,92	0,97	10,87	5,54	75,79

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Pela Tabela 5.14 foi observado que não houve diferenças significativas para o teor de umidade, que variou de 13,66 a 14,62%. As barras de cereais de juá apresentaram umidade superior aos demais estudos dos autores citados, contudo, todas apresentaram resultados de umidade inferiores a 15,00%, limite estabelecido pela Resolução RDC N° 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), no que se refere aos produtos à base de cereais.

Quanto ao teor de cinzas também não houve diferença significativa entre as quatro formulações testadas para barras de cereal adicionada de diferentes concentrações de polpa de juá, variando entre 1,31 a 1,33%, estando dentro do intervalo apresentado pelo estudo de Silva et al., (2018) e se mostrou inferior aos valores encontrados pelos demais autores.

As barras adicionadas de polpa de juá em pó também não apresentaram diferença significativa quanto ao teor de lipídeos, que apresentou resultados variando entre 8,14 a 8,84%, valores próximos ao apresentado pelo estudo de Silva et al., (2018) e muito inferior aos valores

encontrados pelos demais autores, tal fato pode ser atribuído à adição de castanha do Pará, que apresenta em média de 60 a 70% de lipídeos em sua composição, nas formulações apresentadas por Prazeres et al., (2020) e Prazeres et al., (2017).

Já o teor de proteínas apresentou clara redução à medida que a aveia em flocos, o extrato de soja e o colágeno hidrolisado que são fontes de proteínas foram substituídos pela polpa de juá em pó, a amostra F0 apresentou maior teor de proteínas (8,81%), seguido da amostra da amostra F1 (6,25%), as amostras F2 e F3 não apresentaram diferença significativa entre si com 4,22 e 3,53% respectivamente. Silva et al., (2018) relatou também um maior teor de proteínas na formulação controle e o menor valor para a formulação com maior teor de polpa do fruto, com valores próximos ao presente estudo, variando de 5,73 a 7,06%. Prazeres et al., (2020), obteve valores inferiores e com 3,02% para a barra de açaí e 3,03% para a barra de cupuaçu e Prazeres et al., (2017), obteve valores bem próximos aos encontrados no presente estudo, com teor de proteínas de 4,72% para a barra de açaí, 5,47% para a barra de cupuaçu, 5,53% para a barra de murici e 5,54% para a barra de taperebá.

Em contrapartida o teor de carboidratos aumentou à medida que se adicionou a polpa de juá em pó, visto que a polpa de juá em pó apresenta em média 88,93% de carboidratos. O maior teor de carboidratos foi obtido para a amostra com maior teor de polpa de juá em pó (F3) com 73,01 %, que não diferiu estatisticamente da amostra F2 (72,17%), sendo esta similar a F1 (69,57%). As amostras F1 e F0 (67,10%) também não apresentaram diferença significativa entre si quanto ao teor de carboidratos. Silva et al., (2018), obteve valores próximos variando entre 75,76 a 78,09%. Prazeres et al., (2020), obteve valores próximos ao obtido para F0 no presente estudo, sendo 65,61% para a barra de açaí e 67,59% para a barra de cupuaçu. Prazeres et al., (2017), obteve valores bem próximos aos encontrados no presente estudo, com teor carboidratos de 76,75% para a barra de açaí, 74,04% para a barra de cupuaçu, 74,90% para a barra de murici e 75,79% para a barra de taperebá.

O valor energético total, com base na composição centesimal para as barras de cereais estudadas nesse trabalho e de estudos de outros autores para barras de cereais de frutas nativas podem ser observados na Tabela 5.15.

Tabela 5.15– Valores energéticos das formulações das barras de cereais

Referência	Amostra	Valor calórico (Kcal/100g)
	F0	367,92 ± 4,15 ^a
Presente	F1	381,72 ± 0,40 ^a
Pesquisa	F2	381,72 ± 3,83 ^a
	F3	382,47 ± 5,52 ^a
Prazeres et al., (2020)	Barra de açaí	447,50
	Barra de cupuaçu	435,66
Silva et al., (2018)	Barra de fruta do conde	390,21-395,02
	Barra de açaí	416,60
Prazeres et al., (2017)	Barra de cupuaçu	411,25
	Barra de murici	428,21
	Barra de taperebá	422,74

Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre as amostras avaliadas pelo teste de Tukey (P >0,05).

As formulações de barras de cereais apresentaram teor calórico variando entre 367,92 e 382,47 Kcal/100 g, sendo que não houve diferenças significativas entre as formulações. De acordo com a Resolução RDC nº 359 de dezembro 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003), o valor máximo de energia por porção de barra de cereal (uma unidade) é 150 kcal. Assim, as barras desenvolvidas na presente pesquisa devem pesar aproximadamente 39 g. Silva et al., (2018), obtiveram valores similares, variando entre 390,21 e 395,02 (Kcal/100g), onde também não houve diferenças significativas entre as formulações. Prazeres et al., (2020) obtiveram valores significativamente superiores, com 447,50 Kcal/100g para a barra de açaí e 435,66 Kcal/100g assim como, Prazeres et al., (2017), com 416,60 Kcal/100g para a barra de açaí, 411,25 Kcal/100g para a barra de cupuaçu, 428,81 Kcal/100g para a barra de murici e 422,74 Kcal/100g para a barra de taperebá, fato este, devido ao alto teor de lipídeos obtidos nas formulações. As diferenças entre os valores de cada nutriente nos estudos utilizados como comparação podem ser explicados pelas diferentes formulações empregadas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fruto do juazeiro avaliado apresentou características físico-químicas condizentes com a literatura, dispondo de grande proporção de polpa e alta razão entre o teor de sólidos solúveis totais e acidez, indicando assim uma boa palatabilidade além de uma boa quantidade de compostos bioativos, mostrando assim, seu potencial para a agroindústria tanto para seu consumo imediato, na forma *in natura* quanto para as mais diversas formas de processamento, visando prolongar sua vida de prateleira e gerar renda para pequenos produtores rurais.

O sistema de leite de jorro apresentou comportamento estável para as condições de operação aplicadas, não havendo colapso em momento algum, apesar da nítida interferência da pasta base sobre o comportamento dinâmico do leite durante o processo, além de apresentar um rendimento de produção de pó satisfatório para as três temperaturas.

Todas as amostras de polpa de juá em pó apresentaram umidade na faixa considerada mínima para o desenvolvimento de microrganismos, sendo todas inferiores a 15%, além de apresentarem uma alta razão entre o teor de sólidos solúveis totais e acidez, indicando assim como no fruto *in natura*, um sabor agradável. Quanto aos compostos bioativos foi possível perceber que os compostos fenólicos, assim como a capacidade antioxidante, diminuíram à medida que a temperatura de operação aumentava, logo, a temperatura de 50 °C mostrou-se mais eficaz na conservação dos compostos bioativos da polpa de juá obtida pela secagem em leite de jorro, assim, esta foi a temperatura aplicada na secagem da polpa utilizada na elaboração das barras de cereais.

O uso de uma matéria-prima típica da caatinga, obtida através de um processo de conservação eficiente proporcionou a elaboração de barras de cereais de boa qualidade nutricional e sabor exótico. O uso de frutas nativas da região semiárida brasileira no desenvolvimento de novos produtos agrega valor a esses produtos e melhora sua visibilidade no mercado nacional e internacional. O valor nutricional das barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó indica sua utilização como barras energéticas, devido ao conteúdo significativo de lipídios, proteínas, e carboidratos em suas formulações desta forma, as barras preparadas no presente estudo podem ser uma alternativa produto alimentar nutritivo para atletas, além de agregar valor a um fruto nativo, com alto valor nutricional e apelo funcional, porém pouco explorado.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell – NBR 12694**. Rio de Janeiro, 1992.

ALMEIDA, J. I. O.; COSTA, F.; PAULINO, C. G.; ALMEIDA, M. J. O.; DAMACENO, M. N.; SANTOS, S. M. L.; FARIAS, V. L. Effect of pasteurization on bioactive compounds and antioxidant activity of *Ziziphus joazeiro* Mart. fruit pulp. Research, **Society and Development**, v. 9, n. 5, 2020.

ARAÚJO, A. D. A.; COELHO, R. M. D.; FONTES, C. P. M. L.; SILVA, A. R. A.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S. Production and spouted bed drying of acerola juice containing oligosaccharides. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, p. 565-571, 2015.

ARAÚJO, A. L. M. **Polpa de jambolão (*Syzygium cumini*) desidratada por liofilização e secagem em leito de jorro: caracterização físico-química e funcional e impacto na secagem**. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

ARAÚJO, B. A.; SILVA, M. C. B.; MOREIRA, F. J. C.; SILVA, K. F.; TAVARES, M. K. N. Caracterização biométrica de frutos e sementes, química e rendimento de polpa de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 11, n. 2, p. 15-21, 2015.

BANACH, J. C., CLARK, S., LAMSAL, B. P. Instrumental and sensory texture attributes of high-protein nutrition bars formulated with extruded milk protein concentrate. **J. Food Sci.** v. 81, n. 5, p. S1254–S1262, 2016.

BASHIR, K.; SWER, T. L.; PRAKASH, K. S.; AGGARWAL, M. Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. **LWT-Food Science and Technology**, v.76, p.131-139, 2017.

BATISTA, A. L.; SOUSA, B. A. A.; OLIVEIRA, M. S. S.; SILVA, J. W. **Avaliação da composição centesimal da farinha do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.)**. Anais Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos- ISSN: 2447-2840. Campinas – SP. 2015.

BATISTA, P. F.; LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; FACANHA, R. V. Compostos bioativos e atividade antioxidante em frutas tropicais cultivadas no centro-baixo vale do São Francisco. **Rev. Ciênc. Agron.** vol.49, n.4. pp.616-623. 2018.

BENELLI, L.; OLIVEIRA, W. System dynamics and product quality during fluidized bed agglomeration of phytochemical compositions. **Powder Technology**, v. 300, p. 2- 13, 2016.

BENELLI, L.; SOUZA, C. R. F.; OLIVEIRA, W. P. Spouted bed performance on drying of an aromatic plant extract. **Powder Technology**, v. 239, p. 59–71, 2013.

BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on

physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 241– 249, 2013.

BEZERRA, E. S. **Plantas medicinais para uso humano**: Plantas medicinais de uso comum no Nordeste do Brasil. 1. ed. Campina Grande: Ludigraf Ltda., 2006. 205 p.

BEUCHAT, L.R. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.25, p.258-261, 1977.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J.; CAN. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Biochem. Physiol.** 1959, 37, 911.

BORGES, K. C. **Estudo das características físico-químicas e funcionalidade de bagaços de frutas tropicais desidratados em leito de jorro**. 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2011.

BRAGA, M.; ROCHA, S. C. S. Spouted bed drying of milk-blackberry pulp: Analysis of powder production efficiency and powder characterization. **Drying Technology**, v. 33, n. 8, p. 933-940, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Alimentos regionais brasileiros. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº263 de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília 22 ago. 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional**. Resolução RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, DF, de 26 de dezembro de 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Dispõe sobre os padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 de janeiro de 2001.

BRAGA, M. B.; ROCHA, S. C. S. Spouted Bed Drying of Milk-Blackberry Pulp: Analysis of Powder Production Efficiency and Powder Characterization. **Drying Technology**, v. 33, p. 933-940, 2015.

BRAGA, M.; ROCHA, S. C. S. Drying of milkblackberry pulp mixture in spouted bed. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, v. 91, n. 11, p. 1786-1792, 2013.

CARDOSO, I. R. M.; ZUNIGA, A. D. G.; FRONZA, P.; MACIEL, A. G.; FERREIRA, J. S. Elaboration of a cereal bar enhanced with flour of buriti pulp (*Mauritia flexuosa* L.). **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.4, p.99-106. 2017.

CARR JR, R. L. Evaluating flow properties of solids. **Chemical Engineering**, v.72, n.2, p.163-168, 1965.

CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H. Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia. **Comunicado Técnico Embrapa Amazônia Oriental 139**, Belém. 3 p. 2005.

CARVALHO, P. E. R. **Juazeiro *Ziziphus joazeiro*, Taxonomia e Nomenclatura**. Colombo/PR, 2007. Disponível em: <[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/ CNPF-200909/42434/1/Circular139.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-200909/42434/1/Circular139.pdf)>. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

CAVALCANTI, M. T.; SILVEIRA, D. C.; FLORÊNCIO, I. M.; FEITOSA, V. A.; ELLER, S. C. W.S. Obtenção da farinha do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) e caracterização físico-química. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.1, p. 220 – 224. 2011.

CÉSPEDES, M. A. L. **Otimização do processo de extrusão da polpa de laranja**: modificação das propriedades funcionais e sua aplicação como fonte de fibra alimentar. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

CHIELLE, D. P.; BERTUOL, D. A.; MEILI, L.; TANABE, E. H.; DOTTO, G. L. Spouted bed drying of papaya seeds for oil production. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 852-860, 2016.

CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; JÚNIOR, P. C. A.; OLIVEIRA, G. H. H.; VALENTE, D. S. M. Moisture sorption isotherms and isosteric heat of sorption of coffee in different processing levels. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.2016–2022, 2010.

COSTA, R. G.; ANDREOLA, K.; MATTIETTO, R. A.; FARIA, L. J. G.; TARANTO, O. P. Effect of operating conditions on the yield and quality of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced in spouted bed. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, p. 1196-1203, 2015.

CRUZ, M. C.; SANTOS, P. O.; BARBOSA JR, A. M.; MÉLO, D. L.; ALVIANO, C. S.; ANTONIOLLI, R. A.; ALVILIANO, D. D.; TRINDADE, R. C. A. Antifungal activity of Brazilian medicinal plants involved in popular treatment of mycoses. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 111, p. 409–412, 2007.

DANTAS, T. N. P. **Influência das propriedades físicas de graviola e aditivos na secagem em leite de jorro com alimentação intermitente**. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

DANTAS, F. C. P.; TAVARES, M. L. R.; TARGINO, M. S.; COSTA, A. P.; DANTAS, F. O. *Ziziphus joazeiro* Mart. - Rhamnaceae: características biogeoquímicas e importância no bioma Caatinga. **Revista Principia**, n. 25, p. 51-57, 2014.

DINIZ, V. M. **Processamento do fruto do juazeiro para obtenção da farinha e do óleo**. 85 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

DIÓGENES, F. E. P.; OLIVEIRA, A. K.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; AZEVEDO, R. A. B. Pré-tratamento com ácido sulfúrico na germinação de sementes de *Ziziphus joazeiro* Mart. - Rhamnaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 2, p. 188-194, 2010.

DOTTO, G. L.; SOUZA, V. C.; PINTO, L. A. A. Drying of chitosan in a spouted bed: the influences of temperature and equipment geometry in powder quality. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, p.1786 -1792, 2011.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Circular técnica 139: Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*). **Embrapa Florestas**. Colombo, PR. 2007. 8 p.

EPSTEIN, N; GRACE, J. R. Introduction. In: EPSTEIN, N; GRACE, J. R. **Spouted and Spout-Fluid Beds**. Cambridge: Cambridge University Press, v. 1, Cap.1, p.1-16, 2011.

EZHILARASI, P. N.; INDRANI, D., JENA, B. S., ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality. **Journal of Food Engineering**. v. 117, n.4, p.513-520, 2013.

FARNSWORTH, J.P.; LI, J.; HENDRICKS, G.M.; GUO, M.R. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. **Small Ruminant Research**; v.65, p.113-121, 2006.

FEITOSA, V. A.; ELLER, S. C. W. S.; CAVALCANTI, M. T.; FLORÊNCIO, I. M.; ABÍLIO, G. M. F.; PIRES, V. C. F. **Caracterização físico-química do fruto desidratado do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.)**. X Congresso Brasileiro de Higienistas de Alimentos, Florianópolis - Santa Catarina. 2009.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**. 2ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FENNEMA, O.R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4ª Edição. Porto Alegre. Artmed, 2010.

FENG, Y. F.; ZHANG, M.; JIANG, M.; SUN, J. C. Microwave assisted spouted bed drying of lettuce cubes. **Drying Technology**. v. 30, n. 13, p. 1482-1490, 2012.

FERNANDES, D. R. R.; ARAÚJO, E. L. Occurrence of *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae) In “Juazeiro” Fruits *Ziziphus Joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) in the state of Rio Grande Do Norte, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 1356–1358, 2011.

FERNANDES, M.S.; WANG, S.H.; ASCHERI, J.L.R.; OLIVEIRA, M.F.; COSTA, S.A.J. Efeito da temperatura de extrusão na absorção de água, solubilidade e dispersibilidade da farinha pré-cozida de milho e soja (70:30). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p. 234-239, 2003.

FOUST, A.L., WENZEL, L.A., CLUMP, C.W., MAU, L. **Princípios das Operações Unitárias**. Editora LTC, 1982, 670p.

FREIRE, J. T; FREIRE, F. B.; FERREIRA, M. C.; NASCIMENTO, B. S. A hybrid lumped parameter/neural network model for spouted bed drying of pastes with inert particles. **Drying Technology**, v. 30, n. 6, p.1342–1353, 2012.

FREIRE, J. T.; FERREIRA, M. C.; FREIRE, F. B. Drying of solutions, slurries and pastes. In: Epstein, N. and Grace, J. R. **Spouted and spouted-fluid beds: fundamentals and applications**.

New York: Cambridge University Press, p. 206 – 221, 2011. 339 p.

FREIRE, J. T.; FERREIRA, M. C. FREIRE, F. B.; NASCIMENTO, B. S. A review on paste drying with inert particles as support medium. **Drying Technology**, v. 30, n. 4, p. 330-341, 2012.

FREIRE, J. T.; SILVEIRA, A. M. Fenômenos de Transporte em sistemas particulados: fundamentos e aplicações. In: FREIRE, J. T., FERREIRA, M. C., FREIRE, F. B. Secagem de pastas em leito de jorro, Cap. 4, São Carlos, SP, 424 p. FREIRE, F. B. **Secagem de pastas em leito de jorro**, Cap. 4, 424 p. São Carlos, (2009).

FREIRE, J. T. **Drying of pastes in spouted bed**. In Special Topics in Drying. Freire, J. T.; Sartori, D. J. M. (Eds.), São Carlos, 1992.

HAUSNER, H. H. Friction conditions in a mass of metal powder. **Int. J. Metall.** v.3, p.7-13, 1967.

IAL. Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4º edição, 1º edição digital, 2008.

JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v. 311, p.59–65, 2017.

KAUR, R.; AHLUWALIA, P.; SACHDEV, P. A. Development of a gluten-free cereal bar for the gluten-intolerant population, using quinoa as the main ingredient. **Journal Food Science and Technology**. v. 55, p. 3584–3591. 2018.

KEEY, R. B. Drying of loose and particulate materials. New York: **Hemisphere**, p.57, 1991.

KJELDAHL, J. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern (Novo método para a determinação do nitrogênio em substâncias orgânicas), **Zeitschrift für analytische Chemie**, v.2, n.1, p. 366-383, 1883.

KOHLER, M.; BRACK, P. Frutas nativas do Rio Grande do Sul: cultivando e valorizando a diversidade. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, v.13. p. 7-15. 2016.

KRIEGL, R. **Snackification: study of consumer behaviour, motivations and cultural differences among students in the UK towards the ongoing trend in the food industry**. FCEE. Master Dissertations. Veritati - Repositorio Institucional da Universidade Católica Portuguesa. 2016.

LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. 4.ed. São Paulo: Sarvier, 1986, 211 p.

LIMA, A. B. M. S.; DANTAS, C. M.; PONTES JÚNIOR, S. M.; DANTAS T. N.; P.; MEDEIROS, M. F. D. Influência dos adjuvantes na secagem da polpa de pitanga em leito de jorro. **Anais: XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica UFSCar – São Carlos – SP**. 2017.

LIMA, G. F.; CAPELLA, Y. N. C.; MAIA, S.; VELOSO, R. R.; MELO, E. A. **Physical-chemical characterization of the Juazeiro fruit (*Ziziphus joazeiro* Mart.)**. Anais do Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos - ISSN: 2447-2840. Campinas - SP 2015.

LIMA, P. M. **Análise da fluidodinâmica e transferência de calor em leito de jorro com alimentação contínua de sólidos pela base**. 189p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

LIMA, L. M. O. **Estudo do Aproveitamento de bagaço de frutas tropicais, visando a extração de fibras**. 108p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

LIMA, R. B. **A família Rhamnaceae no Brasil: diversidade e taxonomia**. 292 p. Tese (Doutorado em Botânica), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LINS, A. D. F.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; FEITOSA, R. M.; ARAÚJO, G. T.; SANTOS, D. C. Adsorption isotherms of the red mombin powder produced in spouted bed dryer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n.8, p.562-567, 2017.

LOPPES, A. H. **Índice terapêutico fitoterápico**. Petrópolis: EPUB, 2008. 662 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 3 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP, v. 1, 2000. 351p.

LOURENÇO, R. O. **Identificação e monitoramento de regimes de escoamento em leito de jorro**. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

MACHADO, P.; DELMIRO, T. M.; MACHADO, A.K.T.; MEDEIROS, M. F. D. **Secagem em leito de jorro da mistura graviola e leite. Avaliação dos efeitos das variáveis de operação sobre parâmetros de produção, taxa de secagem e eficiência térmica**. In: XXXVII ENEMP, Universidade Federal de São Carlos, 2015.

MARTINELLI, M.; HICK, E.; DRAGO, S. R. Effects of cereal bar containing polydextrose on subjective feelings of appetite and energy intake in overweight adults over 15 d. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 69, p. 892–899. 2018.

MARTINEZ, O., SALMERON, J., GUILLEN, M., CASAS, C. Texture profile analysis of meat products treated with commercial liquid smoke flavourings. **Food Contr.**, v. 15, n. 6, p. 457–461, 2004.

MARTINS, A. D.; CARDOSO, C. M.; MORAIS, F.; AMARAL, V. B.; SOUZA, S. C. A.; LUZ, G. R. **Efeito do vigor da planta sobre a biometria de frutos e sementes de *Ziziphus joazeiro* (Rhamnaceae) em uma área de preservação ambiental no município de Januária, norte de Minas Gerais**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – Minas Gerais. 2007.

MATHUR, K. B., EPSTEIN, N. **Spouted beds**. New York, Academic Press, 304 p. 1974.

MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais**. Guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. 2.ed. Ceará: UFC, 2000. 394 p.

MEDEIROS, M. F. D. **Influência da composição química dos materiais no desempenho do processo de secagem de polpas de frutas em leito de jorro**. 247 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; BORGES, C. K.; GOMES FILHO, M. F. **Caracterização e classificação climática da cidade de campina grande–PB**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC- Teresina – PI, 2014.

MELO, M. S. F.; ROCHA, C. Q.; SANTOS, M. H.; CHAVASCO, J. M.; CHAVASCO, J. K. Pesquisa de bioativos com atividade antimicrobiana nos extratos hidroetanólicos do fruto, folha e casca de caule do *Zizyphus joazeiro* Mart. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 10, n. 2, p. 43-51, 2012.

MENDES, B. V. Juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.): símbolo da resistência das plantas das caatingas. Fundação Vingt-un Rosado. **Coleção Mossoroense**, Série B, nº 1331. 25 p. 1996.

MILLER, G. L. **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar**. *Analitical Chemistry*, v.31, pg. 426-428, 1959.

MONIZ, K. L. A. **Caracterização morfológica de sementes e frutos e estudos da germinação da espécie *Zizyphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae)**. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2002.

MORE, G.; TSHIKALANGE, T. E.; LALL, N.; BOTHA, F.; MEYER, J. J. Antimicrobial activity of medicinal plants against oral microorganisms. **Journal Ethnopharmacology**, v. 119, p.473–477, 2008.

MUSSI, L. P.; GUIMARÃES, A. O.; FERREIRA, K. S.; PEREIRA, N. R. Spouted bed drying of jambolão (*Syzygium cumini*) residue: Drying kinetics and effect on the antioxidant activity, anthocyanins and nutrients contents. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, p. 80-88, 2015.

NASCIMENTO, B. S. **Análise do efeito da composição na secagem de pasta em leito de jorro**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, UFSCar. São Carlos, 2013.

NASCIMENTO, R. A.; ANDRADE, E. L.; SANTANA, E. B.; RIBEIRO, N. F. P.; COSTA, C. M. L.; FARIA, L. J. G Bacaba em pó produzido em leito jorrado: uma fonte alternativa de compostos bioativos e produtos alimentares energéticos. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 22. 2019.

NASCIMENTO, V. T. N.; MOURA, N. P.; VASCONCELOS, M. A. S.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, U. P. A. Chemical characterization of native wild plants of dry seasonal forests of the semi-arid region of northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2112–2119, 2011.

NEVES, G. A. R.; SANTANA, M. F. S.; VALENÇA, R. S. F. Capacidade higroscópica de farinhas de diferentes frutas. **Anais: Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA Amazônia Oriental**. 2008.

OLAZAR M.; SAN JOSÉ, M. J.; BILBAO, J. Conical spouted beds. Conical spouted beds. In: EPSTEIN, N.; GRACE, J. R. **Spouted and Spouted-Fluid Beds: Fundamentals and Applications**. New York: Cambridge University Press Co., p. 82 – 104, 2011.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos – Alimentos de Origem Vegetal – v..1**, Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

PABLOS, A.; TELLABIDE, A.; FREIRE, B. O. A new fountain confinement device for fluidizing fine and ultrafine sands inconical spouted beds. **Powder Technology**, v. 328, p. 38-46, 2018.

PASSOS, M. L.; MUJUMDAR, A. S. Effects os cohesive forces on fluidized ans spouted besd os wet particles. **Power Tecnology**, V. 110, n. 3, p.222-238, 2000.

PATEL, K et al. Spouting behavior of wet solids, In: MUJUMDAR, A. S.; ROQUES, M. A. **Drying'86**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1986. p. 183-189.

PHAM, Q. T. Behavior of a conical spouted-bed dryer for animal blood. **Can. J. Chem. Eng.**, v. 61, p. 426-434, 1983.

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Science and Food Technology**, v.30, p.993-1000, 2010.

PRAZERES, I. C.; CARVALHO, A. V.; DOMINGUES, A. F. N.; ABREU, L. F. Preparing multicomponent snack bars based on tapioca flour, Brazil nut, and regional fruits. **Rev Chil Nutr.**,n. 47, v. 2, p. 190-199, 2020

PRAZERES, I. C.; DOMINGUES, A. F. N.; CAMPOS, A. P. R.; CARVALHO, A. V. Elaboration and characterization of snack bars made with ingredients from the Amazon. **Acta Amazonica**, v. 47, n. 2, p. 103–110. 2017.

PRAKASH, S.; JHA, S. K.; DATTA, N. Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. **Journal of Food Engineering**, 62, p. 305-313, 2004.

POLITI, F. A. S. **Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de *Endopleura uchi* (HUBER) Cuatrec. (*Humiriaceae*)**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2009. 143 p.

PONTES JÚNIOR, S. M.; DANTAS, S. C. M.; MEDEIROS, M. F. D. Secagem da polpa da goiaba em leito de jorro: avaliação dos efeitos da adição de diferentes adjuvantes no desempenho do processo e caracterização do produto em pó produzido. **Anais: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. Fortaleza -CE, 2016.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, p.1231-1237, 1999.

ROCHA, S. A. S. **Obtenção de suco em pó pré-biótico de tangerina através de secagem em leito de jorro**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2013.

ROCHA, S. C. S.; SOUZA, J. S.; ALSINA, O. L. S.; MEDEIROS, M. F. D. Drying of tropical fruit pulps: spouted bed process optimization as a function of pulp composition. **Drying Technology**. v. 29, p.1587-1599, 2012.

RODRÍGUEZ-BERNAL, J. M.; FLORES-ANDRADE, E.; LIZARAZO-MORALES, C.; BONILLA, E.; PASCUAL-PINEDA, L. A.; GUTIERRÉZ-LÓPEZ, G.; QUINTANILLA-118 CARVAJAL, M. X. Moisture adsorption isotherms of the borjól fruit (*Borojoa patinoi*. *Cuatrecasas*) and gum arabic powders. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, p. 187-198, 2015.

ROMÃO, M. O. D. C.; COSTA, A. M. D. D.; TERRA, F. D. S.; BORIOLLO, M. F. G.; SOARES, E. A. Assessment of gastric protective of rasp juá extract. **Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, v.8, p. 222–227, 2010.

ROSA, C. A.; FREIRE, J. T. **Secagem de material particulado em leito de jorro contínuo**, Cap. 5, São Carlos, SP. 2009. 380 p.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-tradicional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; JIMENEZ, J. P.; CALIXTO, F. D. S. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, v.127, p.1-4, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; DE MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. D. G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{o+}. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

SALES, M. L. F.; CAVALCANTE, L. A.; SILVA, J. K. S.; FERREIRA, F. B.; SILVA, O. C.; BRAGA, N. P. **Avaliação da influência das condições operacionais de secagem em leito de jorro na manutenção dos componentes fenólicos do cubiu**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Fortaleza-CE, 2016.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. M. Alterações Físicas, Químicas e Nutricionais de Óleos Submetidos ao Processo de Fritura. **Food Ingredients South America**, p.48-54, 2002.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**. v. 274, p. 37–43, 2015.

SANTO, E. F. E.; LIMA, L. K. F.; TORRES, A. P. C.; OLIVEIRA, G.; PONSANO, E. H. G. Comparison between freeze and spray drying to obtain powder *Rubrivivax gelatinosus* biomass. **Food Science and Technology**, v. 33, p. 47-51, 2013.

SANTOS, V. F. N.; COSTA, T. D. Acceptability of a cereal bar source of protein and vitamin B12 by ovo-lacto-vegetarian individuals. **Food, Nutrition & Health**, v.13, p.875. 2018.

SANTOS, D. A.; PETRI JÚNIOR, I.; DUARTE, C. R. **Estudo da estabilidade fluidodinâmica do leite de jorro através da fluidodinâmica computacional**. In: ENCONTRO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9, 2008, Uberlândia. Anais... Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

SCHIASSI, M. C. E. V.; SOUZA, V. R.; LAGO, A. M. T.; CAMPOS, L. G.; QUEIROZ, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food chemistry**, 245, 305-311. 2018.

SCHNEIDER, T., BRIDGWATER, J. The stability of wet spouted beds, **Drying Technology**, v. 11, p. 277-301, 1993.

SCHUHLY, W.; HEILMANN, J.; CALIS, I.; STICHER, O. New triterpenoids with antibacterial activity from *Zizyphus joazeiro*. **Planta Medicinal**, v. 65, p. 740–743, 1999.

SILVA, J. L.; NASCIMENTO, A. M.; GADELHA, T. M.; SILVA, O. S.; COSTA, F. B. Bioativos em frutos de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). **Revista de Agroecologia no Semiárido (RAS)** - (Sousa - PB), ISSN- 2595-0045, v. 3, n.3, p. 10, 2019.

SILVA, J. L.; COSTA, F. B.; NASCIMENTO, A. M.; GADELHA, T. M.; ARAÚJO, C. R. **Composição centesimal de frutos de juazeiro no estágio de maturação maduro**. III Simpósio Nacional de Estudos para Produção Vegetal no Semiárido. Campina Grande – PB. 2018.

SILVA JÚNIOR, M. E. **Polpa mista de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) e ceriguela (*Spondias purpurea* L.) obtida por diferentes métodos de secagem**. 167 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

SILVA, J. B.; MOURA, M. F. V.; SILVA, T. R. C.; ARAÚJO, N. G.; BARBOSA, I. M. Caracterização físico-química e composição centesimal e mineral do fruto do juazeiro (*Zizyphus joazeiro* MART.) **Enciclopédia Biosfera**, v.14 n.25; p. 2017.

SILVA, J. L. Compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de juazeiro armazenados sob temperatura controlada. 75 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais), Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, 2017.

SILVA, J. S.; DAMIANI, C.; SILVA, E. P.; RUFFI, C. R. G.; ASQUIERI, E. R.; SILVA, T. L. L.; VILAS BOAS, E. V. B. Effect of marolo (*Annona crassiflora* Mart.) pulp flour addition in food bars. **Journal of Food Quality**, 2018.

SILVA, L. H. M. Green banana (*Musacavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial crops and products**, v. 41, p. 241-249, 2014.

SILVA, J. B. **Caracterização físico-química e química do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart) e avaliação da sua conservação por fermentação láctica**. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

SILVA, M.V.C.; SILVA, L.H.M.; RODRIGUES, A.M.C. Avaliação da qualidade de produtos em pó obtidos pela secagem em leito de jorro de misturas de frutas tropicais. **Anais 52º CBQ - Congresso Brasileiro de Química**. Recife – PE, 2012.

SILVA, T. C. D. L., ALMEIDA, C. C. B. R., VERAS FILHO, J., PEIXOTO SOBRINHO, T., AMORIN, E. L. C., COSTA, E. P. Atividades antioxidante e antimicrobiana de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): avaliação comparativa entre cascas e folhas. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 32, p. 193–199, 2011.

SILVA, J. R. P.; PIRES, R. L.; ARAÚJO, V. S.; LIMA, V. I.; FERNANDES, J. D.; DANTAS, J. P. Avaliação dos parâmetros biométricos do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) durante o período de produção. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011.

SILVA, J. K.; SILVA, O. C.; AUM, Y. K. P. G.; BRAGA, N. P.; SALES, M. L. F.; FERREIRA, F. B. **Estudo do efeito da secagem em leito de jorro na manutenção dos compostos fenólicos presentes na polpa de cubiu**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2015, Fortaleza. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2015.

SOARES, A. C.; PEREIRA, N. R. Drying of jambolão (*Syzygium cumini*) pulp in spouted bed drier: effect of egg white as drying carrier agent on product quality. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23. 2020.

SOUSA, S. L. **Aplicação do processo de secagem em leito de jorro para obtenção de suco de caju em pó**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

SOUZA JR, F. E. **Aproveitamento dos compostos funcionais presentes no resíduo agroindustrial da acerola mediante secagem por atomização em leito de jorro**. 102p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

SOUZA, J. S. **Secagem de misturas de polpa de frutas tropicais em leito de jorro**. Xxyp. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2009.

SOUZA, C. R. F. **Produção de extratos secos padronizados de plantas medicinais brasileiras: estudo da viabilidade técnica e econômica do processo em leito de jorro**. 219 p. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas), Universidade Estadual de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

SOUZA, C. R. F. **Estudo comparativo da produção de extrato seco de *Bauhinia forficata* Link pelos processos *spray-dryer* e leito de jorro**. 182p. Dissertação de Mestrado. Programa

de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

SPITZNER NETO, P. I. **Estudo da secagem de pastas e da fluidodinâmica do leite de jorro na presença de pastas e líquidos**. 284p. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

STELLATO, D. S.; PASTRO, D. C.; TESTA, P. A.; PIETRO, A.S.; SCABORA, M. H. **Desenvolvimento e avaliação da preferência de barra de cereal formulada com baru e chia**. Inovação em ciência e tecnologia de alimentos [recurso eletrônico] – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, v. 1. 2019.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. **Drying: Principles, Applications and Design**. Gordon na Breach Science Publishers, 1986.

STRUMILLO, C.; MARKOWSKI, A.; KAMINSKI, W. Modern developments in drying os patelike materials. In MUJUNDAR, A.S **Advances in Drying**, McGraw Hill, Washington, v. 2, p. 193-231, 1983.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, n. 4, p. 215–225, 2002.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with differentt carrier agents. **Food Research International**, v.43, p.907-914, 2010.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Study of osmotic dehydration of tomato in ternary solutions through response surface methodology. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, 2006.

TONON, R. V.; BRABRABRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre propriedades físico-químicas do suco de açai em pó. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p.444-450, 2009.

TRINDADE, A.L.G. New technique to concentrate black liquor for producing powdery fuel. **Master's thesis**, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil. 2004.

USP 30 NF 25. **United States Pharmacopoeia & National Formulary**. Rockville: United States Pharmacopoeial Convention; 2007.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v.111, n.4, p.816-823, 2008.

VIEIRA, M. G. A.; DONIDA, M. W.; ROCHA, S. C. S. Adhesion of aqueous polymeric suspension to inert particles in a spouted bed. **Drying Technology**, v. 22, p. 1069-1085, 2004.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p.3-5, 2006.

WACHIRAPHANSAKUL, S.; DEVAHASTIN, S. Drying kinetics and quality of okara dried in a jet spouted bed of sorbent particles. **Lebensmittel Wissenschaft Technologie**, v. 40, p. 207-219. 2007.

WEI, DU; XU, J.; JI, Y., WEISHENG W.; XIAOJUM, B. Scale-up relationships of spouted beds by solid stress analyses. **Powder Technology**, v. 192, p. 273-278, 2009.

YUCEL, U.; ALPAS, H.; BAYINDIRLI, A. Evaluation of high pressure pretreatment for enhancing the drying rates of carrot, apple, and green bean. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 266-272, 2010.

APÊNDICE A

DADOS DO PROCESSAMENTO DE SECAGEM DA PASTA BASE DE JUÁ EM LEITO DE JORRO

Tabela A.1- Teor em massa seca da pasta base processada, coletada e retida no leito de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Massa (g)	Massa Coletada (g)	Massa Retida (g)	Massa (g)
50 ° C				
1	52,7537	27,8659	15,2235	9,6643
2	54,5970	28,3154	13,7728	12,5088
3	55,0451	28,1356	13,6458	13,2637
70 ° C				
1	57,1560	26,4752	15,9715	14,7094
2	55,0646	25,5654	14,1357	15,3636
3	53,7188	25,4744	14,6864	13,5580
90 ° C				
1	50,2713	20,4018	13,8096	16,0599
2	54,0839	21,9641	14,1604	17,9594
3	54,5580	22,3317	14,0404	18,1859

Tabela A.2- Teor em cinzas da pasta base processada, coletada e retida no leito de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Massa de Cinzas (g)	Massa de Cinzas Coletada (g)	Massa de Cinzas Retida (g)	Massa de Cinzas (g)
50 ° C				
1	0,8388	0,4487	0,2207	0,1694
2	0,8681	0,4842	0,2493	0,1346
3	0,8752	0,5543	0,2320	0,0890
70 ° C				
1	0,9088	0,4898	0,3130	0,1059
2	0,8755	0,4269	0,2262	0,2224
3	0,8541	0,4509	0,2570	0,1462
90 ° C				
1	0,7993	0,3591	0,2430	0,1973
2	0,8599	0,3602	0,2365	0,2632
3	0,8675	0,3886	0,2190	0,2599

Tabela A.3- Teor em lipídeos da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Massa de Lipídeos (g)	Massa de Lipídeos Coletada (g)	Massa de Lipídeos Retida (g)	Massa de Lipídeos (g)
50 ° C				
1	0,2954	0,1720	0,0734	0,0501
2	0,3057	0,1699	0,0676	0,0682
3	0,3083	0,1728	0,0640	0,0715
70 ° C				
1	0,3201	0,1972	0,0832	0,0396
2	0,3084	0,1836	0,0717	0,0531
3	0,3008	0,1786	0,0778	0,0444
90 ° C				
1	0,2815	0,0575	0,0369	0,1871
2	0,3029	0,0637	0,0388	0,2004
3	0,3055	0,0679	0,0365	0,2011

Tabela A.4- Teor em proteínas da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Massa de Proteínas (g)	Massa de Proteínas Coletada (g)	Massa de Proteínas Retida (g)	Massa de Proteínas (g)
50 ° C				
1	3,3235	1,8628	1,0052	0,4555
2	3,4396	1,8937	0,8905	0,6553
3	3,4678	1,8724	0,9120	0,6835
70 ° C				
1	3,6008	1,5687	1,1907	0,8415
2	3,4691	1,5357	0,9957	0,9376
3	3,3843	1,5766	1,0542	0,7535
90 ° C				
1	3,1671	1,2623	0,8732	1,0316
2	3,4073	1,3370	0,9065	1,1638
3	3,4372	1,3102	0,8869	1,2400

Tabela A.5- Teor em carboidratos da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Massa de Carboidratos (g)	Massa de Carboidratos Coletada (g)	Massa de Carboidratos Retida (g)	Massa de Carboidratos (g)
50 ° C				
1	48,3804	25,3858	13,9234	9,0712
2	50,0709	25,7670	12,5649	11,7390
3	50,4819	25,5330	12,4368	12,5120
70 ° C				
1	52,4178	24,2168	14,4286	13,7723
2	50,4998	23,4179	12,8422	14,2396
3	49,2656	23,2683	13,2971	12,7002
90 ° C				
1	46,1038	18,7207	12,6530	14,7301
2	49,6003	20,2026	12,9780	16,4198
3	50,0351	20,5630	12,8904	16,5817

Tabela A.6- Teor em acidez da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Acidez em Ácido Cítrico (g)	Acidez em Ácido Cítrico Coletada (g)	Acidez em Ácido Cítrico Retida (g)	Acidez em Ácido Cítrico (g)
50 ° C				
1	0,6911	0,3707	0,1675	0,1530
2	0,7152	0,3851	0,1487	0,1814
3	0,7211	0,3658	0,1556	0,1998
70 ° C				
1	0,7487	0,3601	0,1645	0,2242
2	0,7213	0,3375	0,1626	0,2213
3	0,7037	0,3261	0,1557	0,2220
90 ° C				
1	0,6586	0,2367	0,1436	0,2783
2	0,7085	0,2460	0,1558	0,3067
3	0,7147	0,2702	0,1502	0,2943

Tabela A.7- Teor em açúcares redutores da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Massa de Açúcares Redutores (g)	Massa de Açúcares Redutores Coletada (g)	Massa de Açúcares Redutores Retida (g)	Massa de Açúcares Redutores (g)
50 ° C				
1	9,2055	3,8710	2,2409	3,0936
2	9,5272	3,9273	2,0880	3,5119
3	9,6054	4,0459	2,0919	3,4676
70 ° C				
1	9,9737	3,6297	2,3494	3,9946
2	9,6088	3,5613	2,1260	3,9215
3	9,3739	3,6097	2,2176	3,5466
90 ° C				
1	8,7723	2,2442	2,0612	4,4669
2	9,4376	2,6269	2,1127	4,6980
3	9,5204	2,6820	2,0822	4,7561

Tabela A.8- Teor em ratio da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Ratio	Ratio na Massa Coletada	Ratio na Massa Retida	Ratio
50 ° C				
1	15,4516	7,0146	3,9124	4,5245
2	15,9915	7,0987	3,5561	5,3367
3	16,1227	7,3490	3,4456	5,3281
70 ° C				
1	16,7410	7,4104	5,4878	3,8428
2	16,1284	7,3398	4,3411	4,4475
3	15,7342	7,5990	4,9831	3,1521
90 ° C				
1	14,7245	6,4449	5,0570	3,2225
2	15,8412	7,0790	4,8174	3,9448
3	15,9800	6,9027	5,0068	4,0705

Tabela A.9- Teor em valor calórico da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Kcal	Kcal na Massa Coletada	Kcal na Massa Retida	Kcal
50 ° C				
1	209,1262	110,5225	60,3779	38,2258
2	216,4333	112,1741	54,4328	49,8265
3	218,2099	111,1890	53,9761	53,0448
70 ° C				
1	226,5778	104,9238	63,2230	58,4310
2	218,2871	101,4690	55,9970	60,8211
3	212,9522	100,9882	58,1053	53,8588
90 ° C				
1	199,2855	80,4545	54,4375	64,3935
2	214,3993	86,7231	55,8910	71,7852
3	216,2788	88,1120	55,4664	72,7005

Tabela A.10- Teor em compostos fenólicos totais da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Compostos Fenólicos Totais (mgGAE)	Compostos Fenólicos Totais na Massa Coletada (mgGAE)	Compostos Fenólicos Totais na Massa Retida (mgGAE)	Compostos Fenólicos Totais (mgGAE)
50 ° C				
1	1896,6428	976,6160	406,3905	513,6363
2	1962,9139	1031,8116	363,1897	567,9126
3	1979,0264	988,7028	359,8423	630,4813
70 ° C				
1	2054,9182	663,7534	314,8134	1076,3514
2	1979,7269	627,6567	277,2505	1074,8198
3	1931,3429	620,4581	270,4010	1040,4839
90 ° C				
1	1807,3940	343,8203	86,9115	1376,6621
2	1944,4664	389,4127	81,7842	1473,2695
3	1961,5129	367,6390	83,3715	1510,5024

Tabela A.11- Teor em Atividade antioxidante ABTS+ da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Atividade antioxidante ABTS+ ($\mu\text{mol Trolox/g}$)	Atividade antioxidante ABTS+ na Massa Coletada ($\mu\text{mol Trolox/g}$)	Atividade antioxidante ABTS+ na Massa Retida ($\mu\text{mol Trolox/g}$)	Atividade antioxidante ABTS+ ($\mu\text{mol Trolox/g}$)
50 ° C				
1	52,7801	32,1440	16,6484	3,9877
2	54,6243	33,1148	17,8798	3,6297
3	55,0726	37,7129	14,2735	3,0862
70 ° C				
1	57,1846	23,8277	7,7829	25,5740
2	55,0921	23,4204	8,9549	22,7168
3	53,7457	22,1602	9,2510	22,3346
90 ° C				
1	50,2964	12,1350	7,0396	31,1219
2	54,1109	13,7342	6,0847	34,2920
3	54,5853	13,7541	5,6470	35,1842

Tabela A.12- Teor em Atividade antioxidante DPPH da pasta base processada, coletada e retida no leite de jorro nas temperaturas de 50, 70 e 90 C.

Processamentos	Entrada	Saída		Perdas
	Atividade antioxidante DPPH	Atividade antioxidante DPPH na Massa Coletada	Atividade antioxidante DPPH na Massa Retida	Atividade antioxidante DPPH
50 ° C				
1	483,4401	234,1734	98,7336	150,5330
2	500,3321	236,9236	84,6685	178,7400
3	504,4390	242,8508	89,8086	171,7797
70 ° C				
1	523,7833	155,3227	70,2834	298,1772
2	504,6176	133,7596	72,1436	298,7144
3	492,2849	148,6202	70,2119	273,4528
90 ° C				
1	460,6912	109,6638	27,2375	323,7899
2	495,6299	116,5821	28,4415	350,6063
3	499,9750	128,3269	61,5578	310,0903

APÊNDICE B

CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE ARROZ VERMELHO

Tabela B.1- Caracterização físico-química do amido de arroz vermelho em base seca

Componente	Proporção
Umidade/massa seca (%)	9,32 ± 0,15
Cinzas (%)	0,63 ± 0,05
Lipídeos (%)	0,09 ± 0,01
Proteínas (%)	0,61 ± 0,04
Carboidratos (%)	89,35 ± 0,17
Valor calórico (Kcal/100g)	360,42 ± 0,56
Acidez (g /100g de ácido cítrico)	0,49 ± 0,03
Açúcares Redutores (% em glicose)	0,21 ± 0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	2,67 ± 0,22
pH	5,60 ± 0,11
Ratio	5,50 ± 0,79

Tabela B.2- Propriedades físicas do amido de arroz vermelho

Propriedade	Valor
Densidade Real (g/cm ³)	1,55 ± 0,09
Densidade Aparente (g/cm ³)	0,42 ± 0,02
Densidade compactada (g/cm ³)	0,61 ± 0,02
Absorção de água (g/100g)	102,22 ± 0,02
Absorção de óleo (g/100g)	94,55 ± 0,01
Índice de sinérese (%)	16,84 ± 0,11
Índice de Carr	29,42 ± 3,59
Índice de Hausner	1,42 ± 0,07
Porosidade	0,73 ± 0,02

APÊNDICE C

APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ELABORAÇÃO DE BARRAS DE CEREAIS UTILIZANDO POLPA DE JUÁ (Ziziphus joazeiro) DESIDRATADA OBTIDA EM LEITO DE JORRO

Pesquisador: TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 32038920.8.0000.5182

Instituição Proponente: Centro de Ciências e Tecnologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.192.287

Apresentação do Projeto:

Projeto de tese: ELABORAÇÃO DE BARRAS DE CEREAIS UTILIZANDO POLPA DE JUÁ (Ziziphus joazeiro) DESIDRATADA OBTIDA EM LEITO DE JORRO

Resumo conforme autora:

Ao longo dos últimos anos a demanda por alimentos mais nutritivos e funcionais vem crescendo mundialmente, e a ingestão dos mesmos é a maneira mais eficiente de evitar ou corrigir problemas de saúde já existentes, como por exemplo, a obesidade, diabetes, desnutrição, entre outros, que geralmente surgem em detrimento de uma má alimentação. Os frutos de juazeiro são comestíveis, sendo bastante consumidos in natura pelo sertanejo do Nordeste do Brasil. Apesar dos benefícios nutricionais e funcionais encontrados nos frutos de juazeiro, na literatura poucos são os estudos voltados para a avaliação da qualidade pós-colheita e para o armazenamento dos frutos do juazeiro, bem como para a verificação da sua possível utilização para fins alimentícios, motivando assim, as pesquisas para o desenvolvimento de produtos à base da cultura do juazeiro. As barras de cereais são um exemplo de alimentos alternativos para a ingestão de nutrientes essenciais à saúde, tais como: carboidratos, proteínas e fibras. Desse modo o objetivo desta

Endereço: Rua: Dr. Carlos Chagas, s/n

Bairro: São José **CEP:** 58.107-670

UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE

Telefone: (83)2101-5545 **Fax:** (83)2101-5523 **E-mail:** cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 4.192.287

pesquisa é utilizar a polpa de juá desidratada em leite de jorro na elaboração de barras de cereais, visando agregar valor nutricional às barras de cereais. As barras de cereais serão avaliadas quanto ao teor de água, proteína, sais minerais, lipídios, fibras e carboidratos. As mesmas também serão submetidas à análise microbiológica para assegurar a não presença de coliformes totais e termo tolerantes. Para a avaliação sensorial será utilizado o teste de aceitação com 40 julgadores não treinados, utilizando-se escala hedônica de 9 pontos para avaliar os atributos cor, aroma, sabor, textura e aceitação global, além disso será avaliada a intenção de compra das amostras. Os resultados obtidos serão avaliados pela análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de intervalo de confiança.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar a potencialidade de utilização de polpa de juá desidratada em leite de jorro na elaboração de barras de cereais, visando o aproveitamento do fruto, além de agregar valor nutricional a barra de cereais

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos conforme autora:

A elaboração das barras de cereais será realizada seguindo as normas de boas práticas de fabricação (BPF), e serão submetidas a análise microbiológica, para garantir a inexistência de qualquer contaminação que possivelmente venha causar algum dano a saúde dos consumidores. Os riscos dessa pesquisa são reações adversas, no caso de participantes com intolerância a glúten e/ou diabéticos e engasgamento após a ingestão da barra de cereal. A pesquisadora prestará assistência integral ao participante da análise no que se refere à possíveis complicações que possam surgir ao longo da realização da análise, ressaltando que haverá uma unidade hospitalar à 500 metros para prestar atendimento, caso seja necessário.

Benefícios conforme autora:

O alimento apresenta grande potencial funcional, atuando como melhorador das funções metabólicas e auxílio na manutenção da saúde

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A utilização de produtos oriundos de frutas regionais e altamente perecíveis em substituição total

Endereço: Rua: Dr. Carlos Chagas, s/ n
Bairro: São José CEP: 58.107-670
UF: PB Município: CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)2101-5545 Fax: (83)2101-5523 E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 4.192.287

ou parcial das matérias-primas utilizadas na elaboração das barras de cereais é uma maneira de elevar a qualidade nutricional das mesmas, visto que estas matérias-primas são ricas em nutrientes essenciais para a nossa saúde, e de reduzir o elevado índice de desperdício de frutas que não são usualmente consumidas ou industrializadas

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto encontra-se dentro das normas da resolução 466/12, logo, sou de parecer favorável a execução do mesmo.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1524221.pdf	15/06/2020 09:12:24		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	15/06/2020 09:05:08	TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	15/06/2020 09:04:02	TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	18/05/2020 09:31:29	TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA	Aceito
Outros	termoanuencia.pdf	18/05/2020 09:31:05	TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA	Aceito
Outros	declaracaodecoleta.pdf	14/05/2020 14:21:46	TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Cartadecompromissodopesquisador.pdf	10/03/2020 19:20:21	TAMIRES DOS SANTOS PEREIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua: Dr. Carlos Chagas, s/n
Bairro: São José CEP: 58.107-670
UF: PB Município: CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)2101-5545 Fax: (83)2101-5523 E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br

APÊNDICE D

QUESTIONÁRIO DO TESTE DE ACEITABILIDADE E INTENÇÃO DE COMPRA DE BARRAS DE CEREAIS ENRIQUECIDAS COM POLPA DE JUÁ

Teste de aceitabilidade e intenção de compra de barras de cereais enriquecidas com polpa de juá

Esta pesquisa está sendo divulgada após aprovação do Comitê de Ética sob o título "ELABORAÇÃO DE BARRAS DE CEREAIS UTILIZANDO POLPA DE JUÁ (Ziziphus joazeiro) DESIDRATADA OBTIDA EM LEITO DE JORRO". CAAE: 32036920.8.0000.5182 tendo por instituição proponente a Universidade Federal de Campina Grande-CCT/UFCG.

Gostaríamos de convidá-lo(a) a participar da pesquisa. A sua participação consistirá em responder perguntas a partir de um breve questionário online sobre seu perfil de consumo de barra de cereal e do conhecimento sobre o fruto em questão (juá). Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

O objetivo dessa pesquisa é a avaliar a percepção do consumidor frente aceitabilidade e intenção de compra de barras de cereais enriquecidas com diferentes concentrações de polpa de juá em pó.

Para o teste de intenção de compra, as notas serão, 1 "Definitivamente não compraria", 2 "Provavelmente não compraria", 3 "Talvez compraria, talvez não compraria", 4 "Provavelmente compraria" e 5 "Definitivamente compraria".

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, entre em contato com os pesquisadores:

Doutoranda (PPGEP/UFCG): Tamires dos Santos Pereira/ E-mail: tsantosp16@gmail.com
Orientadoras: Profa. Dra. Líbia de Sousa Conrado Oliveira/ E-mail: libiaconrado@yahoo.com.br
Profa. Dra. Josilene de Assis Cavalcante/ E-mail: josy_cavalcante@yahoo.com.br

Sendo assim, se você desejar contribuir com esta pesquisa, clique em "Sim, eu aceito participar" e responda às questões seguintes. Ao concordar, você declara estar ciente de como será sua participação, concordando que os dados obtidos na investigação serão utilizados para fins científicos (divulgação em eventos e publicações).

Caso não deseje participar, basta fechar a guia do formulário. O tempo estimado para responder o questionário é de 5 minutos.

Agradecemos a sua colaboração.

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. [Alterar configurações](#)

Considerando que fui informado(a) dos objetivos e da relevância do estudo proposto: *

- Li e ACEITO participar da pesquisa
- Li e NÃO ACEITO participar da pesquisa

Gênero *

- Feminino
- Masculino
- Prefiro não dizer

Idade *

- 18 a 23 anos
- 24 a 31 anos
- 32 a 41 anos
- 42 a 51 anos
- 52 a 61 anos
- 62 a 71 anos

Qual a sua escolaridade? *

- Sem escolaridade
- Ensino Básico
- Ensino Médio
- Ensino Superior
- Mestrado
- Doutorado
- Não sei informar

Qual a sua renda mensal FAMILIAR? *

- Nenhuma renda
- Até 1 salário mínimo
- De 1 a 2 salários mínimos
- De 2 a 3 salários mínimos
- De 3 a 4 salários mínimos
- Acima de 4 salários mínimos

Cidade/Estado *

Texto de resposta curta

Você costuma consumir barras de cereais? *

- Sim
- Não
- Às vezes

Você costuma comprar barras de cereais? *

- Sim
- Não
- Às vezes

Qual a sua frequência de consumo de barras de cereais? *

- Todo dia
- 3/4 vezes por semana
- 2 vezes por semana
- 1 vez por semana
- de 15 em 15 dias
- Ao menos 1 vez por mês
- Nunca

Qual o tipo de barras de cereais que você mais consome? *

- Cereal
- Frutas
- Sementes e nozes
- Proteica
- Energética
- Com chocolate

Com base nos atributos abaixo, indique aqueles mais observados na compra de barras de cereais. *

- Sabor
- Textura
- Marca
- Preço
- Embalagem
- Praticidade
- Tamanho da porção
- Informações nutricionais
- Variedade de grãos
- Outros

Quando você costuma consumir barras? *

- No intervalo entre as refeições
- Antes/Depois da atividade física
- Para substituir uma refeição
- Para disfarçar a fome

Você conhece o fruto Juá?



Sim

Não

Qual a forma de utilização do juá que você conhece? *

- Cosméticos
- Medicamentos
- Alimentos
- Nenhuma
- Outras

Você já ouviu falar de algum desses benefícios do juá? *

- Atividade antibacteriana
- Alto teor de compostos bioativos
- Tratamento da febre
- Tratamento de infecção bacteriana
- Tratamento de gengivite
- Tratamento de doenças respiratórias
- Tratamento de dor
- Nenhuma
- Outros...

Você compraria barras de cereais enriquecidas com polpa de juá em pó? *

- Definitivamente não compraria
- Provavelmente não compraria
- Talvez compraria, talvez não compraria
- Provavelmente compraria
- Definitivamente compraria

Por que?

Texto de resposta longa