



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDO DE FONTES NÃO
CONVENCIONAIS**

Carlos Roberto Souza do Amaral
Bacharel em Agroindústria

BANANEIRAS - PB

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

**“EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDO DE FONTES NÃO
CONVENCIONAIS”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar, do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Campus III da UFPB, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia Agroalimentar.

Discente: Carlos Roberto Souza do Amaral

Orientador: Prof. Dr. George Henrique Camêlo Guimarães

BANANEIRAS– PB

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo na publicação Seção de Catalogação e Classificação

A485e Amaral, Carlos Roberto Souza do.
EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDO DE FONTES NÃO
CONVENCIONAIS / Carlos Roberto Souza do Amaral. -
Bananeiras, 2025.
46 f.

Orientação: George Henrique Camêlo Guimarães.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Amidos não convencionais. 2. Extração. 3.
Tecnologia. I. Guimarães, George Henrique Camêlo. II.
Título.

UFPB/CCHSA CHÃ

CDU 63(043.2)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: Extração e caracterização de amido de fontes não convencionais.

AUTOR: Carlos Roberto Souza do Amaral

ORIENTADOR: Prof. Dr. George Henrique Camelo Guimarães

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Dr. George Henrique Camelo Guimarães
Instituto Federal de Pernambuco – Orientador

Dr. Emmanuel Moreira Pereira
Universidade Federal da Paraíba – Examinador

Dr. Renato Lima Dantas
Nova Esperança – Facene-Famene – Examinador

Bananeiras, 19 de dezembro de 2024

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Carlos Roberto Souza do Amaral é técnico em agroindústria (2001-2004) pelo Colégio Agrícola Vidal de Negreiros (CAVN) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), bacharel em agroindústria também pela UFPB (2004-2009). Durante a graduação atuou em projetos de iniciação científica e extensão nas áreas de avicultura (PIVIC), pós colheita (EXTENSÃO) e laticínios (ESTÁGIO) e foi monitor de disciplinas como análise sensorial e operações unitárias. Desde 2010 é técnico em alimentos e laticínios do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), campus III da UFPB. Atuou como professor no Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC) com carga horária superior a 300 horas. Em 2015, cursou 1 semestre do mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora em Minas Gerais em parceria com a EMBRAPA gado de leite e o Instituto de Laticínios Cândido Tostes. Atualmente exerce a função de técnico em análises físico-químicas no Campus III da UFPB. No programa de pós graduação em tecnologia agroalimentar (PPGTA) desenvolveu pesquisa na área de qualidade da matéria prima em extração e caracterização de amidos de fontes não convencionais, com ênfase no aproveitamento de resíduos agroindustriais e valorização de culturas regionais.

“E foi assim, depois de esperar com paciência, Abraão alcançou a promessa”

(Hebreus 6, 15)

À Deus toda honra e glória.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida.

À toda minha família, especialmente meus pais, Carlos (*in memoriam*) e Valdelúcia por me darem a educação necessária e todo apoio para chegar até aqui. À minha esposa Katiane pelo apoio, paciência e companherismo de uma vida. Vocês foram e são peças fundamentais na minha jornada.

Ao meu orientador, Prof^o George Henrique Camelo Guimarães, por todo apoio, orientação, paciência e experiências compartilhadas durante este período e principalmente por não ter desistido de mim.

A todos os meus queridos amigos e colegas que construí durante essa longa jornada na UFPB, em especial os colegas de laboratório Fabiano, Ricardo e Rafael.

Aos professores Emmanuel Moreira Pereira e Renato Lima Dantas por terem aceitado examinar e contribuir com nosso trabalho.

A todo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar, pelo profissionalismo com qual transmitiram valiosos conhecimentos que contribuíram para a minha formação, em especial à professora Camila Mangolin por me acolher no estágio à docência. Ao secretário Girleno Viana, por todas as ajudas a mim concedidas quando precisei. À pós-doutoranda Cristiani Grisi pelo apoio na realização de algumas análises.

À Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade que me proporcionou para cursar a pós-graduação.

Obrigado.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	13
2.OBJETIVOS.....	15
2.1 Geral.....	15
2.2 Específicos.....	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 Amido.....	16
3.2 Extração do amido	19
3.3 Fontes não convencionais de amido	21
3.3.1 Pitomba.....	21
3.3.2 Jaca.....	22
3.3.3 Feijão guandu.....	24
4. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	26
4.1 Local de execução.....	26
4.4.1 Matéria prima.....	26
4.2 Extração do amido.....	27
4.3 Caracterização do amido.....	27
4.3.1 Umidade.....	27
4.3.2 Cinzas.....	27
4.3.3 Proteínas.....	30
4.3.4 Lipídios	30
4.3.5 Carboidratos.....	30
4.3.6 Amilose	30
4.3.7 Amilopectina	31
4.3.6 Cor.....	31
4.4 Propriedades tecnológicas do amido.....	31
4.4.1 Densidade aparente.....	31
4.4.2 Densidade compactada.....	31
4.4.3 Fator de Hausner e índice de compressibilidade.....	32
4.4.4 Poder de inchamento e índice de solubilidade.....	32
4.4.5 Capacidade de absorção de água.....	32
4.4.6 Espectroscopia no infravermelho (FT-IR)	32

4.5 Análise estatística	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Composição do amido.....	35
5.2 Teor de amilose e amilopectina	37
5.3 Densidade aparente e densidade compactada	38
5.4 Poder de inchamento e Índice de solubilidade	39
6. CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43

RESUMO

As principais fontes de obtenção de amido para uso industrial são o milho, a batata e a mandioca. O aproveitamento de fontes não convencionais e subutilizadas industrialmente se torna uma fonte importante de obtenção de amido. Além da utilização como promotores de corpo, o amido vem sendo estudado na produção de filmes e revestimentos biodegradáveis. Nesse sentido, o estudo de novas fontes não convencionais de amido vem crescendo nos últimos anos. O objetivo nesse trabalho foi extrair amido de fontes não convencionais como pitomba, feijão guandu e sementes de jaca e estudar as suas propriedades tecnológicas. O feijão guandu obteve rendimento de 11% e a pitomba, próximo a 9%. A concentração de amido variou de 79% para pitomba a 88% para jaca e milho. Não houve diferença significativa entre as amostras para os Índices de Hausner e de compressibilidade. O poder de inchamento e índice de solubilidade foram testados nas temperaturas de 60°C, 70°C, 80°C e 90°C. A pitomba teve destaque no poder de inchamento e apresentou valor elevado já a partir da temperatura de 70 °C. Não houve diferença significativa entre as amostras para o índice de Hausner. As fontes não convencionais avaliadas nesse estudo mostram um grande potencial de utilização na indústria. O amido da pitomba apresentou valor elevado para o poder de inchamento em temperaturas mais baixas, podendo ser indicado para utilização como espessante para proporcionar corpo a determinados produtos. As fontes testadas mostraram potencial para exploração.

Palavras-chave: Amidos não convencionais, extração, tecnologia, reologia.

ABSTRACT

The main sources of starch for industrial use are corn, potatoes and cassava. The use of unconventional and industrially underutilized sources becomes an important source of starch supply. In addition to its use as body promoters, starch has been used in the production of biodegradable films and coatings. In this sense, the study of new non-conventional sources of starch has been growing in recent years. The objective in this work was to extract starch from unconventional sources such as pitomba, pigeon peas and jackfruit seeds and study their technological properties. Pigeonpea had a yield of 11% and pitomba, close to 9%. Starch concentration ranged from 79% for pitomba to 88% for jackfruit and corn. There was no significant difference between the samples for Hausner and compressibility indices. The increasing power and solubility index were tested at temperatures of 60°C, 70°C, 80°C and 90°C. The pitomba stood out in terms of swelling power and showed a high value starting at a temperature of 70 °C. There was no significant difference between the samples for the Hausner index. The sources not evaluated in this study show great potential for use in industry. Pitomba starch showed a high value for forward power at lower temperatures, and can be recommended for use as a thickener to supply the body with certain products. The sources tested demonstrated potential for exploitation.

Keywords: Unconventional starches, extraction, technology, rheology

1. INTRODUÇÃO

Um dos problemas que vêm afetando o meio produtivo há vários anos é o crescente desperdício dos alimentos. Por isso, o processamento de produtos comumente não explorados e resíduos agroindustriais têm cada vez mais destaque nas pesquisas, visando minimizar os desperdícios e agregar valor aos alimentos, agregando valor às espécies pouco exploradas comercialmente.

Segundo Padilha *et al.* (2016), 60,1% dos resíduos alimentares são frutas e, desta classe, as partes mais consumidas são casca (86,1%), bagaço da polpa (9,9%) e caroço (4,0%). Muitas dessas partes são rejeitadas durante o beneficiamento/processamento dos frutos e, sabendo disso, a indústria tem visado bastante ao reaproveitamento desses resíduos, utilizando-os como uma nova fonte alternativa de amido.

Tendo em vista o elevado uso industrial do amido, a obtenção de amidos de fontes não convencionais, que não competem como fonte de alimentação da população humana se torna uma opção a ser explorada. A modificação nas fontes de amido, na composição, nas diferentes propriedades e na estrutura do amido o torna apropriado a diversos tipos de aproveitamento, por ser considerado um carboidrato essencial ao consumo humano e de grande aplicação na indústria alimentícia.

O amido é um polissacarídeo composto por amilose e amilopectina, que apresenta diferentes concentrações de acordo com a sua origem. Tecnicamente o amido é bastante versátil e possui diversas aplicabilidades dentro da agroindústria, desde participando como ingrediente em formulações de produtos alimentícios até na composição de produtos não alimentícios. Diversas podem ser as fontes de amido, desde túberas, raízes ou até mesmo de sementes de frutos.

Esse biopolímero é semicristalino e composto por amilose e amilopectina (THAKUR, 2019) e corresponde a principal substância de reserva energética vegetal, sendo responsável pelo fornecimento de calorias na dieta humana (RAIGOND *et al.*, 2015). Dentre as funções na indústria de alimentos, o amido pode ser aplicado como estabilizador, espessante, revestimento e agente gelificante (THAKUR, 2019).

O amido é encontrado sob a forma de grânulos, no endosperma de sementes de cereais e leguminosas, tubérculos, frutos, sementes de frutos e muitos outros órgãos de reserva de plantas (THAKUR, 2019). As principais fontes convencionais de amido são trigo, arroz,

batata, milho e mandioca (RAIGOND *et al.*, 2015).

Já dentre as fontes não convencionais de amido, as amêndoas e sementes de frutos são importantes exemplos, bem como suas polpas. A pitomba (*Talisia esculenta*), por exemplo, é uma espécie nativa do Brasil com pouca exploração tecnológica que apresenta um endocarpo que corresponde a cerca de 50% do seu peso, e uma polpa que apresenta um baixo rendimento e dificuldade de remoção quando completamente madura o que torna a sua exploração bastante restrita. O constituinte de maior abundância nas suas sementes é o amido (AFOLABI *et al.*, 2012; MANIGLIA e TAPIA-BLÁCIDO, 2016).

Outro fruto que possui na constituição de suas sementes um considerável teor de amido é a jaca. Constata-se que a concentração de amido no interior das sementes de jaca aumenta com o grau de maturação do fruto. O amido da semente de jaca, por possuir diversas características de interesse industrial pode ser um produto adequado para utilização industrial (BERNARDO *et al.*, 2018; RANASINGHE *et al.*, 2019).

Adicionalmente às sementes, as leguminosas em sua maioria são ricas em proteínas, mas também por possuírem grãos, são excelentes fontes de amido. Um exemplo de leguminosa rica em amido é o feijão guandu, que é uma espécie adaptada a condições de escassez de água, considerada tolerante à seca e uma cultura vital para a agricultura de subsistência nos trópicos e subtropicais. Pode ser cultivado em uma ampla variedade de solos, tendo a capacidade de produzir alimento nutritivo mesmo que o solo esteja degradado e com poucos recursos (MISHRA *et al.*, 2017). Essa importante leguminosa é fonte de amido para o consumo, entretanto, dependendo da região, esse feijão ainda possui baixo apelo comercial e não possui grande venda, sendo a exploração tecnológica do amido uma alternativa agroindustrial.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Extrair e analisar as propriedades físicas, físico-químicas, tecnológicas, funcionais e estruturais do amido de três diferentes fontes não convencionais.

2.2 Específicos

- Extrair os amidos da polpa e da semente da pitomba, do feijão guandu e da semente de jaca;
- Caracterizar os amidos extraídos quanto aos parâmetros físicos;
- Caracterizar os amidos extraídos quanto aos parâmetros físico-químicos;
- Determinar as propriedades tecnológicas e funcionais dos amidos;
- Determinar a morfologia dos amidos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Amido

O amido está presente em diversas partes das matrizes vegetais sendo capaz, por exemplo, de ser encontrado em frutos, caules e sementes. Quando disposto em frutos e sementes, o teor pode variar de acordo com o grau de maturação da planta. Este carboidrato pode ser sintetizado pelos vegetais e utilizado como fonte de energia para o desenvolvimento, contudo, pode vir a se acumular posteriormente, sendo que isso vai depender da espécie de cultivo e do local de acúmulo (PREISS, 2018).

O amido é o componente principal de reserva em plantas, armazenado na forma de grânulos. É um polissacarídeo universal abundantemente disponível nas sementes. Normalmente, o tamanho do grânulo de amido varia entre 1 e 120 μm e está presente em diferentes formas, como poligonal, redondo e lenticular (KUMAR *et al.*, 2019). Porém, com o passar dos anos, sua função acabou não sendo restrita somente como reserva de energia nas plantas, mas também como uma importante fonte de energia para os organismos vivos que, com a evolução, adquiriram enzimas capazes de degradar o amido transformando-o em fonte de energia para o seu metabolismo (AMARAL *et al.*, 2007).

O amido é um carboidrato que pode ser extraído de uma variedade de fontes vegetais como raízes e tubérculos, cereais, leguminosas e frutas. Porém, a nível industrial e comercial a extração do amido se restringe basicamente a raízes e tubérculos e cereais convencionais tais como amido de milho, mandioca e batata (VANIÉR *et al.*, 2017).

Segundo Mali *et al.* (2010), o amido de rizomas e tubérculos representa uma importante matéria-prima para a indústria e é considerado a principal fonte de energia da alimentação humana e animal. Neste sentido, o mercado de amidos vem se expandindo e se aperfeiçoando, sempre em busca de produtos com características específicas que atendam às exigências da indústria e dos consumidores.

Estruturalmente, o amido é um carboidrato constituído por dois polímeros de glicose, que são a amilose e a amilopectina. Tais polímeros estão presentes no amido em diferentes proporções, dependendo da fonte, possuindo estrutura e funcionalidade diferentes (GOUS *et al.*, 2013).

Em uma cadeia essencialmente linear formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4 está a amilose, que contribui principalmente para a fase amorfa do

grânulo de amido. Sua forma é helicoidal ou espiral, voltada para a direita. No interior da hélice contém predominância de átomo de hidrogênio e no exterior há grupos de hidroxilas. Cada volta da hélice contém cerca de seis unidades de α D-glicopiranosil (FENNEMA, 2010).

De acordo com Mali et al. (2002), a amilose confere uma característica de filmes mais resistentes comparados à amilopectina. Leopoldino (2017) destaca que amido de alto teor de amilose forma géis relativamente rígidos e elásticos enquanto o baixo teor de amilose resulta na formação de géis fracos.

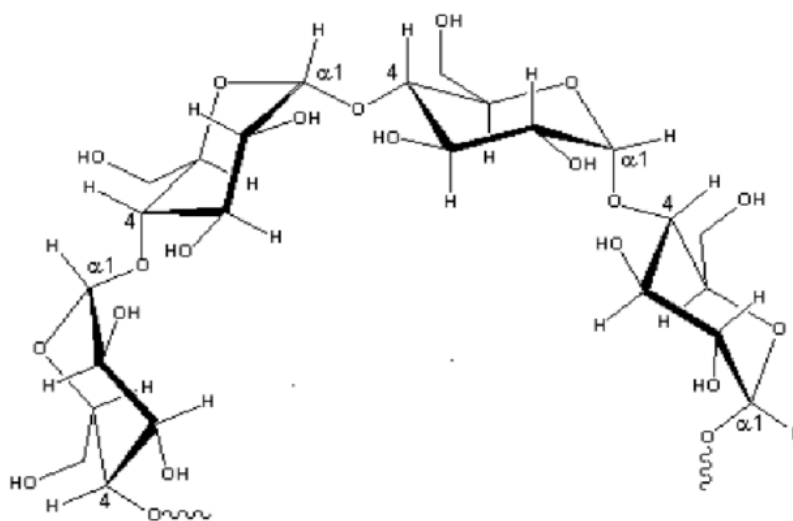


Figura 1: Estrutura da amilose [polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4)]. (Fonte: LAJOLO & MENEZES (2006)).

O percentual de amilose influencia as propriedades térmicas e reológicas do amido e é usado como determinante das propriedades mecânicas, entre elas a permeabilidade ao oxigênio, capacidade de absorção de água e viscosidade (ZHU *et al.*, 2017).

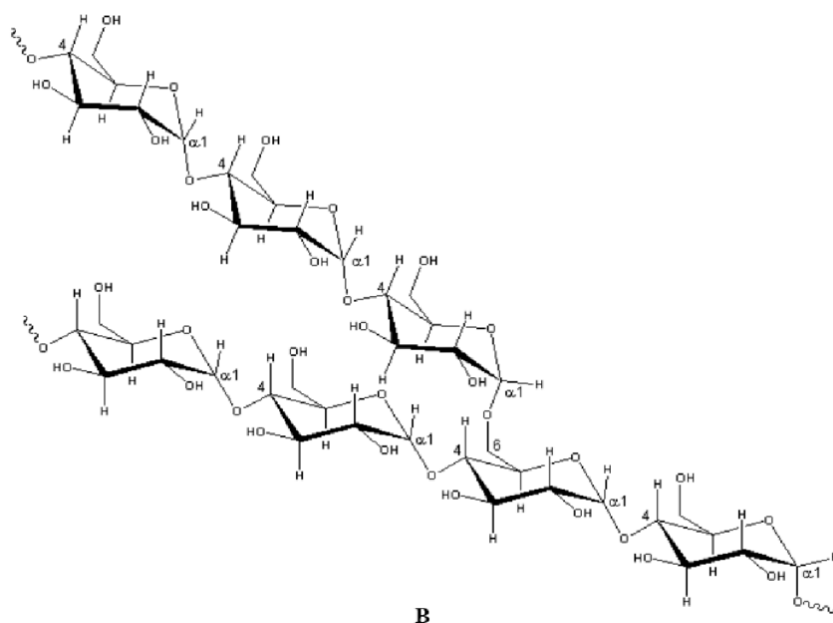


Figura 2: Estrutura da amilopectina [polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α -(1-4) e α -(1-6)]. (Fonte: LAJOLO & MENEZES (2006)).

Formado por unidades de glicose unidas em α -1,4 e ligações α -1,6 com estrutura altamente ramificada está a amilopectina, que contribui predominantemente para a organização cristalina periférica de grânulos de amido (TRAKUR, 2019).

Sua estrutura possui apenas grupos redutores terminais, nos quais estão ligadas a numerosas cadeias ramificadas, sendo que, essas ramificações são agrupadas e apresentam-se como hélices duplas. A amilopectina está presente em todos os amidos, constituindo cerca de 75% da maioria dos amidos comuns (FENNEMA, 2010).

A organização das cadeias de amilopectina é responsável pela cristalinidade do amido, mantendo a estrutura do grânulo, controlando o comportamento na presença de água e a resistência aos ataques químicos e enzimáticos, pois a amilopectina possui menor facilidade de absorção de água e enzimas. Isso pode ser explicado devido a molécula ser mais compactada do que a amilose (TEIXEIRA, 2007).

Para Weber *et al* (2009), a finalidade de utilização do amido na cadeia alimentícia é determinada por algumas propriedades de extrema importância que afetam suas propriedades químicas e funcionais (propriedades de pasta, índice de absorção de água e solubilidade, temperatura de gelatinização). A proporção de amilose e amilopectina, tipo de cadeia desses

polímeros e tamanho dos grânulos de amido são algumas dessas propriedades.

O amido apresenta excelente capacidade de absorção de água e sofre formação de gel durante o aquecimento. Essas características fazem com que o amido seja usado em diferentes aplicações, como adesivos, diluentes, agentes gelificantes, espessantes, estabilizadores de emulsão, enchimentos e agentes de volume e suspensão, nas indústrias alimentícias e não alimentícias. Além disso, as nanopartículas de amido também são utilizadas como carreadores no sistema de liberação de fármacos (RATHORE *et al.*, 2019).

Shahet *al.* (2016) citam que várias fontes de amido têm sido exploradas para atender a crescente demanda nas indústrias alimentícias. A compreensão precisa das propriedades do amido incentiva a busca por novas fontes não convencionais para atender as indústrias alimentícias e não alimentícias.

O amido é considerado um biopolímero promissor para ser utilizado com variadas aplicações, como em embalagens, por ser uma matéria-prima versátil, barata e abundante na natureza (RÍOS-SOBERANIS, 2016). O aumento da consciência ambiental e o estilo de vida saudável motivam pesquisas de alimentos e materiais ecologicamente corretos e biodegradáveis.

O aumento na utilização de amido como ingrediente na indústria alimentícia tem estimulado o desenvolvimento de diferentes métodos de extração com o objetivo de se obter produtos com alta pureza e propriedades físicas bem definidas. O procedimento para isolar o amido é diferente para cada fonte, principalmente devido às diferenças no conteúdo de proteínas e propriedades do amido de cada uma delas (CARDOSO *et al.*, 2007).

3.2 Extração

O processo de extração do amido tem como objetivo obter um produto com alto grau de pureza e baixos conteúdos de proteínas, lipídeos, cinzas e fibras. As condições empregadas no processo variam de acordo com a espécie de amido e sua fonte botânica, e devem evitar ao máximo o dano mecânico e a modificação dos grânulos (LINDEBOOM *et al.*, 2004).

Cardoso *et al.* (2007) estudaram a influência da concentração de NaOH na remoção de proteínas e degradação dos grânulos de amido de arroz durante o processo de extração alcalina e concluíram que extração alcalina foi ótima usando concentrações de NaOH entre

0,15% e 0,18% (p/v). Zavareze, *et al.* (2009) também em estudo de extração de amido de arroz de diferentes cultivares, utilizaram a concentração de 0,1% (p/v) com o objetivo avaliar o rendimento de extração de amido com alta, média e baixa amilose e concluíram que a extração alcalina de amido de arroz resulta em produto com baixos resíduos de proteínas, lipídios e minerais.

Fonseca-Lopézet *al.* (2020) utilizaram água na extração de amido de *Canna indica L.* e avaliaram as características físico-químicas de amidos extraídos e secos em temperatura controlada e temperatura ambiente. O amido foi extraído pela liquefação e pela ralagem e os autores concluíram que o amido extraído pela ralagem suporta maior temperatura e tolera melhor os médios ácidos, demonstrando que o tratamento físico do amido influencia na temperatura de gelatinização e a resistência do amido à acidez.

Liporacciet *al.* (2005) utilizaram uma solução de metabissulfito de sódio 0,1% como coadjuvante na extração e avaliaram o efeito do método na composição química e nas propriedades funcionais do amido de inhame (*Dioscoreaalata*). Os autores concluíram que a extração de amido de inhame através do método requereu mais tempo, o rendimento foi menor, no entanto, o amido obtido apresentou alto grau de pureza. Silva *et al.* (2019) avaliaram o efeito do metabissulfito de sódio na extração de amido de duas espécies de inhame da amazônia. Os autores citam que o amido de *D. alata* e *D. altissima*, não é tóxico, tem rendimento promissor, propriedades funcionais e tecnológicas adequadas para uso na indústria de embalagens e como matéria-prima na indústria de alimentos, na elaboração de sopas, massas, pães e produtos à base de carnes.

Em estudo que avaliou as propriedades químicas e funcionais do amido de inhame (*Dioscorea sp.*) cultivar São Bento, Reis *et al.* (2010) utilizaram solução 1% (p/v) de ácido oxálico e oxalato de amônio (1:1) na extração de amido e concluíram que o amido de inhame extraído com ácido oxálico e oxalato de amônia possui quantidade significativa de proteínas e açúcares redutores, bem como baixa solubilidade a água a frio, é mais estável ao aquecimento e agitação, tem tendência intermediária a retrogradação, além de ter baixo poder de inchamento e solubilidade em óleo a frio.

3.3 Fontes não convencionais de amido

3.3.1 Pitomba (*Talisiaesculenta*)

A pitomba, pertencente à família Sapindaceae, é nativa da região amazônica ocidental, embora seja amplamente cultivada também na região Nordeste do Brasil (Sousa, 2016). A pitomba é consumida geralmente *in natura* porque as dificuldades para remover a polpa e seu baixo rendimento dificultam as tecnologias de processamento. O endocarpo da pitomba representa cerca de 50% do peso total do fruto, constituindo uma fonte de rica em amido (CASTRO *et al.*, 2019).

A pitombeira desenvolve-se tanto no interior da mata primária densa como em formações secundárias, porém sempre em várzeas aluviais e fundos de vales dos ecossistemas de Cerrado, Mata Atlântica e Floresta Amazônica. Seus indivíduos são de porte arbóreo, com flores pequenas, perfumadas, brancas em cachos terminais. Os frutos possuem polpa carnosa e adocicada, são apreciados nas regiões Norte, Nordeste do País e também no Norte de Minas Gerais, sendo consumidos *in natura* ou na fabricação de polpas (ALVES *et al.*, 2013).

Vieira e Gusmão (2018) descrevem a pitomba como sendo um fruto arredondado contendo de uma a duas sementes, globosos a ovais, medindo cerca de 32,59 x 26,33 milímetros de comprimento e diâmetro, respectivamente, com massa média de massa fresca e rendimento de polpa de 15,02 e 3,35 g, respectivamente, cuja cor é pardo-amarelada e casca de consistência coriácea (Figura3). A aparência da casca é fina, marrom e macia. A polpa é a única parte comestível da pitomba, apresentando textura semelhante à do damasco. Além disso, seu sabor pode ser descrito como uma combinação de damasco e limão.



Figura 3. Pitomba. (FONTE: Autor)

A pitomba tem grande importância ecológica na dispersão ornitocórica e econômica, pois os frutos além de serem consumidos de forma *in natura* são também utilizados na culinária regional para a fabricação de compotas, de geleias e doces com sabor que lembra o damasco (*Prunus armeniaca* L., Rosaceae). Apesar da sua importância socioeconômica, estudos sobre o seu aproveitamento industrial são escassos, havendo a necessidade de aprofundamento nesse sentido.

A exploração da pitomba como fonte antioxidante foi estudada por Neri-Nuna *et al.* (2014). No estudo os autores concluíram que a pitomba tem potencial para ser usada como suplemento e ingrediente funcional em produtos alimentares, necessitando que mais estudos sejam realizados com o objetivo de avaliar a toxicidade, presença de outros compostos, formas de isolamento e a ação destes compostos por ensaios biológicos mais complexos.

A composição fenólica e o aroma da pitomba foram estudados por Souza *et al.* (2016), eles observaram uma atividade antioxidante moderada indicando uma opção para a exploração econômica da pitomba como fonte de alimento natural.

A semente da pitomba representa metade do peso total dessa fruta exótica brasileira. A extração do amido dessa semente foi estudada por Castro *et al.* (2019). Os autores concluíram que a pitomba é uma alternativa para o aproveitamento de amidos não convencionais.

3.3.2 Jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)

A jaca é uma fruta tropical consumida por várias pessoas em muitos países. As sementes de jaca contêm quantidade considerável de amido, em torno de 60-80% que se qualifica como uma fonte sustentável para indústrias alimentícias e farmacêuticas (KITIPONGPATANA, 2015).

No Brasil, a jaca é cultivada em toda a região Amazônica e em toda a costa tropical, do Estado do Pará ao Rio de Janeiro. Também pode se desenvolver em regiões de clima semiárido e subtropical, desde que haja a utilização da irrigação artificial, como ocorre no Estado do Ceará. A safra ocorre entre dezembro a abril e de acordo com Goswami e Chacrabati (2016) é considerada a maior fruta comestível do mundo.

O fruto da jaqueira (figura 4) é formado por uma parte externa (casca) e quatro partes internas (polpa ou bagos, mesocarpo, pedúnculo e sementes), segundo Nascimento (2019).

Quanto à sua composição, estudos demonstraram concentrações acima de 90% de potássio e magnésio. Além disso, observaram-se teores mais elevados de proteína, carboidratos e lipídios nas sementes em relação à polpa, sendo o seu maior componente, o amido, o qual chega a apresentar teor acima de 92% em base seca (ROCHA, 2020).



Figura 4. Jaca. (Fonte: Google fotos)



Figura 5. Semente de jaca. (Fonte: Autor)

De um modo geral, as fontes mais comuns de amido são milho, batata, mandioca, arroz, trigo, sorgo e cevada (REVISTA-FI, 2015). Dessa forma, o uso do amido proveniente da semente de jaca além de ser uma nova fonte, agrega valor a um resíduo da indústria de alimentos que é destinado para adubo ou ração animal.

Constata-se que a concentração do composto na semente de jaca aumenta com o grau de maturação do fruto. Seu potencial espessante e estabilizante, sua elevada capacidade de absorção de água e de óleo, sua alta temperatura de gelatinização, boa cristalinidade e estabilidade térmica tornam o amido da semente de jaca um produto, possivelmente, adequado para utilização industrial (BERNARDO *et al.*, 2018; RANASINGHE *et al.*, 2019).

Analisando o grande volume de jaca cultivada no mundo, observa-se que o descarte das sementes representa potencialmente uma elevada quantidade de amido desperdiçado. O amido da semente de jaca vem tendo sua aplicabilidade testada no desenvolvimento de paredes de encapsulação, em filmes, como agente espessante e estabilizante entre outros (CHEN *et al.*, 2016; ROCHA, 2020).

Sabe-se que a semente de jaca é rica em fitoquímicos bioativos, os quais possuem

propriedades antioxidantes. Ademais, estudos recentes indicaram o potencial uso da semente, a partir da extração de proteína do vegetal, tornando-a uma alternativa viável e de baixo custo (ZHANG *et al.*, 2019). Dada sua versatilidade e elevado valor nutricional, a jaca é utilizada de diversas maneiras, desde o uso medicinal, ao uso gastronômico. Apesar disso, como fonte alimentar, as sementes, que chegam a representar até 15% do peso total do fruto, raramente são consumidas, sendo apenas de forma cozida ou assada (MUKPRASIRT; SAJJAANANTAKUL, 2004).

3.3.3 Feijão guandu (*Cajanuscajan* (L.) Mill sp.)

O feijão “guandu” (figura 6), é também conhecido popularmente como feijão “guandú”, “guando”, “gandu” ou “andu”, pertence à família das Fabaceae. É uma planta ereta, arbustiva, de pleno sol e autógama, apesar de apresentar altas taxas de fecundação cruzada, de até 70%. Possui como provável centro de origem a Índia e foi trazido para o Brasil por descendentes africanos (GODOY; SANTOS, 2011). A área estimada globalmente é em torno de 5,4 milhões de hectares, com produção anual de 4,49 milhões de toneladas, sendo cultivado em 82 países do mundo (FAO STATISTICS, 2017). No Brasil ainda é incipiente seu cultivo, sendo muitas das vezes encontrados em quintais, voltados para subsistência ou fonte de renda familiar.



Figura 6. Feijão Guandu. (FONTE: Autor)

O feijão guandu se destaca no cenário agrícola devido às suas características morfológicas, fisiológicas e ao seu potencial produtivo. Essa cultura é utilizada na alimentação humana e animal, sendo esse último decorrente da palatabilidade e do alto rendimento, mesmo em condições de estiagem (DRUSHTANT *et al.*, 2020).

O feijão guandu pode atingir 5 m de altura, possuindo folhas dispostas em espiral no caule, em formato trifoliada; as flores podem ocorrer nas posições terminais ou axilares, geralmente possuindo cor amarela; as vagens são achatadas, podem ser peludas, geralmente são de cor verde, mas podem apresentar coloração rajada roxa-escura (KARRI, V.R.; NALLURI, N., 2017).

Trata-se de uma espécie adaptada a condições de escassez de água, considerada tolerante à seca e uma cultura vital para a agricultura de subsistência nos trópicos e subtropicais. Pode ser cultivado em uma ampla variedade de solos, tendo a capacidade de produzir alimento nutritivo mesmo que o solo esteja degradado e com poucos recursos (MISHRA *et al.*, 2017).

O feijão guandu é uma leguminosa arbustiva ou semiperene de origem Africana e indiana. No Brasil, é encontrado nos quintais domésticos e muitas cidades do interior, sendo consumido tanto verde, como semelhante à ervilha enlatada, e seca, como feijão comum, mas também pode ser usado para outros fins, como planta melhoradora de solo, na recuperação de áreas degradadas, na alimentação de animais domésticos e da pecuária (AZEVEDO, 2007).

Campos (2014), em estudos sobre as propriedades funcionais do amido do feijão guandu, observou um maior poder de intumescimento à medida que a temperatura foi elevada, assim como a solubilidade que apresentou melhores valores à temperatura acima de 85 °C. Quando avaliados solubilidade e intumescimento relacionados ao pH, foi visto que este aumentou a solubilidade quando atingiu valores de 6 e depois de 8, já com relação ao intumescimento, este sofreu elevações à medida que o pH subia, sendo destacados os valores entre 6 e 12.

Diante do exposto observa-se o grande potencial que feijão guandu possui, podendo ser mais explorado na alimentação humana, contribuindo não somente como fonte de nutrição como também com a saúde da população, podendo ser utilizado na produção de novos produtos alimentícios.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de execução

A extração e as análises físico-químicas dos amidos foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos, do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Campus III, Bananeiras - PB.

4.1.1 Matéria-prima

Os frutos utilizados neste estudo foram adquiridos nas feiras livres das cidades de Solânea e Bananeiras, situadas no estado da Paraíba, transportados para o laboratório de análises físico-químicas de alimentos, onde foram higienizados e processados para extração do amido conforme fluxograma (Figura 7).

Os frutos utilizados foram adquiridos no estágio de maturação comercial, ou seja, no ponto de consumo.

Ao chegarem no laboratório os frutos passaram por separação para remoção de folhas e talos e descarte dos que apresentaram danos físicos ou causados por micro-organismos.

O feijão guando foi lavado para retirada das sujidades e em seguida processado.

As pitombas foram armazenadas em sacos plásticos e congeladas até o momento do processamento.

As jacas foram abertas para a retirada das sementes que foram higienizadas e congeladas até o momento do processamento.

O feijão gandu foi armazenado em sacos plásticos e congelados em freezer doméstico a -18 C até o processamento.

O processamento da pitomba iniciou com a lavagem dos frutos e posterior remoção das cascas. Após a remoção, os frutos foram processados conforme descrito acima.

Já o processamento da jaca iniciou com a remoção das sementes. Em seguida as sementes foram lavadas para a remoção da fina camada que recobre as sementes, seguindo com o processamento.

4.2 Extração do amido

A extração do amido foi realizada seguindo o fluxograma descrito na Figura 7. A matéria prima foi processada em liquidificador doméstico Mondial, modelo L - 1200 BL, com 2 vezes o volume de água em relação ao peso, por 5 minutos em velocidade máxima. Após o processamento, a massa foi peneirada com o auxílio de peneira de *nylon* para a separação da parte mais espessa. O líquido obtido foi deixado em repouso para decantação por 2 horas. O sobrenadante foi retirado e novamente o volume foi completado com água e deixado em repouso. Esse processo foi repetido por 3 vezes. Após a remoção da água da última sedimentação, o conteúdo restante foi depositado em bandejas de inox e levados à secagem em estufa de circulação forçada de ar por 12 horas a 55°C. Após a secagem, a massa obtida foi triturada com o auxílio de almofariz e pistilo e em seguida peneirado em peneira com 80 mesh de abertura. O amido obtido foi então acondicionado em tubos de Falcon e armazenados em congelador doméstico (-18 °C) Eletrolux modelo 260 L até o momento das análises.

4.3 Caracterização físico-química do amido

Os parâmetros físico-químicos (umidade, atividade de água, cinzas, proteína, lipídios, amido e cor) foram determinados conforme os itens 4.3.1 a 4.3.7.

4.3.1 Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem das amostras em estufa a 105 ± 3 °C até massa constante, segundo metodologia descrita Pelo Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008).

4.3.2 Cinzas

A quantidade de cinzas foi determinada por meio da incineração da amostra em mufla aquecida a 550 °C, até a obtenção de um resíduo isento matéria orgânica, com coloração branca acinzentada, segundo a metodologia descrita pelo IAL (200

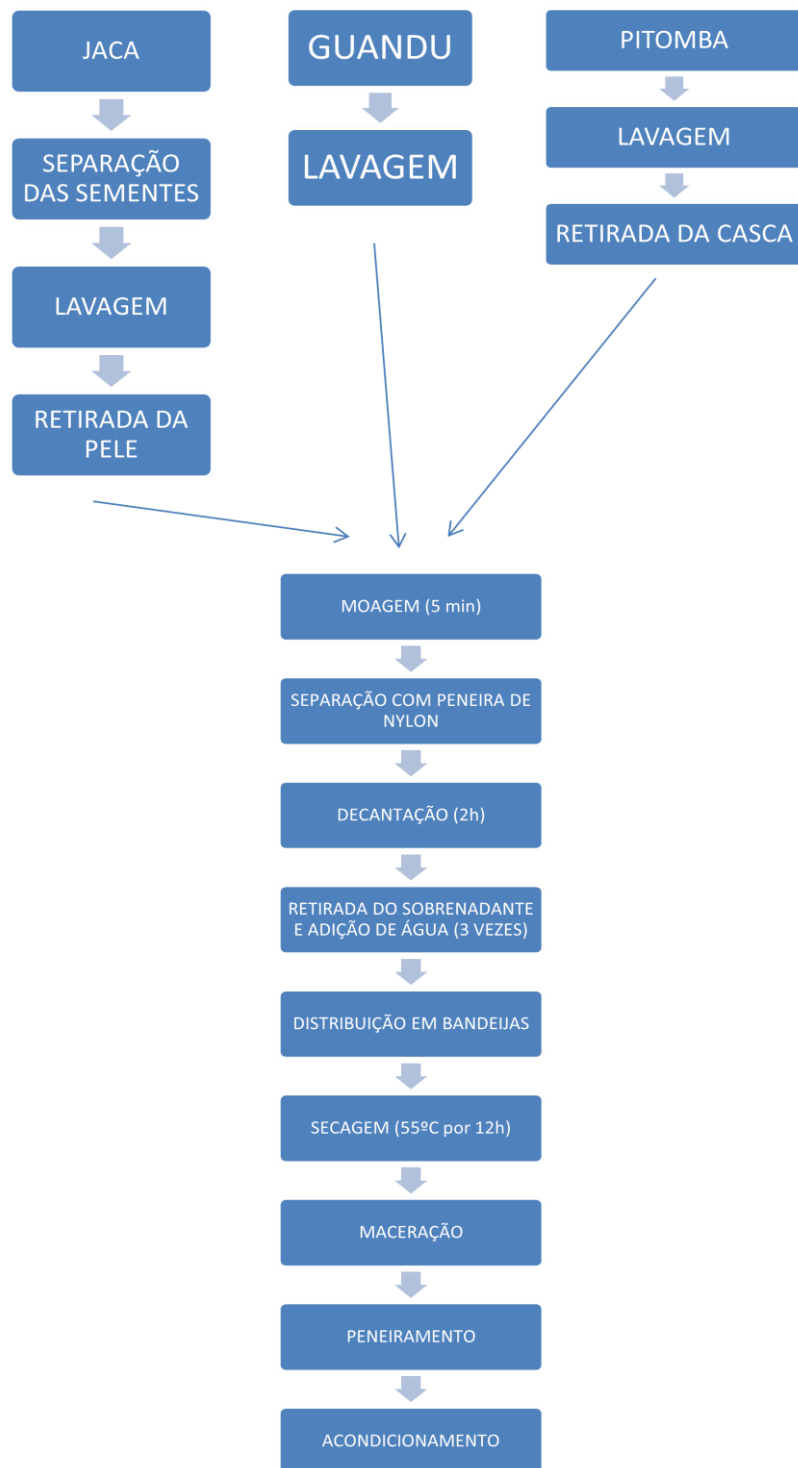
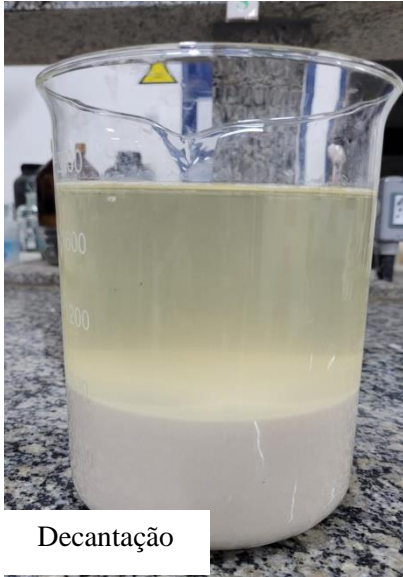


Figura 7. Fluxograma de processamento das matérias-primas. (Fonte: autor)



Decantação



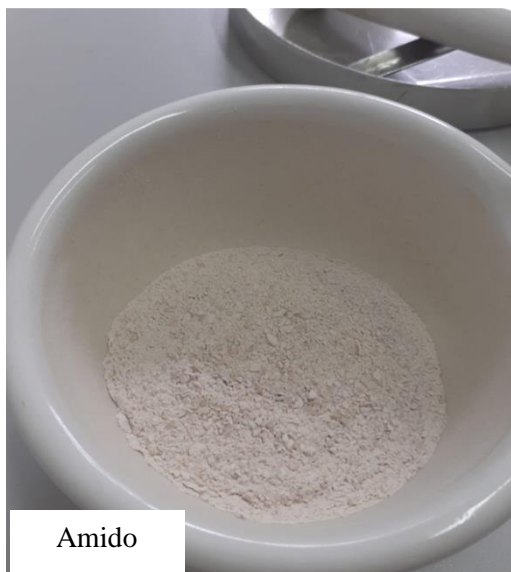
Secagem em estufa a 55 °C



Amostra seca



Maceração



Amido



Amido

4.3.3 Proteínas

O teor de proteína bruta foi quantificado pelo método Micro-Kjeldahl, que consiste na determinação do nitrogênio total de acordo com a metodologia descrita pelo IAL (2008).

4.3.4 Lipídios

A quantidade de lipídios foi determinada pelo método de Bligh e Dyer (1959), com utilização dos solventes clorofórmio e metanol (1:1).

4.3.5 Carboidratos (Amido)

O teor de amido foi determinado de acordo com a metodologia proposta pelo IAL (2008), que tem como princípio a detecção da glicose presente na amostra, produzida pela hidrólise da molécula de amido.

4.3.6 Amilose

O teor de amilose foi quantificado por método colorimétrico conforme Zavareze (2009). Foram pesados 100 mg de amido e transferidos para um balão volumétrico de 100ml, em seguida foi adicionado 1ml de álcool 96 °GL e 9 ml de solução de NaOH 1 mol/l. A solução foi aquecida em banho maria por 10 minutos a 100 °C e resfriada em seguida por 30 minutos. O volume foi completado com água destilada. Uma alíquota de 5 mL foi retirada e adicionada a um balão volumétrico de 100 mL, em seguida foi adicionado 1 mL de ácido acético 1 mol/L e 2 mL de solução de iodo 2% (p/v). O volume de cada balão volumétrico foi completado com água destilada.

Para construção da curva padrão, foram utilizados 40 mg de amilose pura (sigma) submetida ao mesmo procedimento utilizado para os amidos. Foram retirados alíquotas de 1, 2, 3, 4 e 5 mL do balão volumétrico acrescidos de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; e 1 mL de ácido acético e de 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2 mL de iodo respectivamente, completando-se o volume a 100 mL com água destilada. A leitura de absorvância foi realizada 30 min após a adição da solução de iodo a 610 nm.

4.3.7 Amilopectina

A amilopectina foi determinada pela diferença entre o teor de amido e o teor de amilose.

4.3.8 Cor

Para a determinação da cor foi utilizado a leitura direta utilizando o colorímetro modelo Delta Vista d.8 da Delta Color.

4.4 Determinação das propriedades tecnológicas e funcionais do amido

4.4.1 Densidade aparente

A densidade aparente foi calculada de acordo com a metodologia descrita por Souza *et al.* (2010), com algumas adaptações conforme Equação 1.

$$Pa = \frac{m}{v} \quad \text{Equação 1}$$

em que:

Pa = densidade aparente (g.cm⁻³)

m = massa (g);

v = volume (cm³).

4.4.2 Densidade compactada

A densidade compactada foi calculada de acordo com Tonon (2009) conforme Equação 2:

em que:

$$Pc = \frac{m}{va} \quad \text{Equação 2}$$

P_c = densidade compactada ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)

m = massa (g);

v_a = volume após compactação (cm^3).

4.4.3 Fator de Hausner e índice de compressibilidade

A partir das massas específicas aparente e compactada foram determinados o fator de Hausner e o índice de compressibilidade conforme metodologia descrita por Yusof *et al.*, (2012).

4.4.4 Poder de inchamento e índice de solubilidade

O poder de inchamento e o índice de solubilidade do amido foram determinados sob as temperaturas de 60 °C, 70 °C, 80 °C e 90 °C, de acordo com o método descrito por Schochet *et al.* (1964).

4.4.5 Capacidade de absorção de água

Para determinação da capacidade de absorção de água do amido, foi utilizado o método de Beuchat, (1977).

4.4.6 Espectroscopia no infravermelho (FT-IR)

As análises para determinação de grupos funcionais por espectroscopia no infravermelho (FT-IR) foram realizadas em espectrofotômetro FT-IR (Shimadzu, modelo IR Prestige-2, Japão). As amostras em KBr foram sobrepostas diretamente na célula de leitura do equipamento em temperatura ambiente (25 °C) e os testes foram realizados obtendo os espectros no modo transmitância. Os espectros foram obtidos na faixa de 400 a 4000 cm^{-1} , resolução de 4 cm^{-1} e 40 varreduras. A correção automática de linha de base foi aplicada a todos os espectros antes do ajuste da curva. Os espectros de autodeconvolução de Fourier foram então gerados com o software IR Solutions (Shimadzu), e o ajuste de pico foi realizado com o software OriginPro, versão 8.5 (OriginLab Corporation, Northampton, MA).

4.5 Análises estatísticas

O experimento foi realizado utilizando-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Os dados dos amidos obtidos pelos diferentes métodos de extração foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e aplicado o modelo de regressão através do programa computacional SAS® System.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento da extração do amido é um dos pontos mais importantes na hora de avaliar a utilização de uma variedade para esse fim. Nesse trabalho utilizou-se apenas água na extração e os valores médios estão expressos na Tabela 1. O feijão guandu apresentou uma porcentagem de rendimento superior aos encontrados para semente de jaca e pitomba, respectivamente.

Tabela 1. Rendimento da extração

Fonte de Amido	Rendimento de amido (%)
Guandu	10,86
Jaca	9,29
Pitomba	8,70
Milho	*

*não extraído, foi utilizado amido comercial.

Rocha *et al* (2020), ao extraírem amido não purificado de sementes de jaca utilizando ultrassom obtiveram um rendimento próximo a 18%, quase o dobro do encontrado nesse estudo para o mesmo fruto. A utilização desse método pode ser a explicação para um valor tão superior, já que a aplicação de ultrasson pode romper a estrutura do grão e liberar mais amido. Já Lubis (2017), em estudo sobre a utilização do amido da semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) na fabricação de bioplásticos obteve rendimento em torno de 11%, usando água para a extração, ficando mais próximos dos valores encontrados nesse estudo. Zhang *et al* (2018), utilizando tiosulfato de sódio 0,5 mol/L como auxiliar na extração de amido de sementes de jaca obtiveram rendimento acima de 20%.

O método utilizado para esse trabalho é de baixo custo e fácil operação já que utiliza apenas água como diluente, facilitando ainda mais a sua utilização.



Figura 8. Aparência visual dos amidos extraídos de jaca (J), guandu (G) e pitomba (P) comparados com o amido comercial de milho (M).

Existe uma grande diferença entre os tipos de amido, desde sua constituição até sua aparência. É possível observar na figura 8 o aspecto do amido extraído de diferentes fontes. Da esquerda para direita, podemos observar o amido de Jaca, Milho, Feijão Guandu e Pitomba, respectivamente. O aspecto de cor é a primeira diferença observada, sendo os amidos extraídos, mais escuros que o amido de milho. Essa diferença visual pode ser devido a não purificação do amido, que apresenta compostos que podem dar coloração, como cascas e partes das sementes.

5.1 Composição do amido

A Tabela 2 demonstra os valores médios obtidos na composição de cada amido analisado. Houve diferença significativa ao nível de 5% entre as amostras de pitomba e milho para o teor de amido.

Tabela 2. Composição e coordenadas colorimétricas dos amidos extraídos das diferentes fontes não convencionais, em comparação com o amido de milho

COMPOSIÇÃO	JACA	GUANDU	PITOMBA	MILHO
Amido (%)	88,18ab	81,59ab	79,51a	88,66b
Proteína (%)	2,51a	2,83a	3,37a	0,68b
Umidade (%)	8,18a	8,04a	9,26a	12,43b
Cinzas (%)	0,17a	0,24ab	0,14b	0,07a
Lipídeos (%)	0,26a	0,07b	0,14c	0,01b
Impurezas (%)	0,7	7,23	7,58	-----

Os teores de amido obtidos para todas as fontes analisadas foram acima de 70%, variando de 79% para o amido de pitomba a 88% para os amidos de milho e jaca. Estes resultados indicam eficiência no método de extração em nível de laboratório. Os baixos teores de lipídeos e cinzas encontrados são desejáveis e demonstram a pureza do amido extraído.

O amido de pitomba apresentou o maior percentual de proteína, passando de 3%, corroborando com o estudo de Castro *et al.* (2019), que obtiveram valores entre 2,8% e 4,0%.

A legislação brasileira para amidos comerciais recomenda um percentual de umidade de no máximo 14% (Brasil, 1987). O amido de milho comercial analisado no trabalho se encontra dentro dos níveis da legislação. Os valores estão de acordo com a legislação e um pouco abaixo do amido comercial utilizado como comparativo. Essa diferença nos percentuais de umidade pode ser explicada devido ao método utilizado no estudo, tipo de equipamento e ao binômio tempo/temperatura empregados na secagem. Baixos teores de umidade são desejáveis para dificultar o crescimento de micro-organismos e ajudar na conservação do produto. Por outro lado, o baixo teor de umidade influencia diretamente na queda do rendimento. É necessária uma adequação nesses parâmetros para que se obtenha um padrão de umidade desejável.

Os valores encontrados nesse estudo estão de acordo com os encontrados por Castro(2019) quando analisaram o amido extraído de pitomba. No trabalho, os autores avaliaram o amido obtido por métodos diferentes de extração e os valores médios de umidade ficaram em 8,41%.

Em estudo realizado em 2021, A'yuni *et al*, analisaram as propriedades físico

químicas de amido de feijão guandu de diferentes cultivares e obtiveram valores médios de umidade entre 8,6% e 9,3%, valores próximos aos encontrados nesse trabalho.

Os valores para lipídeos ficaram próximos a 0,35% e cinzas abaixo de 1%. Os valores de proteínas encontrados nesse estudo ficaram acima do encontrado no amido comercial analisado e superior aos encontrados nos estudos citados anteriormente. O valor médio para feijão guandu foi de 2,8% enquanto o amido comercial apresentou percentual abaixo de 1%. O método de extração e purificação do amido podem ter influenciado nesses resultados.

Os lipídios representam a fração mais importante associada com o grânulo de amido, estando presente principalmente em amidos de cereais, sendo responsáveis pela fixação de cor, desenvolvimento de aromas e complexações, o que não acontece nos amidos de tuberosas (BULÉON *et al.*, 1998).

Os resultados obtidos na análise de cor mostraram uma elevada luminosidade (L*) para o amido de milho. A intensidade do vermelho (+a*) foi maior no amido obtido a partir da pitomba, como pode ser observado na Figura 8, já para o amido de milho o valor encontrado foi negativo (verde). Em relação ao parâmetro intensidade de amarelo (+b*) os valores para jaca e guandu foram próximos, sendo um pouco mais elevado para o amido de pitomba.

Tabela 3. Valores de L*, a* e b* das amostras de amido.

Luminosidade (L*)	20,47	19,25	18,20	26,17
Intensidade do vermelho(+)/verde(-) (+a*)	0,50	0,33	1,08	-1,23
Intensidade do amarelo (+b*)	4,53	4,57	4,97	3,77

O amido de milho utilizado nesse estudo foi o amido comercial da marca MAISENA, comprado em supermercados.

5.2 Teor de amilose e amilopectina

Os teores de amilose e amilopectinados amidos estão apresentados no gráfico 4. As características botânicas e os métodos de determinação influenciam na variação no percentual de amilose, no entanto, os valores obtidos nesse estudo estão próximos aos encontrados por Leopoldino (2017) que analisou o amido da palma forrageira e encontrou valores de 19,70%. Ao analisarem os amidos extraídos de milho, batata, banana e mandioca, Lemos *et al.* (2017),

observaram percentuais de amilose de 19,70; 20,46; 16,36 e 11,19 respectivamente. Castro (2019), analisando amido extraído da pitomba, obteve resultados de 19,25%.

Tabela 4. Percentual e quantitativo de amilose e amilopectina

Fonte de Amido	Amido (g.100g ⁻¹)	Amilose		Amilopectina	
		(g.100g ⁻¹)	(%)	(g.100g ⁻¹)	(%)
Guandu	81,59ab	14,99a	18,37a	66,60d	81,63d
Jaca	88,18ab	14,95b	16,96b	73,22b	83,04b
Milho	88,66a	13,56c	15,29c	75,10a	84,71a
Pitomba	79,51b	10,59d	13,32d	68,92c	86,68c

5.3 Densidade aparente e densidade compactada

Os resultados das análises de densidade aparente e compactada são de suma importância para a indústria, pois norteiam qual tipo de embalagem será empregada no armazenamento e transporte do amido, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 5. Resultados das densidades aparente e compactada

PARÂMETROS	JACA	GUANDU	PITOMBA	MILHO
Densidade aparente (g/cm ³)	0,52ab	0,57a	0,51ab	0,45b
Densidade compactada (g/cm ³)	0,64ab	0,75a	0,61ab	0,58b
Índice de Hausner	1,23a	1,3a	1,2a	1,29a
Índice de compressibilidade (%)	0,19a	0,23a	0,19a	0,22a

Pachau et al. (2017) analisando o amido extraído de uma variedade de arroz, encontraram valores médios de 0,46 g/cm³, corroborando com os resultados encontrados nesta pesquisa.

Os valores de densidade aparente são diretamente influenciados pelo tamanho das partículas do amido, sendo esse fator uma possível explicação para as médias maiores encontradas nos amidos extraídos no estudo em relação ao amido comercial. Conforme há o aumento das partículas, aumenta a dificuldade de arranjo e compactação.

O amido com densidade aparente menor tende a se comprimir durante o armazenamento, podendo alterar as suas propriedades de uso.

Houve diferença significativa entre as amostras de feijão guandu e milho para os quesitos de densidade aparente e compactada.

Entre as inúmeras aplicações do amido na indústria de alimentos está a de melhorar a textura. Nesse sentido, o Índice de Hausner (IH) mede a capacidade das moléculas de amido se manterem unidas, ou seja, avalia a coesividade da amostra. Os valores obtidos nesse estudo ficaram entre 1,2 e 1,29 para o amido de pitomba e o de milho, respectivamente, e não houve diferença significativa entre as amostras. Castro *et al.* (2019) encontraram valores entre 1,25 e 1,43 quando avaliaram o amido extraído de pitomba utilizando diferentes métodos de extração. Para Santhalaket *al.* (2015), o IH é classificado em 3 níveis, sendo considerado material de baixa coesividade aqueles que apresentam IH menor que 1,2; coesividade média entre 1,2 e 1,4 e de alta coesividade aqueles que apresentam índice maior que 1,4. Desta forma, as amostras analisadas se enquadram como de média coesividade.

Outro fator importante a ser estudado quando se quer decidir a utilização de um amido é a sua fluidez. Esse parâmetro é analisado através do Índice de Compressibilidade (IC) que pode ser classificado segundo Santhalakshmyet *al.* (2015) em quatro níveis: fluxo excelente, para valores entre 15 e 20%, fluxo pobre para valores entre 20 e 35%, fluxo ruim entre 35 e 45% e fluxo muito ruim para valores acima de 45%.

Machado *et al.* (2012) encontraram valores médios para IC de 36% ao estudarem amido de milho, já Castro *et al.* (2019) encontraram valores entre 20 e 30% ao estudarem as características do amido obtido de pitomba.

Não houve diferença significativa ($p > 5$) entre as amostras para os índices de Hausner e compressibilidade.

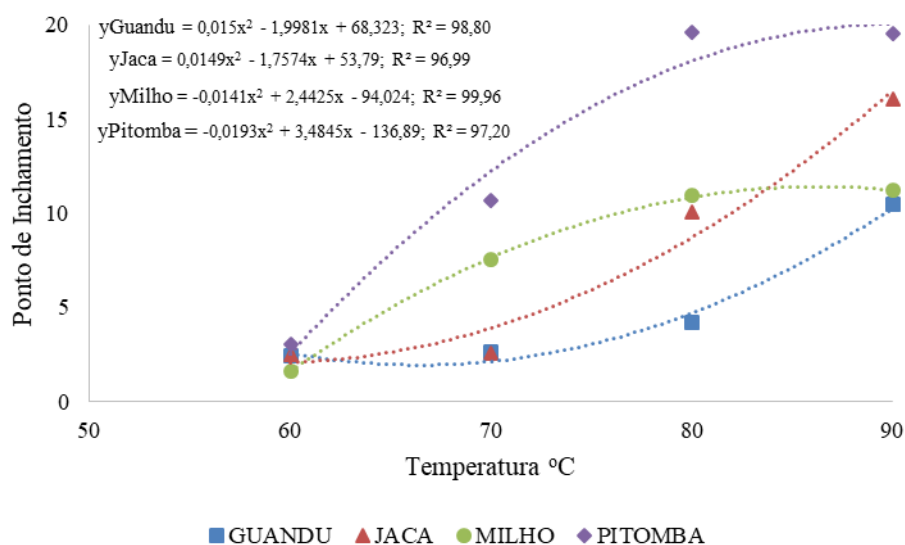
5.4 Poder de inchamento e índice de solubilidade

Quando o amido é submetido ao aquecimento com água, o seu volume aumenta e o grânulo incha. Esse ganho de volume é determinado pela fonte de amido e pela temperatura empregada (SASAKI; MATSUKI, 1998).

Os valores de poder de inchamento e índice de solubilidade nas temperaturas de 60 °C, 70 °C, 80 °C e 90 °C dos amidos de semente de jaca, feijão guandu, pitomba e milho, estão representados nas Tabelas 4 e 5 e nos gráficos 2 e 3.

O gráfico 2 apresenta a evolução do poder de inchamento de acordo com o aumento da temperatura para os amidos de jaca, guandu, pitomba e milho.

Gráfico 2. Evolução do poder de inchamento.



Através dos gráficos 2 e 3, pode-se observar que o poder de inchamento (PI) aumentou de acordo com o aumento da temperatura para as quatro variedades de amido estudadas. O índice de solubilidade (IS) mostrou um comportamento diferente do encontrado para o PI, tendo um leve decréscimo na temperatura de 70 °C, voltando a subir nas temperaturas seguintes. Os amidos avaliados nesse estudo não mostraram grande variação no PI e IS até 70 °C, no entanto, acima dessa temperatura este aumento foi mais acentuado, ou seja, em temperaturas acima da temperatura de gelatinização.

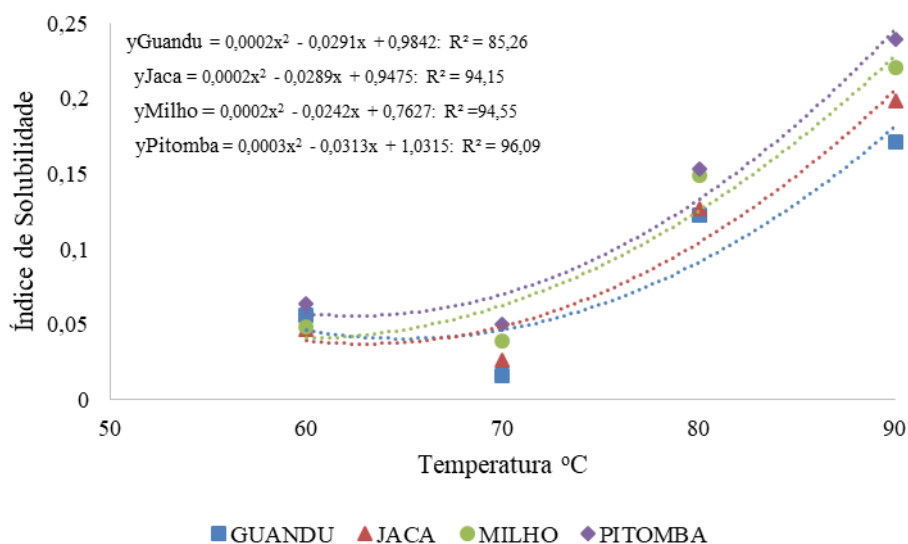
Nas temperaturas de 80 °C e 90 °C observou-se um aumento mais severo nos valores do poder de inchamento, o que sugere o início do processo de formação de uma pasta. A curva de tendência mostra que os amidos de guandu e jaca podem ser uma opção para produtos elaborados em altas temperaturas. Esse comportamento também foi encontrado no

estudo de Tongdang (2008), quando analisou o amido extraído de sementes de jaca e chempedack, um fruto da família da jaca. O comportamento também está de acordo com o encontrado por Silva e Silva (2005) que estudaram as características dos amidos de banana nanica e com Peroniet *al.* (2006) no estudo de amidos de diferentes fontes vegetais.

Essa característica pode ser explicada pelo fato de que com o aumento da temperatura, aumenta gradualmente o rompimento de ligações intermoleculares, permitindo a entrada de água nas moléculas, facilitando a formação de pasta.

Segundo Hashimet *al.* (1992), durante a faixa de temperatura de gelatinização, o grânulo de amido tem um inchamento lento onde somente uma quantidade de carboidratos é solubilizada, no entanto, conforme a temperatura aumenta acima da temperatura de gelatinização, o poder de inchamento aumenta gradativamente.

Gráfico 3. Evolução do índice de solubilidade.



6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse estudo mostraram que as fontes não convencionais testadas apresentaram características tecnológicas similares a do milho, teor de amido acima de 70% e fácil extração. A busca por novas fontes de fornecimento de amido vem crescendo nos últimos anos. Nesse sentido, pode-se concluir que a utilização dessas fontes testadas possui um grande potencial de exploração. O amido extraído da pitomba se destacou no quesito poder de inchamento, chamando a atenção para o elevado índice já em temperatura mais amena.

As sementes de jaca são descartadas ou oferecidas como alimentação animal e podem ser utilizadas como fonte de amido. A pitomba e feijão guandu são subutilizados na região Nordeste do Brasil, possibilitando uma oportunidade de valorização dessas culturas, com a extração e utilização de seus amidos.

Estudos sobre a aplicação do amido obtido dessas fontes podem contribuir ainda mais para a utilização industrial.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. U. *et al.* **Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Talisia esculenta* (A. St. –HIL) Radlk em função de profundidade e posição de semeadura.** *Bioscience Journal*, v. 29, n. 2, p. 328- 339, 2013.
- AMARAL, L. I. V. *et al.* **Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais.** *Hoehnea*, v. 34, n. 4, p. 425–431, 2007.
- AZEVEDO, R.L.; RIBEIRO G.T.; AZEVEDO C. L. L. **Feijão ghandu: uma planta multiuso.** *Revista da FAPese*, v.3, n. 2, p. 81 - 86, 2007.
- CAMPOS, A.P.P.; JÚNIOR, N.P.S.; DE SÁ, F.M.P. **Propriedades Funcionais do Amido do Feijão Andú (*Cajanuscajan* L.) Nativo e Modificado por Succinilação.** *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, p.99–112, 30 de Junho de 2014.
- CARDOSO, M. B.; PUTAUX, J-L.; SAMIOS, D. SILVEIRA, N. P. **Influence of alkali concentration on the deproteinization and/or gelatinization of rice starch.** *Carbohydrate Polymers*, v. 70, p. 160–165, 2007.
- DE CASTRO D S; *et al.* **Isolation and characterization of starch from pitomba endocarp.** *Food Res Int.* 2018;124:181–187. doi: 10.1016/j.foodres.2018.06.032.
- DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. **Starch granules structure and its regards with physicochemical properties.** *Ciência Rural*, v. 39, n. 3, p. 1–11, 2009.
- DRUSHTANT, U. B., *et al.* **Characterization of micro RNA genes from Pigeon pea (*Cajanuscajan* L.) and understanding their involvement in drought stress.** *Journal of Biotechnology*, v. 321, p. 23-34, 2020.
- FAO STATISTICS. **Pigeon Producing Countries. Production and Area Harvested.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2017.
- FONSECA, D. L.; FONSECA L. M.; MOLANO, C. E. R. **"Efecto Del Método De Extracción Del Almidón De Canna Indica L. Sobre Sus Propiedades Físico-químicas."** *Revista Lasallista De Investigacion* 16.2 (2020): 44-52. Web.
- GOUS, P. W. *et al.* **Barley genotype expressing “stay-green”-like characteristics maintains starch quality of the grain during water stress condition.** *Journal of Cereal Science*, v. 58, n. 3, p. 414–419, 1 nov. 2013.
- HASHIM, D.B. **The effect of low levels of antioxidants on the swelling and solubility of cas- sava starch.** *Starch/ Starke*, v.44,n.3, p471-475, 1992.
- KARRI, V.R.; NALLURI, N. **Pigeon Pea (*Cajanuscajan* L.) by-products as potent natural resource to produce protein rich edible food products.** *International Journal Current: Agricultural Sciences*, India, p. 229-236, 28 de Julho de 2017.

KUMAR R; GHOSHAL G; GOYAL M. **Moth bean starch (*Vigna aconitifolia*): isolation, characterization, and development of edible/biodegradable films.** *J Food Sci Technol.* 2019;56:4891–4900. doi: 10.1007/s13197-019-03959-4.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LEOPOLDINO, K. J. M. **Extração e caracterização de amido nativo e modificado da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*).** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017, 244f, tese de doutorado.

LINDEBOOM, N.; CHANG, P.R.; TYLER, R. T. **Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review.** *Starch/Stärke*, v. 56, p. 89–99, 2004.

LINDEBOOM, N.; CHANG, P.R.; TYLER, R.T. **Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review.** *Starch/Stärke*, Weinheim, v. 56, n. 1, p. 89-99, 2004.

LIPORACCI, J. S. N., S. MALI & M. V. E. GROSSMANN. **Effects of extraction method on chemical composition and functional properties of yam starch (*Dioscorea alata*).** *Semina: Ciências Agrárias* 26(3): 345-352. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2005v26n3p345>, 2005.

LUBIS, M. *et al.* **Utilization starch of jackfruit seed (*Artocarpus heterophyllus*) as raw material for bioplastics manufacturing using sorbitol as plasticizer and chitosan as filler.** *Journal of Physics: Conference Series*, v. 801, p. 012014, jan. 2017.

MAHANTA, C.L.; KALITA, D. **Processing and Utilization of Jackfruit Seeds.** Elsevier, 2015. p. 395–400.

MALI, G.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. **Starch films: Production, properties and potential of utilization.** *Semina: Ciências Agrárias*, v. 31, n. 1, p. 137–156, 2010.

MALI, S., *et al.* **Microstructural characterization of yam starch films.** *Carbohydrate Polymers*, v. 50, n. 4, p.379-386, 2002.

MANIGLIA, B. C.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R. **Isolation and characterization of starch from babassumesocarp.** *Food Hydrocolloids*, 55(1), 47–55, 2016.

MISHRA, S. N., *et al.* **Assessment of different priming methods for seed quality parameters in pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) seeds.** *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, India, p. 522-526, 30 de Abril de 2017.

NERI-NUMA, I. A.; *et al.* **Preliminary valuation of antioxidant, antiproliferative and antimutagenic activities of pitomba (*Talisia esculenta*).** *Food Science and Tehcnology*, v.

59, p. 1233-1238, 2014.

PADILHA, M. R. F., *et al.* **Alimentos elaborados com partes não convencionais: Avaliação do conhecimento da comunidade a respeito do assunto.** *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 11, 216-225, 2016.

PAULI R B, *et al.* **Production and characterization of oxidized cassava starch (*Manihotesculenta*Crantz) biodegradable films.** *Starch/Staerke*. 2011; 63(10):595–603.

RATHORE, T; SINGH, R; KAMBLE DB. UPADHYAY A, 2019. **Review on finger millet: processing and value addition.***Pharma Innov J*. 2019;8:283–291.

REIS, R.; RAMIREZ, A.; PALMIRO, D.; DEVILLA, I., 2010. **Propriedades Físicas do Tubérculo e Propriedades Químicas e Funcionais do Amido de Inhame (*Dioscorea sp.*) Cultivar São Bento.** *Revista Agrotecnologia - Agrotec*. 1. 71-88. 10.12971/2179-5959.v01n01a05.

RÍOS-SOBERANIS C.R., *et al.* **Utilization of ramon seeds (*Brosimumalicastrumswarts*) as a new source material for thermoplastic starch production.***J ApplPolymSci*. 2016;133(47):1–9.

ROCHA, N. **Desenvolvimento de massa alimentícia seca sem glúten à base de amido da semente de jaca (*Artocarpusheterophyllus* L.)**[Dissertação]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2020.

SASAKI, T.; MATSUKI, J. **Effect oh Wheat Starch Structure on Swelling Power.** *Cereal Chemistry*, v.75, n.4, p.525-529, 1998.

SHAH, U; *et al.* **Art and science behind modified starch edible films and coatings: a review.***Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2016;15:568–580. doi: 10.1111/1541-4337.12197.

SILVA, L. S. C., *et al.* **Extração e caracterização de amido de espécies de *Dioscorea* cultivadas na Amazônia.** *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 14 (3): 439-452, 2019.

SOUZA, M. P DE; *et al.***Phenolic and aroma compositions of pitomba fruit (*Talisiaesculenta*Radlk.) assessed by LC–MS/MS and HS-SPME/GC–MS.***FoodResearchInternational* 83 (2016) 87–94.

TEIXEIRA, E. D. M. **Utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos.** 2007. 201f. Tese (Doutorado em Ciência). Departamento de Química., Universidade de São Paulo - USP., São Carlos, SP.

THAKUR R, *et al.* **Starch-based films: Major factors affecting their properties.***Int J BiolMacromol*. 2019;132:1079–89.

VANIER, N. L. *et al.* **Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review.***FoodChemistryElsevierLtd*, 15 abr. 2017.

VIEIRA, F. A.; GUSMÃO, E. **Biometria, armazenamento de sementes e emergência de plântulas de *Talisiaesculenta* Radlk. (Sapindaceae).** *Ciência e agrotecnologia*, v.32, n.4, p.1073-1079, 2008.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. **Physicochemical, rheological, morphological, and thermal characterization of normal, waxy, and high amylose corn starches.** *Food Science and Technology*, v. 29, n. 4, p. 748–753, dez. 2009.

ZHANG, Y. *et al.* **Functional properties and utilization of *Artocarpusheterophyllus* Lam seed starch from new species in China.** *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 107, p. 1395–1405, fev. 2018a.

ZHU, F. **Structures, properties, and applications of lotus starches: Review.** *Food Hydrocolloids*, v. 63, n. 1, p. 332-348, 2017.