



REDE NORDESTE DE BIOTECNOLOGIA - RENORBIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

NEURENE DA CRUZ

**HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO AMIDO DO MESOCARPO DE
BABAÇU (*Attalea speciosa*) PARA PRODUÇÃO DE BEBIDA
ALCOÓLICA DESTILADA**

São Luís, MA

2021

NEURENE DA CRUZ

**HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO AMIDO DO MESOCARPO DE
BABAÇU (*Attalea speciosa*) PARA PRODUÇÃO DE BEBIDA
ALCOÓLICA DESTILADA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO) como requisito para obtenção do título de Doutora em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Adailton Pereira Maciel

Área de conhecimento: Biotecnologia Industrial

São Luís, MA

2021

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

da Cruz, Neurene.

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO AMIDO DO MESOCARPO DE BABAÇU
Attalea speciosa PARA PRODUÇÃO DE BEBIDA ALCOÓLICA
DESTILADA / Neurene da Cruz. - 2021.

109 f.

Orientador(a): Adailton Pereira Maciel.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em
Biotecnologia - Renorbio/ccbs, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís, 2021.

1. Álcool. 2. Amido. 3. Enzimas. 4. Fungos. 5.
Mesocarpo de babaçu. I. Pereira Maciel, Adailton. II.
Título.

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO AMIDO DO MESOCARPO DE BABAÇU (*Attalea speciosa*) PARA PRODUÇÃO DE BEBIDA ALCOÓLICA DESTILADA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO) como requisito para obtenção do título de Doutora em Biotecnologia.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Adelton Pereira Maciel

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Abreu Silva
Examinadora
Universidade Estadual do Maranhão (UFMA)

Prof^a. Dr^a. Kiany Shirley Brandão Cavalcante.
Examinadora
Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

Prof. Dr. Jonas de Jesus Gomes da Costa Neto
Examinador
Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

Profa. Dra. Marta Maria da Conceição
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba (UFP)

A Deus e a família
“No meio de toda dificuldade existe uma oportunidade”
Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder a sabedoria necessária em todos os momentos da vida

Ao Meu Pai Antônio José Pereira (em memória) e a minha mãe Modéstia Soares Pereira por serem meus educadores e orientadores de base para toda minha vida.

As minhas filhas: Anna Beatriz, Amanda e Fernanda pelo amor e carinho em todos os momentos da minha vida.

Ao meu esposo Adão Nascimento dos Passos pelo carinho e entendimento em todos os momentos.

À toda a minha família e aos meus amigos pelo apoio.

Ao professor mestre Sílvio Carlos Coelho do laboratório de bebidas do Instituto Federal do Maranhão-Maracanã pela parceria e orientações muito importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador: Doutor Adeilton Pereira Maciel pelas orientações mais do que precisas.

Aos amigos: Igor Vinicius, Kátia Regina e Rita de Nazaré, do Laboratório (NIBA), Núcleo de Imunologia Básica da Universidade Federal do Maranhão pela grande contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

As professoras Maria do Desterro Soares Nascimento, Geusa Felipa de Barros Bezerra pela parceria importante do Laboratório (NIBA), Núcleo de Imunologia Básica da Universidade Federal do Maranhão pela grande contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Victor Elias Mouchrek Filho pela parceria.

À banca avaliadora pelas correções mais do que necessárias.

À Universidade Federal do Maranhão – UFMA e seus Laboratórios: Programa de Controle de Qualidade de Alimentos e Águas - PCQA, Núcleo de Imunologia Básica - NIBA, Núcleo de Combustíveis, Catálise e Ambiental - (NCCA).

A CAPES, ao CNPQ e a RENORBIO pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

No norte e nordeste brasileiro situa-se a área chamada zona dos cocais onde existem babaçuais, que são espécies de palmeiras, as quais são utilizadas na fabricação de utensílios domésticos e produtos comestíveis como polpa, farinha e óleo vegetal. Essa palmeira é conhecida como babaçu, tem nome científico *Attalea speciosa*, ela é uma das várias espécies nativas, que se destacam na região nordeste, principalmente, no estado do Maranhão. Seu fruto é conhecido como coco babaçu, o mesmo é constituído pelas partes: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas, dentre essas destaca-se o mesocarpo que apresenta potencialidades, ainda a serem exploradas. O estudo da biomassa do mesocarpo do babaçu, visando sua aplicação na produção de bioprodutos, é estratégico e de fundamental importância econômica e social, pois pode agregar maior valor comercial a esse recurso natural podendo elevar a economia de algumas comunidades onde há abundância desse recurso. Neste estudo foi realizada a caracterização da composição química do mesocarpo de babaçu e a partir dessa biomassa foi produzido uma bebida alcoólica por meio da hidrólise enzimática, utilizando enzimas comerciais e também pela sacarificação e fermentação simultânea com a utilização de fungos. Na caracterização da biomassa confirmou-se um elevado percentual de amido, componente mais abundante da farinha de mesocarpo. Neste trabalho também foram isolados e identificados fungos do ambiente cultivados em beijus de farinha de mandioca coletados num alambique de tiquira no município de Urbano Santos-Maranhão e em farinha de mesocarpo de babaçu. O índice enzimático dos fungos isolados também foi analisado.

Palavras-chave: Mesocarpo de babaçu, Amido, Enzimas, Bebida alcoólica e Fungos.

ABSTRACT

In the North and Northeast of Brazil there is an area called cocais area where there are babassu, palm species, which are used in the manufacture of household utensils and edible products such as pulp, flour and vegetable oil. This palm is known as babassu, has scientific name *Attalea speciosa*, is one of native species, which stands out in the Northeast region, mainly in the state of Maranhão. Its fruit is known as babassu coconut and is composed of the parts: epicarp, mesocarp, endocarp and almonds, among which stands out the mesocarp that has still little explored potential. The study of babassu mesocarp biomass, with a view to its application in the production of bioproducts, is strategic and of fundamental economic and social importance, since it can add greater commercial value to this natural resource and can increase the economy of some communities where it exists abundance of that feature. In this study, the chemical composition of the babassu mesocarp was characterized and from this biomass an alcoholic beverage was produced by enzymatic hydrolysis, using commercial enzymes and also by saccharification and simultaneous fermentation with the use of fungi. The biomass characterization confirms a high percentage starch, the most abundant component of mesocarp flour. This work also isolated and identified fungi from the environment grown in manioc flour beijus collected in a tiquira still in the municipality of Urbano Santos-Maranhão and babassu mesocarp flour. The enzymatic index of the fungi was also analyzed.

Keywords: Mesocarp, starch, Alcoholic beverage, Fungi.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 -	Babaqueiros com cacho de coco babaçu	21
Figura 2 -	Percentual das partes do fruto do babaçu	22
Figura 3 -	Diagrama demonstrando um resumo da viabilidade industrial e percentual de produtos e subprodutos que podem ser originados das 4 partes do coco babaçu.....	24
Figura 4 -	Estrutura da amilose (polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4)	26
Figura 5 -	Estrutura da amilopectina, polímero ramificado composto por D- glicoses unidas em α -(1-4) e α (1-6)	27
Figura 6 -	Fluxograma de um sistema de sacarificação via hidrólise enzimática e ácida	30
Figura 7 -	Esquema de enzimas amilolíticas em ação sobre uma molécula de amido	32
Figura 8 -	Fungos crescidos em meio à cultura.....	35

CAPÍTULO 2

Figura 1 -	Distribuição dos artigos por palavras-chave(a) Orbignya, (b) Babassu AND coconut (c) Attalea speciosa e (d) Coconut mesocarp nas plataformas W (Web of science) e S (Scopus) utilizadas na pesquisa.....	55
Figura 2 -	Quantidade de artigos sobre coco babaçu publicados por ano no período de 2016 a 2020.....	56
Figura 3 -	Percentual de aplicações do coco babaçu em 115 artigos publicados no período de 2016 a abril de 2020.....	57
Figura 4 -	Resumo da aplicabilidade de todas as partes do coco babaçu	58

CAPÍTULO 3

Figura 1 -	Beijus de mandioca de um alambique de tiquira no município de Urbano Santos-MA.....	73
Figura 2 -	Fluxograma do isolamento e identificação taxonômica dos fungos.....	75
Figura 3 -	Fluxograma do processo de hidrólise enzimática a partir da farinha de mesocarpo de babaçu.....	79
Figura 4 -	Fungos isolados em placas e observados em microscópio óptico.....	79
Figura 5 -	Processo de sacarificação realizado pelos fungos em meio sólido de amido.....	80
Figura 6 -	Cromatograma do padrão de Glicose.....	83
Figura 7-	Perfil cromatográfico da amostra hidrolisada.....	83
Figura 8 -	Perfil cromatográfico da sobreposição da amostra hidrolisada e padrão.....	84
Figura 9 -	Perfil cromatográfico da sobreposição do álcool etílico comercial e dos produtos hidrolisado e fermentado, álcool de mesocarpo de babaçu.	84

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1 -	Informações da ficha técnica do babaçu.....	20
Tabela 2 -	Composição média do mesocarpo de coco babaçu processado de forma industrial.....	25
Tabela 3 -	O percentual de amilose e amilopectina de amidos mais comuns utilizados para fins industriais na produção de alimentos, xaropes de açúcares e etanol.....	26
Tabela 4 -	Tamanho dos grânulos de diversas fontes de amido.....	28

CAPÍTULO 1

Tabela 1-	Caracterização da farinha de mesocarpo de babaçu.....	46
------------------	---	-----------

CAPÍTULO 2

Tabela 1 -	Combinações de palavras-chave utilizadas para busca nos bancos de dados e o número de artigos encontrados no período de 2016 a 2020.....	54
Tabela 2 -	Composição química centesimal da amostra de farinha do mesocarpo de babaçu.....	59
Tabela 3 -	Resultados da busca nas bases de patentes e combinações de palavras-chave.....	81

CAPÍTULO 3

Tabela 1-	Programa de amplificação do termociclador PCR 2720 Applied Biosystems.....	77
Tabela 2-	Gêneros dos fungos isolados.....	80
Tabela 3-	Índice enzimático dos fungos isolados.....	81
Tabela 4-	Composição centesimal do mesocarpo de babaçu.....	82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 BABAÇU (<i>Attalea speciosa</i>)	19
2.2 AMIDO.....	25
2.2.1 Amilose e amilopectina.....	26
2.2.2 Estrutura e característica do grânulo de amido.....	27
2.3 HIDRÓLISE OU SACARIFICAÇÃO DE AMIDO.....	29
2.4 ENZIMAS.....	30
2.5 FERMENTAÇÃO.....	32
2.6 DESTILAÇÃO.....	33
2.7 BEBIDAS ALCOÓLICAS.....	33
2.8 FUNGOS.....	35
2.8.1 Leveduras.....	36
2.8.2 Fungos filamentosos.....	36
3 OBJETIVOS.....	40
3.1 Objetivo geral.....	40
3.2 Objetivos específicos.....	40
4 CAPÍTULO I PATENTE DEPOSITADA: Bebida a base de álcool proveniente de mesocarpo de babaçu.....	42
5 CAPÍTULO II ARTIGO I: Mesocarpo de babaçu uma biomassa com grande potencial para o desenvolvimento agroindustrial – uma revisão.....	51
6 CAPÍTULO III Influência de Consórcio fúngico na sacarificação de mesocarpo de babaçu para obtenção de álcool etílico.....	74
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
8 REFERÊNCIAS.....	94
9 ANEXOS.....	104
10 PRODUÇÃO CIENTÍFICA DURANTE O DOUTORADO.....	107
11 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....	109

Introdução

1 INTRODUÇÃO

As palmeiras são plantas que pertencem às Arecaceae, uma das famílias botânicas mais importantes para o homem (MARTINS, 2013). Elas estão no grupo de vegetais mais antigos do mundo e concentram-se nas regiões tropicais e subtropicais (MARTINS, 2013). Dentre as famílias de palmeiras, existe a *Attalea speciosa*, que é conhecida popularmente como babaçu, a planta é encontrada em conjuntos denominados babaçuais, os quais, geralmente, estão presentes em área de ocorrência natural, sendo em sua maioria regiões planas, porém, alguns casos em colinas e elevações (ALMEIDA JR.; MACIEL, 2016).

No Brasil, há cerca de 18 milhões de hectares de babaçu, destes, 14 milhões localizam-se na Região Nordeste, sendo que 54,2% desse quantitativo é encontrado no Maranhão (BATISTA et al., 2006). O fruto da palmeira *Attalea speciosa* é conhecido como coco babaçu e é constituído das seguintes partes: epicarpo - camada externa e fibrosa; mesocarpo - camada intermediária; endocarpo - camada interna e lenhosa; e as amêndoas.

A palmeira babaçu é de grande relevância na subsistência de várias comunidades, seu extrativismo se destaca no país, considerando que todas as partes que constituem o seu fruto são utilizadas, de forma bem diversificada. A atividade econômica do babaçu abrange a coleta e a quebra do coco para fins comerciais, a venda de amêndoas, a produção de carvão mineral (queima da casca) e a extração do mesocarpo.

Há uma diversidade de formas de utilização dessa palmeira, dentre as quais pode-se citar: o caule do babaçu que é utilizado na construção de casas e na extração do palmito para uso na alimentação humana; as folhas são usadas como utensílios domésticos e artesanais, principalmente na fabricação de esteiras, peneiras, abanos e chapéus. Com as folhas também são confeccionados cestos, que servem para armazenar produtos e sementes. Na construção civil, as folhas são utilizadas na cobertura de casas, fabricação de portas, janelas, entre outros. Observa-se nas comunidades mais carentes das zonas rurais das localidades de babaçuais, no Maranhão, que algumas casas são totalmente construídas utilizando somente folhas de babaçu.

A parte externa da casca do babaçu (endocarpo lenhoso) é utilizada como carvão vegetal e na indústria para produção de escovas, xaxim, embalagens.

As amêndoas de coco babaçu são muito utilizadas na indústria de alimentos e quando usadas *in natura*, servem para produção de doces, cocadas, bolos, paçocas, entre outras guloseimas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016), a amêndoa de babaçu se destaca pelo seu valor comercial, pois tem movimentado cerca de R\$142,2

milhões, sendo que 99,6% da produção dessas amêndoas se concentram na região nordeste, em especial no Maranhão que aparece com o maior percentual (93,8%) da produção total.

O mesocarpo de babaçu tem sido utilizado na produção de uma farinha nutritiva, a substância é comercializada em lojas de produtos naturais e, segundo Couri e Giada (2016), apresenta na sua composição mais de 50% de amido. O alto teor de amido na constituição do mesocarpo possibilita sua utilização na fabricação de outros produtos relatados a seguir: alimentos para humanos e animais (AUGUSTO et al., 2017; FERREIRA; MOLINA; PELISSARI, 2020; SANTOS et al., 2019), produção de filmes bioativos, carvão ativado e na síntese de nanomaterial com atividade antimicrobiana (BASTOS ARARUNA et al., 2020; GHOSH et al., 2019; MANIGLIA; TAPIA-BLÁCIDO, 2016); produção de fármacos (COELHO et al., 2018); biopolímero modificado para obtenção de sensores eletroquímicos (LIMA et al., 2019; TEIXEIRA et al., 2019); produção de combustível (BARUQUE FILHO; BARUQUE; SANT'ANNA, 2000) entre outras aplicações.

O amido é um polissacarídeo abundante no reino vegetal, pode ser utilizado como complemento e/ou alternativa à cana-de-açúcar para a produção do etanol (combustível) (BARUQUE FILHO et al. 2000) e na produção de bebidas alcoólicas. O mesocarpo de babaçu possui na sua constituição, elevado teor de amido, dessa forma, é uma matéria-prima promissora para produção de bebidas alcoólicas. A utilização do amido na indústria de álcool e bebidas alcoólicas pode ajudar no desenvolvimento agroindustrial em várias localidades brasileiras.

Na indústria e em alambiques artesanais, as bebidas alcoólicas são produzidas a partir de açúcares durante o processo de fermentação, que é realizado por microrganismos, principalmente o fungo do tipo levedura, *Saccharomyces cerevisiae*. O *Saccharomyces cerevisiae* realiza a fermentação de açúcares para produzir álcool, no entanto, esses fungos também apresentam capacidades de sacarificar o amido cru em carboidratos mais simples e de forma simultânea realizar a fermentação, como acontece nos alambiques de tiquira no Maranhão. Como o processo de sacarificação e fermentação simultânea acontece de forma lenta, as indústrias de bebidas alcoólicas e de álcool, provenientes de amido têm utilizado o processo de hidrólise com enzimas comerciais para liberação de açúcares (BARUQUE et al., 2000).

No processo de hidrólise, os grânulos de amido são transformados em dextrinas e açúcares liberando moléculas de água. Essa transformação pode ser realizada em presença de ácidos (hidrólise ácida) ou por enzimas amilases (hidrólise enzimática). As amilases hidrolases que catalisam as ligações α -glicosídicas nas moléculas de amido estão entre as enzimas de maior importância para a biotecnologia, sendo empregadas numa demanda industrial crescente,

principalmente nas indústrias de álcool e de bebidas a partir do amido. Mediante a utilização crescente de enzimas nos processos industriais, faz-se necessário estudar microrganismos, como os fungos, que são capazes de produzi-las.

Os fungos são seres que têm capacidade de secretar suas enzimas diretamente no meio em que se encontram, através do seu metabolismo, sem haver necessidade de ruptura celular (GUIMARÃES et al., 2006; POLIZELI et al., 2005), em função disso, eles têm sido cada vez mais estudados com o intuito de conhecer novas moléculas e novas espécies de fungos produtores de enzimas. Os fungos do tipo basidiomicetos saprófitos, não patogênicos, têm sido de grande interesse comercial, devido a facilidade de cultivo e produção enzimática extracelular. As enzimas, principalmente as amilases, apresentam amplas aplicações industriais na produção de bebidas alcólicas.

Conforme dados do Centro Brasileiro de Referência da Cachaça (2019) a exportação de cachaça no Brasil foi cerca de 8,41 milhões de litros, gerando uma receita de US\$ 15,61 milhões. Em geral, a cadeia produtiva da Cachaça movimenta 7,5 bilhões de reais anualmente no Brasil em fornecimento de insumos, produção e comercialização. A cadeia produtiva da cachaça é responsável por gerar trabalho e renda para muitos brasileiros. Dados do Ministério da Agricultura mostram que existem 3.648 tipos de cachaça e 1.862 aguardentes registradas, sendo que a maior produção é na região Sudeste do país, seguida pela região Nordeste (Pernambuco, Paraíba e Bahia) e posteriormente a região Sul. No país, existem 30.000 produtores de cachaça registrados (BRASIL, 2012 e 2019). No Maranhão, a economia gerada pela produção e venda de bebidas alcoólicas destilada também acontecem através da produção artesanal nos alambiques de tiquira, bebida alcoólica proveniente da mandioca. Sabe-se que esse setor movimenta a economia no estado, porém, como o produto é vendido no mercado informal, não existem dados estatísticos sobre índices econômicos desse setor.

Os dados referentes às cadeias produtivas das bebidas alcoólicas no Brasil comprovam a importância desse setor para o desenvolvimento econômico e social do país. A produção de bebidas alcoólicas destiladas requer grandes áreas para o plantio da cana de açúcar e ainda concorre com a produção de açúcar e álcool combustível. A produção de tiquira compete com o setor de alimentação e precisa de áreas extensas para produção da mandioca. Ambas as culturas citadas ainda precisam de manejo agrícola de rotação de cultura ou agricultura em consórcio.

Mediante ao exposto acima, a exploração do mesocarpo do coco babaçu, para a produção de bebida alcoólica é vantajosa, pois contém grande quantidade de amido. Essa biomassa é considerada um subproduto industrial na cadeia produtiva do babaçu. Os babaçuais

são nativos e abundantes no Norte e Nordeste brasileiro. Nesse contexto, esta pesquisa é relevante para o desenvolvimento tecnológico, econômico e social de comunidades que vivem do extrativismo desse vegetal. Como ainda não existe produção de bebidas alcoólicas utilizando o amido proveniente do babaçu, este trabalho é considerado inovador.

Após a revisão da literatura o trabalho foi organizado da seguinte forma:

No capítulo I encontra-se a patente depositada intitulada: **“BEBIDA ALCOÓLICA À BASE DE MESOCARPO DE BABAÇU”**.

No capítulo II apresenta-se o resultado de uma revisão bibliográfica sobre o potencial e uso do mesocarpo em forma de artigo, que foi submetido na “Revista cerrados (UNIMONTES)”, tendo como título **“Mesocarpo de babaçu uma biomassa com grande potencial para o desenvolvimento agroindustrial – uma revisão”**

No capítulo III apresenta-se o resultado em forma de artigo, tendo como título **“Influência de consórcio fúngico na sacarificação de mesocarpo de babaçu para obtenção de álcool etílico”**, a ser submetido.

Revisão da literatura

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BABAÇU (*Attalea speciosa*)

O babaçu é uma palmeira que *se* destaca nas atividades agrícolas e extrativistas, por contribuir com a renda das famílias de vários estados da região Nordeste do Brasil, principalmente do Maranhão (GONZÁLEZ-PÉREZ et al., 2012).

A palmeira citada tem nome científico *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng, porém embora seja um grupo de plantas muito estudado, muitas pessoas estranham a existência de uma variação de nomes adotados pela ciência. De acordo com o Código de Nomenclatura para Algas, Fungos e Plantas, nomes científicos publicados primeiro são os aceitos, sendo os demais considerados como sinônimos. Portanto no caso do babaçu, o nome correto é *Attalea speciosa* que foi publicado em 1825. Os demais surgiram depois, *Orbignya phalerata*, por exemplo é um sinônimo da espécie, utilizado por alguns autores, porém foi publicado em 1884, tratado por Karl von Martius, aproximadamente, 59 anos depois da primeira referência, *Attalea speciosa* (Mart.) ex Spreng. (ALMEIDA JR.; MACIEL, 2016). A seguir são citados alguns exemplos de títulos de publicações que apresentam controvérsias sobre a tratativa do nome da palmeira babaçu: o artigo com o título, efeito do revestimento comestível de amido de mandioca e farinha de babaçu (*Orbignya phalerata*) na qualidade dos frutos do cerrado brasileiro, o Artigo que trata dos Aspectos Físico-Químicos e Nutricionais do Óleo e Amêndoas de Coco Babaçu (*Orbignya Phalerata*) (COSTA et al., 2020) e a Patente com título, Formulação cosmeceútica tópica anti-inflamatória, cicatrizante hidratante com ingredientes ativos de *attalea speciosa* (Mart.) ex Spreng (babaçu). (BARBOSA et al., 2017). De acordo com Goulding Smith (2007) a espécie *Attaleaphalerata* e *Attalea speciosa* são consideradas por alguns autores espécies diferentes. Sendo que a *Attaleaphalerata* teria existência limitada ao leste da Amazônia (chegando ao sudoeste do Maranhão), e com ocorrência no norte da região Centro-Oeste, alcançando a Bolívia e o Peru. Inclusive, nessas regiões, receberia outros nomes populares como Motacú (Bolívia), Urucuri, Bacuri ou Urucuri (Brasil) e Shapaja (Peru) (Goulding Smith, 2007). Na Tabela 1 é demonstrado informações da ficha técnica do babaçu.

Tabela 1. Informações da ficha técnica do babaçu.

Nome Científico e referência:	Sinônimos: (ord. Alfabética)	Nome popular:
<i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng. Publicado em Systema Vegetabilium, editio decima sexta ii: 138, 1825, por Kurt Polycarp Joachim Spreng.).	<i>Attalealydiae</i> (Drude) Barb. Rodr.	babaçu
	<i>Orbignyabarbosiana</i> Burret.	babaçu
	<i>Orbignyalydiae</i> Drude	bauassu
	<i>Orbignya martiana</i> Barb. Rodr.	baguaçu
	<i>Orbygniaphalerata</i> Mart.	guaguaçu.
	<i>Orbignya speciosa</i> (Mart.) Barb. Rodr.	

Fonte: adaptada de Almeida Jr. (2016)

A palmeira babaçu pode medir entre 10-30 metros de altura, sendo que seu caule chega a ter 20-50cm de diâmetro, possui vida média de 35 anos. Seu pico de florescimento acontece entre janeiro e abril, sendo que os frutos amadurecem entre agosto e dezembro. Esses mesmos autores relatam que, aos 8 anos, o babaçueiro inicia seu período de frutificação, mas só alcança plena produção de frutos aos 15 anos, sendo que em uma safra, um coqueiro pode produzir de 3 a 5 cachos, com quantidade variável, e podendo chegar a mais de 300 cocos, sendo que cada coco, contém no seu interior, em média, 3 amêndoas. A safra do babaçu se concentra de forma mais elevada do período seco ao início do período chuvoso e pode variar conforme a região e as condições naturais (solo, umidade, competição, etc.). Na Figura 1 é demonstrado alguns babaçueiros e cachos de coco babaçu.

Figura 1. Babaqueiros com cacho de coco babaçu.

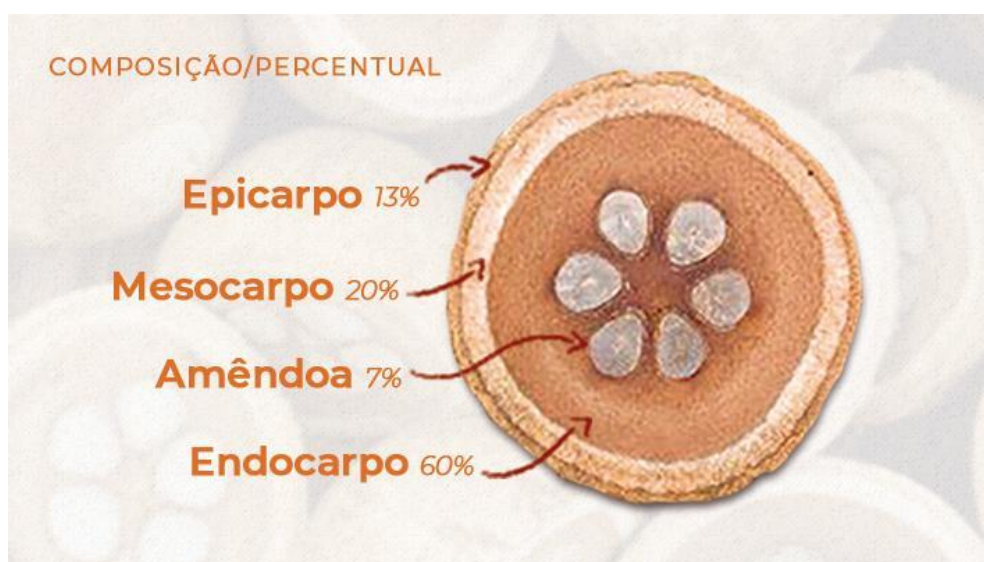


Fonte: Organizada pela autora

É indiscutível, a utilidade das palmeiras babaçu, principalmente nas comunidades rurais de baixa renda que vivem em muitas localidades do nordeste brasileiro. O extrativismo da citada palmeira é destacado no país, devido às possibilidades de utilização de todas suas partes e por se tratar de uma espécie relevante na subsistência de várias comunidades (ARRUDA; SILVA; SANDER, 2014; GONZÁLEZ-PÉREZ et al., 2012). As folhas são utilizadas, como utensílios domésticos e artesanais, como a fabricação de esteiras, peneiras, abanos e chapéus. Além da confecção de cestos, para armazenar produtos, sementes entre outras formas de utilização, como na cobertura de casas, fabricação de portas e janelas, nas comunidades mais carentes das zonas rurais, localizadas nas zonas dos cocais. O caule do babaçu também tem o seu valor, pois pode ser usado na construção de casas, além da extração do palmito que também é apreciado como alimento (VEIGA, 2013)

Enquanto a semente do babaçu (coco babaçu) que tem forma oval alongado e coloração castanha é constituída de partes que são divididas em: epicarpo (camada mais externa), mesocarpo (localizado entre o epicarpo e o endocarpo apresentando 0,5 a 1cm de largura), endocarpo (camada rígida, mais interna, tem em média 2 a 3cm de espessura) e as amêndoas (com 2,5 a 6cm de comprimento e 1 a 2cm de largura) (TEIXEIRA, 2008). Na Figura 2 é demonstrado o percentual de cada uma das partes citadas.

Figura 2. Percentual das partes do fruto do babaçu.



Fonte: adaptada de Oliveira *et al.* (2013).

Todas as partes do coco babaçu citadas acima, possuem um grau de aproveitamento. Por exemplo, as amêndoas, que representam até 7% da composição desse fruto, são muito utilizadas, principalmente na área da alimentação humana. Delas é extraído o leite que serve para temperar carnes e o óleo que pode ser utilizado para cozinhar, fabricar manteiga, vela e indústrias de cosméticos, higiene e limpeza, além da obtenção de biodiesel.

Sobre o uso das outras partes do coco babaçu, pode-se especificar vários exemplos relatados a seguir:

- ✓ O endocarpo do coco é usado como biomassa no geral (em aplicações industriais), na fabricação de carvão para fins domésticos e na fabricação de artesanatos (FONSECA, 2014).
- ✓ O epicarpo (casca), material fibroso ligno-celulósico, pode ser usado como biomassa para produção de biocombustível ou queimado para produção de energia (ALMEIDA, 2007; BANIN, 2012; FIGUEIREDO, 2005).

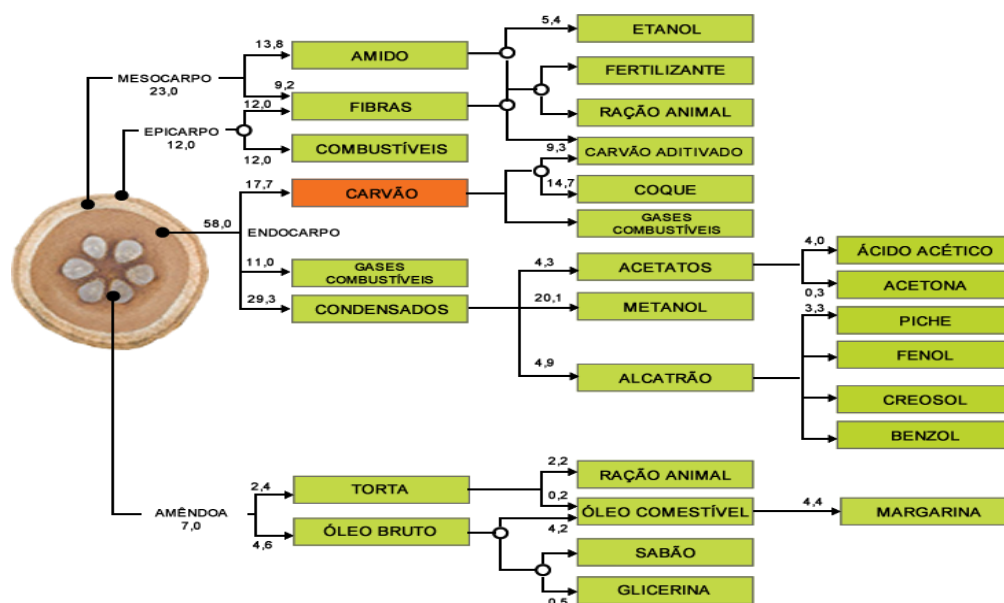
- ✓ O mesocarpo ou polpa é parte do fruto que fica entre o endocarpo e o epicarpo, representa 20% do fruto com uma espessura de 0,5 a 1,0cm, pode apresentar na sua composição até 65% de amido, junto a uma boa quantidade de fibras (celulose e lignina), sendo que o percentual de amido de babaçu pode variar em função da sua origem. A farinha de mesocarpo é usada na fabricação de produtos secundários (como mingau, bolos e remédios caseiros).

Muitos pesquisadores realizaram trabalhos utilizando partes do coco babaçu com aplicação para diversas áreas, com resultados disponíveis na literatura em forma de artigos científicos e/ou patentes. A seguir é relacionado alguns trabalhos relevantes referentes ao aproveitamento de partes desse fruto:

- ✓ Elaboração e caracterização de filmes de biopolímeros com mesocarpo de coco babaçu e alginate (LOPES et al., 2020);
- ✓ Remoção de diclofenaco da água por adsorção em vagens de moringa oleífera e carvão ativado: estudo de mecanismo, cinética e equilíbrio (VIOTTI et al., 2019).
- ✓ Potenciação da atividade antibiótica e caracterização físico-química do óleo de amêndoa fixo de *Orbignya speciosa* contra MDR *Staphylococcus aureus* e outras bactérias (MACHADO et al., 2019).
- ✓ Caracterização eletroquímica do etanol produzido por mesocarpo de coco babaçu para uso em células a combustível.
- ✓ Painéis aglomerados fabricados com resíduos de coco babaçu (FARIAS MACHADO, 2017).
- ✓ Produção de material adsortivo (SILVA et al., 2019).
- ✓ Avaliação nutricional do farelo de endocarpo de babaçu tipo II com diferentes inclusões na dieta de ovinos (AMORIM et al., 2016).
- ✓ Utilização do mesocarpo de babaçu na fabricação de rações para animais, como fertilizante e na produção de biocombustível (etanol proveniente de amido) (FONSECA, 2014).

Os trabalhos citados acima desenharam a riqueza e variedade de aplicação do babaçu. Anderson (1993) organizou um diagrama (Figura 3), onde é demonstrado um resumo da viabilidade industrial e o quantitativo percentual de produtos e subprodutos que podem ser originados pelas quatro partes do coco babaçu. No Diagrama citado, pode-se observar uma diversidade de uso das partes do coco, desde alimentação para humanos e animais a produção de combustíveis, carvão ativado e materiais.

Figura 3. Diagrama de Anderson (1993) demonstrando um resumo da viabilidade industrial e quantitativo percentual de produtos e subprodutos que podem ser originados pelas quatro partes do coco babaçu.



Fonte: (<http://www.florestasbrasileiras.com/index.php?cont=aplicacao>, acesso em 26/03/2020).

Sobre as partes do coco babaçu, uma que é amplamente utilizada é o endocarpo lenhoso (casca), que além do uso na produção de carvão vegetal é amplamente usado na indústria para produção de escovas, xaxim, estofados, embalagens (FONSECA, 2014). Das sementes do babaçu (amêndoas) é extraído o leite que serve como tempero para carnes e peixes, além do óleo que pode ser usado em indústrias de cosméticos, higiene e limpeza, além da obtenção de biodiesel. Quando in natura, as amêndoas do coco servem para produção de doces, paçocas entre outras guloseimas (VEIGA, 2013). No que se refere ao mesocarpo, por ser rico em amido e fibras, é utilizado para produção de farinha, servindo de alimentação para o homem e os animais (FONSECA, 2014; MANIGLIA; TAPIA-BLÁCIDO, 2016).

Dentre as partes do coco babaçu, o mesocarpo merece destaque, pois representa um percentual maior do que a amêndoa, porém em relação a mesma, ele ainda é menos utilizado, mesmo existindo muitas possibilidades para sua utilização. O mesocarpo ainda é considerado um subproduto da extração da amêndoa, parte mais utilizada principalmente na extração de óleo de babaçu, produto principal do extrativismo desse vegetal. Após a secagem e moagem do mesocarpo, origina um produto conhecido como farinha de babaçu, ela apresenta uma aparência de cor castanho claro (CARNEIRO, 2011; CARRAZZA; SILVA; ÁVILA, 2012) (CENTRAL DO CERRADO, 2020). A farinha de mesocarpo é rica em amido e pode substituir ou complementar a farinha de mandioca na alimentação para seres humanos e animais

(CARNEIRO, 2011). Cinelli (2012) determinou o teor de amido na farinha de babaçu como sendo 60,05%. Costa *et al.* (2015) analisaram farinhas de mesocarpo produzidas artesanalmente no Maranhão e elas apresentaram um teor de amido entre 59% e 65%. Baruque Filho *et al.* (2000) verificaram um teor de amido de 50 %, na farinha obtida industrialmente a partir de coco babaçu. Na Tabela 2, é demonstrado a caracterização do mesocarpo de babaçu industrialmente processado.

Tabela 2. Composição média do mesocarpo de coco babaçu processado de forma industrial.

Componentes	Distribuição de peso (%)
Umidade	14±0,5
Amido	50±2
Proteína	2,3±0,2
Fibras	10±1
Lipídios	2,8±0,2
Carboidratos solúveis	1,3±0,2
Pentoses	3,4±0,3
Cinzas	1,3±0,1
Outros componentes	15±1

Fonte: Adaptada de Baruque Filho *et al.*, (2000).

2.2 AMIDO

Amido é um polímero encontrado em abundância na natureza e presente na composição de raízes, frutos e sementes de vários vegetais. Apresenta propriedades tecnológicas responsáveis pelas características de muitos produtos processados. Esse polímero é considerado a mais importante fonte de carboidratos na dieta de humanos. O amido atua como fonte de energia armazenada e não apresenta toxicidade. Ele tem grande importância em diversas áreas industriais, podendo ser utilizado na sua forma natural como também na forma modificada ou, ainda, em processos de fabricação de outros produtos como, xaropes de glicose, maltose, frutose, maltodextrina, entre outros (FRANCO, 2010).

Esse polímero encontra-se distribuído de forma ampla em várias espécies de plantas, apresenta-se com abundância em grãos de cereais (40% a 90% do peso seco), tubérculos (65% a 85% do peso seco), leguminosas (30% a 50% do peso seco) e frutas verdes (40% a 70% do peso seco) (LAJOLO; MENEZES, 2006) O amido tem fórmula química $(C_6H_{10}O_5)_n$, apresenta forma e tamanho de grânulos variável e é formado pela reação de condensação de moléculas de α -glicose ligadas entre si pelos carbonos C1-C4 e C1-C6 através do átomo de oxigênio, formando ligações glicosídicas α -(1-4) e α -(1-6) (SURMELY *et al.*, 2003). A maioria dos amidos consiste de uma mistura entre os polissacarídeos, amilose e amilopectina. A proporção

entre essas moléculas e a sua organização dentro do grânulo de amido está diretamente relacionada com a funcionalidade do amido (RIBEIRO, 2011).

2.2.1 Amilose e amilopectina

Amilose e amilopectina são dois tipos de polímeros de anidroglicose, principais componentes do amido. A maioria dos amidos provenientes de diferentes tipos de vegetais apresentam na sua composição de 20 a 25% de amilose (p/p), porém alguns amidos cerosos contêm menos de 1%, enquanto outros, como por exemplo o amido de milho, possuem de 65 a 70% de amilose (ELIASSON, 2004; PARKER; RING, 2001). Segundo Reguly (1996), a proporção de amilose e amilopectina na composição de amido pode variar entre as espécies de vegetais ou ainda entre uma mesma espécie conforme o grau de maturação da planta. Na Tabela 3 é demonstrado o percentual de amilose e amilopectina de amidos mais comuns utilizados para fins industriais.

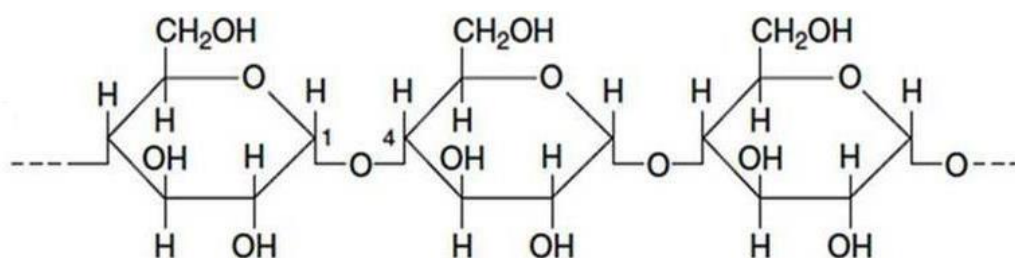
Tabela 3. O percentual de amilose e amilopectina de amidos mais comuns utilizados para fins industriais na produção de alimentos, xaropes de açúcares e etanol.

Fonte vegetal	(%) amilose	(%) amilopectina
Amido de mandioca	16,7 - 25,0	80
Amido de Arroz	15,0-18,5	79
Amido de milho	24,0-27,0	70
Amido de trigo	20,0-25,0	80

Fonte: (REGULY, 1996)

A amilose é um polímero linear formado por unidades de α -D-glicopiranosose ligadas em α -(1,4), com poucas ligações α -(1,6) (PÉREZ; BERTOFT, 2010). Na Figura 4, é demonstrado a estrutura da amilose (polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4)).

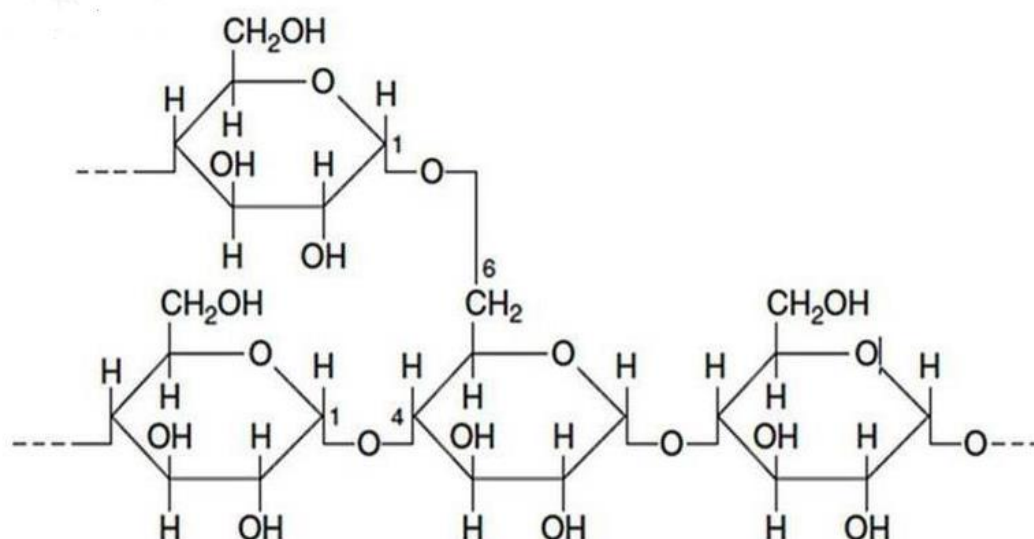
Figura 4. Estrutura da amilose linear (polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4)).



Fonte: adaptada de Bewleyet *et al.*, (2013).

A amilopectina é um componente do amido que apresenta cadeia ramificada, formada por cadeias de resíduos de α -D-glicopiranosose (entre 17 e 25 unidades) unidos em α -(1,4), sendo fortemente ramificada com 4% a 6% das ligações em α -(1,6) (LAJOLO & MENEZES, 2006). Na Figura 5, é demonstrada a estrutura da molécula de amilopectina.

Figura 5. Estrutura da amilopectina polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α -(1-4) e α -(1-6).



Fonte: adaptada de Bewley *et al.*, 2013.

2.2.2 Estrutura e característica do grânulo de amido

Quanto ao tamanho, forma e superfície, os grânulos de amido dos diversos tipos de vegetais possuem características específicas, que podem variar de acordo com a origem botânica da planta. As partículas de amido podem apresentar forma redonda, oval ou poliédrica com 2 a 100 μ m de tamanho e distribuição do tamanho da partícula também variando em unimodal, bimodal e trimodal (TESTER *et al.*, 2004). Segundo Lindeboom *et al.* (2004) e Lajolo & Menezes (2006), os grânulos de amido podem ser classificados como simples (cereais como trigo, milho, cevada, centeio e sorgo, onde cada plastídio contém um grânulo) ou compostos (muitos grânulos estão dentro de cada amiloplasto, por exemplo, o amido de arroz e aveia). O tamanho dos grânulos se refere a média do diâmetro dos grânulos e podem ser classificados como grandes (maior que 25 μ m), médios (entre 10 e 25 μ m), pequenos (entre 5 e

10 μ m) e bem pequenos (menores que 5 μ m). Os grânulos do mesocarpo de babaçu apresentam formas mais ou menos esféricas ou ovóides, tamanhos heterogêneos, sendo a maioria de tamanho médio, que é favorável à ação de enzimas.

A adsorção da enzima na superfície do grânulo de amido é uma etapa relevante para atividade da enzima para que ocorra a hidrólise enzimática, isso depende principalmente do tamanho dos grânulos (CINELLI *et. al.*, 2014). O tamanho dos grânulos de amido é um fator que também influencia nas propriedades físico-químicas, tais como: solubilidade, cristalinidade, gelatinização e susceptibilidade de enzimas. Na Tabela 4, é demonstrado o tamanho dos grânulos de diversas fontes de amido, dentre eles o de mesocarpo de babaçu.

Tabela 4. Tamanho dos grânulos de diversas fontes de amido.

Fontes botânicas de amido	Varição apresentada no tamanho dos grânulos (μ m)
Arroz	3-10
Milho	5-20
Trigo	22-36
Mandioca	5-25
Batata	15-85
Mesocarpo de babaçu	6-22

Fonte: (MACGREGO, 1984; TORRES, 2014).

Quando observado em microscópio eletrônico de varredura, a superfície dos grânulos de amido é plana e sem traços marcantes, existindo apenas em alguns grânulos estrias e fissuras (TORRES, 2014). Lineback (1988) descreveu o grânulo de amido como uma "bola de bilhar peluda", o que serviu de base para descrição dos modelos atuais. Estudos utilizando Microscopia Eletrônica de Varreduras sugerem orifícios (poros), com diâmetros entre 0,1 e 0,3 μ m no grânulo de amido, enquanto canais interiores teriam entre 0,07 e 0,1 μ m. Esses poros, na superfície de alguns grânulos, são orifícios ou canais que penetram em uma direção radial ao longo do grânulo. De acordo com French (1984), a absorção de água e de moléculas solúveis pelos grânulos de amido acontece devido à expansão reversível das regiões amorfas, que penetram por todo o grânulo durante a hidratação, formando uma fase gelatinosa contínua. No entanto, a entrada de enzimas hidrolisantes e outras moléculas grandes para o interior dos grânulos é restrita e somente possível através de poros ou canais. Quanto à permeabilidade, a superfície do grânulo é relativamente impermeável a moléculas grandes, como amilases, devido ao compacto empacotamento das cadeias de amilopectina, sendo possível apenas através dos poros. Os constituintes do amido (amilose e amilopectina) podem ser transformados em

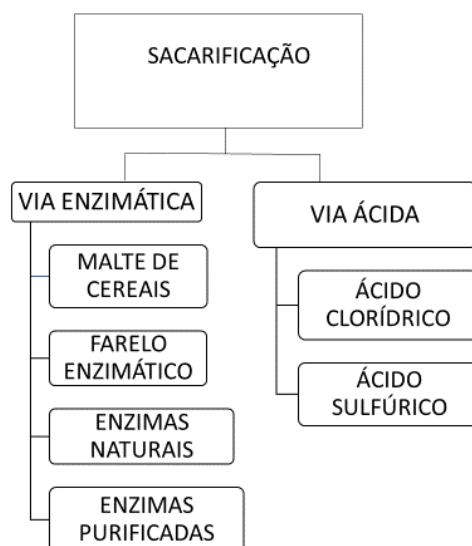
açúcares fermentáveis, através de um processo chamado sacarificação ou hidrólise. A sacarificação de amido é utilizada na indústria como rota para produção de álcool etílico combustível e também para fabricação de bebidas alcoólicas. Este processo pode acontecer por via enzimática ou ácida.

Na literatura já existem trabalhos que relatam a produção de álcool a partir de fontes de amido, como mesocarpo de babaçu e entre outras. O processo de transformação acontece pela hidrólise, processo pelo qual os carboidratos são transformados em maltose e glicose, esses açúcares são fermentativos para produção de álcool etílico (BARUQUE FILHO *et al.*, 2000; TORRES, 2014).

2.3 HIDRÓLISE OU SACARIFICAÇÃO DE AMIDO

A hidrólise é um procedimento necessário para conversão da matéria-prima amilácea em álcool, através dela, o amido é transformado em açúcar e posteriormente fermentado. No processo de hidrólise, as moléculas podem ser transformadas por via ácida ou através de enzimas. (SANTANA, *et. al.*, 2010; VENTURINI FILHO e MENDES, 2004). Na Hidrólise ácida utiliza-se ácido sulfúrico ou ácido clorídrico diluído, esse processo acontece em menor tempo, sendo uma vantagem, porém tem como desvantagem a corrosão de equipamentos, necessidade de neutralização e destruição de alguns açúcares, o que faz com que aconteça menor rendimento na hidrólise. Sumerly *et al.* (2002) relatam que a tecnologia enzimática exige mão-de-obra mais especializada e análises mais apropriadas, porém com o desenvolvimento das áreas da química orgânica e da microbiologia, a obtenção de enzimas tem sido cada vez mais facilitada, principalmente as amilases provenientes de fungos, que atuam para quebrar a molécula de amido e transformá-la em açúcar. A hidrólise enzimática tem sido mais utilizada nos estudos, principalmente nos países mais desenvolvidos, devido ao caráter poluidor da hidrólise ácida. Atualmente verifica-se que as principais vantagens da hidrólise enzimática em relação à ácida são as condições moderadas de temperatura e pressão, o que reduz a demanda de energia consumida no processo, a diminuição ou total inexistência de subprodutos tóxicos, devido à alta especificidade enzimática (OGEDA e PETRI, 2010). Na Figura 6, é demonstrado fluxograma de um sistema de sacarificação por via de hidrólise enzimática e ácida

Figura 6. Fluxograma de um sistema de sacarificação por via de hidrólise enzimática e ácida.



Fonte: adaptada de Araújo Filho (1976).

De acordo com Santana *et. al.* (2010), durante a hidrólise de amido são liberadas as unidades de glicose da extremidade não redutora da molécula dos constituintes do amido. A velocidade desta reação depende do tipo (linear ou ramificada) e da extensão da cadeia, sendo que as ligações α -(1,4) hidrolisam mais fácil do que as ligações α -(1,6).

Quanto a hidrólise do amido de babaçu, Torres (2014) relata que o mesmo apresenta uma boa susceptibilidade ao ataque das enzimas α -amilase e glucoamilase, podendo ter um rendimento mínimo de 12% e máximo de 30% de conversão em glicose durante duas horas de reação e 58% em 72 horas de reação.

2.4 ENZIMAS

Enzimas são compostos orgânicos que fazem parte do grupo das proteínas, são sintetizados no interior de células vivas, porém atuam dentro e fora delas, tendo a importante função de processar e quebrar as moléculas de alimentos (BOBBIO e BOBBIO, 1992).

A palavra enzima foi utilizada pela primeira vez no ano de 1878 por Willian Kuhne (do grego en = dentro zyme = levedura) no intuito de nomear as substâncias que continham nos extratos de levedura usados em fermentação. A maioria das enzimas são polímeros de cadeia longa, com aminoácidos sucessivamente ligados através de ligações peptídicas em uma sequência determinada geneticamente. Elas são conhecidas como biocatalisadores por serem extraídas de vegetais ou microrganismos (UBOIS, 1980).

As enzimas envolvidas no processo de fermentação continuam ativas, mesmo após serem retiradas das células vivas (BORRACINI, 2006). De acordo com Moreira (2003), a maioria das enzimas produzidas em grande escala são extracelulares, enquanto que a maioria das enzimas naturais é intracelular. Elas têm denominação conforme o substrato o qual atuam, logo o termo amilase indica a ação dessa substância sobre o amido. As enzimas são utilizadas em várias áreas da indústria, dentre elas, destacam-se as amilolíticas que são utilizadas na fabricação de xaropes, edulcorantes, liquefação e sacarificação de amido, maturação e aromatização de queijo, farinha, cereais, em bebidas alcoólicas, no tratamento da pasta de cacau para produção de xarope de chocolate, além de outras aplicações (GOUD *et al.*, 2009; SUNDARRAM, MURTHY, 2014; ELMARZUGI *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2016; SHUKLA, SINGH, 2016; SINDHU *et al.*, 2017).

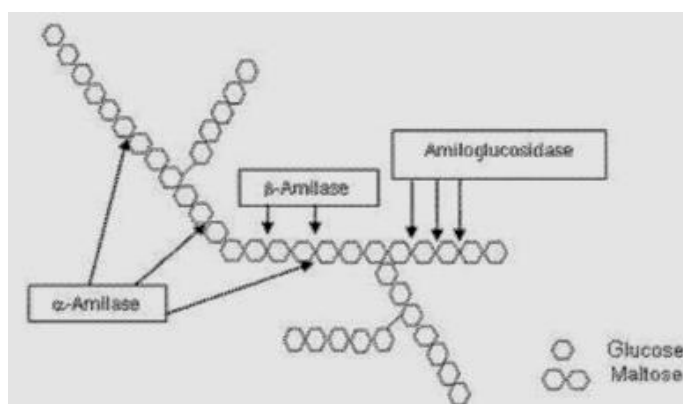
Dentre as enzimas que podem ser utilizadas no processo de sacarificação se destacam o malte, farelo enzimático e enzimas comerciais. O malte é obtido pela germinação de grãos de cereais. Outra forma de se obter enzimas é pela multiplicação de microrganismos em substratos, como é o caso das culturas submersas de fungos ou farelo de cereais embolorados. Existem também as enzimas comerciais preparadas por empresas especializadas. (VENTURINI FILHO e MENDES, 2004)

As enzimas (amilases) comerciais mais utilizadas são: α -amilase e amiloglicosidase. Os fatores importantes para que elas apresentem o máximo de desempenho são: especificidade, pH adequado e temperatura controlada. (CEREDA e VILPOUX, 2003). Dentre as conhecidas, as α -amilases estão entre as primeiras. Elas foram detectadas há mais de um século e promovem a hidrólise do amido a açúcares redutores em diversos materiais biológicos. Essas foram descobertas em 1811 nos extratos de trigo; em 1831 na saliva; em 1833 no malte; em 1846 no sangue e em 1881 produzidas pelo fungo *Aspergillus oryzae* (HARGER, 1982). As amilases se dividem em três grupos, são eles: α -amilases também chamadas de endoamilases, as quais quebram as ligações no interior do substrato; as β -amilases também conhecidas como exoamilases, que hidrolisam unidades das extremidades não redutoras do substrato e as glucoamilases, que liberam as unidades de glicose do terminal não-redutor das moléculas do substrato.

Tanto a α -amilase como a β -amilase podem atacar a amilopectina, porém as ligações α -(1,4) próximas das ramificações da amilopectina e as ligações α -(1,6) não são hidrolisadas por essas enzimas. O produto obtido pela ação delas, na amilopectina, é um núcleo condensado e ramificado, denominado dextrina. A enzima α -(1,6) glicosidase hidrolisa a amilopectina até

uma mistura de glicose e maltose (CONN; STUMPF, 1975). Na Figura 7, são demonstradas as enzimas amilolíticas em ação sobre uma molécula de amido.

Figura 7. Esquema de enzimas amilolíticas em ação sobre uma molécula de amido.



Fonte: Spier (2005)

2.5 FERMENTAÇÃO

A fermentação alcoólica é um processo de transformação de açúcar em álcool, que geralmente é realizado por leveduras. No caso da produção de álcool proveniente de amido, há necessidade da etapa de sacarificação, onde o amido é transformado em açúcares fermentáveis. A necessidade surge pelo fato das moléculas de amido serem complexas, portanto, elas devem ser quebradas transformando-se em açúcares fermentáveis. Por isso, antes da fermentação, deve ser realizada a hidrólise. Dependendo do tipo de levedura utilizada, o desempenho fermentativo pode ser afetado, sendo que o mesmo pode acontecer de forma aeróbica e anaeróbica (CEREDA; VILPOUX, 2003)

A temperatura adequada para a produção industrial de etanol situa-se na faixa de 26°C a 35°C. As fermentações se desenvolvem em uma ampla faixa de valores de pH, entre 4 e 5. Para controle do sistema de fermentação é importante considerar diversos parâmetros, como o tempo, o odor da fermentação, o aspecto da espuma, densidade, concentração de açúcares no mosto e a acidez. Na obtenção de álcool com amido, requer as etapas de gelificação, liquefação e sacarificação em açúcares simples, fermentação alcoólica e destilação (ALCARDE *et al.*, 2010).

2.6 DESTILAÇÃO

De acordo com Cereda e Vilpoux (2003), a destilação é um meio de separação dos compostos de uma mistura, o processo é baseado na volatilidade de cada um dos compostos em determinada temperatura e pressão. Esse processo consiste no aquecimento da mistura até que atinja seu ponto de ebulição, sendo que os vapores são resfriados em um tubo de paredes frias até a condensação.

De acordo com Venturini filho e Mendes (2004) no processo de fabricação do álcool etílico ou bebidas alcoólicas, o líquido que deve ser destilado após a fermentação é chamado de mosto fermentado ou vinho. Os componentes que compõem essa mistura se apresentam na fase gasosa (CO₂), líquida (água, etanol, aldeídos, ácidos orgânicos, ésteres, álcoois superiores, glicerol, furfural, entre outros.) e a fase sólida onde encontram-se sólidos insolúveis (células de leveduras e bactérias, bagacilho, sais minerais, açúcares não fermentados no processo e os que são fermentáveis, etc.)

2.7 BEBIDAS ALCOÓLICAS

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação, a indústria brasileira de bebidas é dividida em 2 grandes nichos: alcoólicas e não alcoólicas, sendo que o setor brasileiro de bebidas alcoólicas compõe 47,6% desse mercado e apresenta importância econômica relevante para o Brasil. As bebidas alcoólicas podem ser destiladas após a fermentação ou não destiladas, uma das bebidas destiladas é a cachaça que é classificada como um produto típico brasileiro, de acordo com o Decreto nº 4062 de 21/12/2001 (BRASIL, 2001; RIBAS, 1996). Ainda de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação, o setor de bebidas alcoólicas é responsável por gerar um faturamento de aproximadamente R\$122 bilhões, sendo que 7,1% desse valor corresponde ao faturamento das indústrias de aguardente e outros destilados. Segundo o Centro Brasileiro de Referência da Cachaça (2014), dados da produção brasileira de aguardente podem ser subestimados, visto que existe uma grande parcela de informalidade no setor, o que o torna mais difícil de mapear.

Aguardentes são bebidas com forte teor alcoólico, obtidas pela fermentação e posterior destilação de mostos açucarados, oriundos do caldo e de macerados vegetais ou não. Assim, a definição de aguardente é genérica, e, como tal, pode-se encontrar aguardentes de frutas como laranja, uva e banana, aguardentes de cereal como cevada, milho e arroz, de raízes e tubérculos

como beterraba, mandioca e batata e também de colmos como cana-de-açúcar e bambu (BRASIL, 2009; BRASIL, 2008).

Dentre as bebidas derivadas de tubérculos existe a tiquira, muito apreciada nas regiões norte e nordeste do Brasil, com maior produção no estado do Maranhão. O nome tiquira tem origem no Tupi Guarani e vem da palavra tykir, que significa cair gota a gota, uma referência ao processo de destilação. É uma bebida originária da cultura indígena, a partir do fermentado cauim (bebida alcoólica fermentada de mandioca ou de milho) (CEREDA, 2005; RIBEIRO, 2011). A tiquira encontra-se dentro da legislação brasileira como uma aguardente, com graduação alcoólica de 36 a 54 % em volume, obtida de destilado alcoólico simples de mandioca ou pela destilação de seu mosto fermentado. Entre as bebidas derivadas da mandioca, apenas a tiquira possui legislação específica (BRASIL, 2009; BRASIL, 2008).

Na fabricação das bebidas alcoólicas, a fermentação é realizada por fungos, sendo que no Brasil os mais utilizados são os do gênero leveduras, conhecidas como *Saccharomyces cerevisiae*, uma espécie de fungos. Esses são muito eficientes no processo de fermentação durante a atividade metabólica, porém metabolizam apenas glicose, sacarose e frutose (CEREDA, 2005; RIBEIRO, 2011). Já na fabricação da tiquira, os fungos que participam do processo, são os bolores autóctones, *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* e *Neuróspora sitophila*. Esses fungos realizam a hidrólise e fermentação simultânea (MENEZES; SARMENTO DAIUTO, 1998).

2.8 FUNGOS

Os fungos são seres vivos que têm sido isolados de forma constante na busca de novas fontes de produtos biotecnológicos. Eles são considerados fonte excelente de novos compostos bioativos e representam uma valiosa fonte de material biológico a ser explorada na produção de enzimas para ser utilizadas em processos biotecnológicos. (MONDAL *et. al.*, 2020; KARIM *et. al.*, 2018).

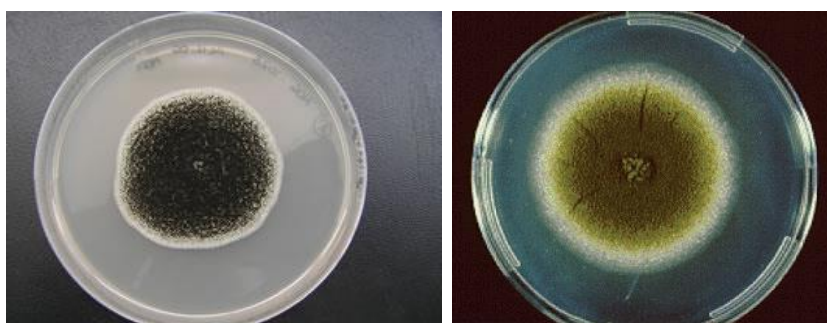
Fungos são seres micro ou macroscópicos, eucariontes, possuem o glicogênio como fonte de reserva, são aclorofilados, não realizam fotossíntese, sendo que a maioria dos fungos filamentosos adquirem seu alimento por absorção. (GUERRERO; SILVEIRA, 1996). Eles são conhecidos popularmente como bolores, mofos, fermentos, levedos, orelhas-de-pau, trufas e cogumelos-de-chapéu e champignon. São seres que se propagam através de esporos, que são espalhados no ambiente pelo ar. A maioria produz uma estrutura chamada micélio, que é

constituído de partes conhecidas como hifas septadas ou cenocíticas. Com exceção das leveduras, os fungos se caracterizam pela nutrição através da absorção. Em relação à nutrição, eles têm modo de vida diversificado, indo desde parasitas, saprobiontes, simbiontes e comensais (TEIXEIRA *et al.* 1999).

De acordo com Roitman *et al.* (1988), o crescimento de fungos acontece pelo desenvolvimento do micélio, que apresenta aspecto variável, de seco e pulverulento a úmido e gelatinoso. Geralmente o micélio é incolor, embora em algumas espécies apresentam pigmentos com tonalidade vermelha, amarela, castanha, cinza ou preta. As diferentes colorações das colônias de muitos bolores acontecem em decorrência da grande quantidade de esporos assexuados, como conídios e esporangiósporos, que resulta em diversas cores, sendo características auxiliares na identificação de gêneros. A Figura 8 é resultado de uma cultura de fungos em meio à cultura.

Os fungos são classificados como filamentosos e leveduras, os dois tipos são muito importantes para conservação de alimentos, porém dependendo do tipo de alimento, as leveduras podem se constituir em agente de deterioração (GUPTA *et al.*, 2010; ROBL *et al.*, 2013; GUO *et al.*, 2008; CORRÊA *et al.*, 2014; PALLU, 2010).

Figura 8. Fungos crescidos em meio de cultura.



Fonte: life-worldwide.org / acesso em 21/07/2021

2.8.1 Leveduras

As leveduras podem ser definidas como fungos “saprófitas” que exigem uma fonte de carbono elaborada para fornecer a energia química, podendo ser glicose ou outro açúcar. Esses

seres sobrevivem em meios menos úmidos do que as bactérias e mais úmidos do que a maioria dos fungos filamentosos e, geralmente, se multiplicam melhor em meios anaeróbios, porém os tipos fermentativos também se multiplicam bastante em meios aeróbicos. As melhores fontes de energia das leveduras são os açúcares (ACQUARONE *et al.*, 2001; VENTURINI e MENDES, 2004; FRANCO, 2005; LANDGRAF, 2005). De acordo com Venturini e Mendes, (2004) existem leveduras que são consideradas selvagens, essas são estranhas ao processo de fermentação podendo contaminá-lo, contribuindo para um baixo rendimento no material fermentado. Dessa forma, influenciam na qualidade do produto final. Eles relatam que as espécies de levedura *Saccharomyces cerevisiae* é amplamente disseminada na natureza e bastante utilizada na área industrial, principalmente na produção de etanol, bebidas alcoólicas e também na produção de levedura para panificação, porém não possuem capacidade de hidrolisar amido. Existem trabalhos científicos que comprovam a extração de amilases de espécies de leveduras, com alta eficiência catalítica para hidrólise de amido (SALAH, 2021).

2.8.2 Fungos filamentosos

Assim como as leveduras, os fungos filamentosos apresentam como estrutura morfológica fundamental as hifas, que formam o micélio. Esses seres são microscópios predominantemente pluricelulares e apresentam reprodução sexuada e/ou assexuada.

Os fungos filamentosos são os principais microrganismos que se favorecem do seu desenvolvimento vegetativo para efetuar o crescimento em sólidos porosos. Dentre eles, os do gênero *Aspergillus* crescem bem nos substratos com baixo teor de água e altas concentrações de açúcares. Esse fator faz com que sejam considerados um gênero microbiano indicado para cultivo sob fermentação em estado sólido. Uma grande quantidade de enzimas extracelulares é produzida pelas diversas espécies de *Aspergillus* no cultivo em estado sólido, sendo que várias dessas enzimas são aplicadas em processos da indústria biotecnológica, como indústria de álcool e de bebidas alcoólicas, ácidos, pigmentos, polissacarídeos, esteróis, antibióticos, entre outros (SANTANA, 2012; GUSMÃO *et al.*, 2014; LACAZ, 2002).

Dentre os fungos filamentosos, o gênero *Aspergillus* contém um grande número de espécies com características ideais para aplicações industriais, dessas pode se destacar: boa capacidade de fermentação e grande nível de secreção de enzimas. Os *Aspergillus niger* são encontrados no cotidiano como bolor preto em frutas e outros alimentos. Eles são fáceis de serem manipulados e possuem uma grande capacidade de fermentar vários tipos de matérias-

primas de baixo custo com alto rendimento de bioprodutos, por isso apresentam vantagens na produção industrial em relação a outros tipos de fungos (JA' AFARU e FAGADE, 2007). Fungos do gênero *Aspergillus niger* se destacam pela sua aplicação na indústria de alimentos. Eles apresentam cor preta, comumente denominado “mofo negro” e têm como características particulares colônias brancas a amarelo claro e rapidamente formam grande quantidade de esporos. Além disso, possuem hifas finas septadas e estrutura chamada de conidióforos que apresentam vesículas recobertas por conídios negros (WAINWRIGHT, 1995; PRADO, 2002; SANA *et al.*, 2021).

Alguns gêneros de *Aspergillus*, tais como *fumigatus a flavus*, são patógenos oportunistas para homens e animais, porém enzimas (amilases) extraídas de algumas espécies desses gêneros foram testadas e apresentaram atividade catalítica relevante para degradação de amido, portanto podem ser aplicados para esse fim no ramo da biotecnologia (MONDAL *et al.*, 2020 KARIM *et al.*, 2018).

O *Tacylomiceis* é outro gênero de fungos que tem sido estudado como microrganismos para produção de biocatalisadores, principalmente, amilases e celulasas (LIAO *et al.*, 2018).

Segundo Shahryani *et al.*, (2019) os bolores do gênero *neurospora* possuem grandes possibilidades de serem utilizados no mercado enzimático, pois apresentam alta atividade enzimática.

Objetivo

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Produzir bebida alcoólica destilada utilizando enzima fúngica e comercial para a hidrólise da farinha do mesocarpo de babaçu.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar hidrólise da farinha do mesocarpo de babaçu utilizando as enzimas α -amilase e a glucoamilase com a finalidade de produzir bebida alcoólica destilada;
- ✓ Hidrolisar e fermentar farinha de mesocarpo de babaçu utilizando fungos no intuito de inserir microorganismos disponíveis no ambiente no processo de produção de bebidas;
- ✓ Determinar as propriedades físico-químicas da bebida alcoólica de mesocarpo de babaçu para garantir que o produto atenderá a todas as especificações sensoriais adequadas para bebida alcoólica destilada;
- ✓ Isolar fungos sacarificantes e fermentadores da biomassa e analisar a atividade enzimática dos mesmos.

Capítulo I

4 CAPÍTULO I

PATENTE

“BEBIDA A BASE DE ÁLCOOL PROVENIENTE DE MESOCARPO DE BABAÇU”

“BEBIDA À BASE DE ÁLCOOL PROVENIENTE DE MESOCARPO DE BABAÇU”

Inventores: Neurene da Cruz; Silvio Carlos Coelho; Adeilton Pereira Maciel.

Resumo: BEBIDA ALCOÓLICA À BASE DE MESOCARPO DE BABAÇU. O presente invento descreve uma bebida alcoólica destilada. A invenção pertence ao campo da agroindústria. Mais especificamente uma bebida semelhante à aguardente, obtida a partir de hidrólise enzimática de amido proveniente de mesocarpo de babaçu com e sem adição de outros carboidratos. Refere-se a um produto proveniente do mesocarpo de babaçu que é um insumo pouco explorado.

CAMPO DE INVENÇÃO

[01] A presente invenção descreve uma bebida alcoólica. Mais especificamente compreende uma bebida do tipo aguardente, obtida a partir da hidrólise da massa de mesocarpo de babaçu com e sem adição de outros carboidratos, que após sacarificação, fermentação e destilação gera um bioproduto importante para melhorar a economia de comunidades pobres onde há existência dessa biomassa em abundância.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[02] Dentre a diversidade de palmeiras nativas no Brasil, o babaçu se destaca como uma das espécies mais utilizadas na indústria extrativista brasileira. Essa palmeira é conhecida cientificamente como *Attalea speciosa* (Mart) com os sinônimos *Orbignya phalerata* (Mart.) e *Orbinya spiciosa* e é encontrada na Floresta Amazônica, no Cerrado e na zona de transição entre esses biomas.

[03] A palmeira alcança plena produção de frutos aos 15 anos e tem vida média de 35 anos. Produz o ano todo de 3 a 6 cachos de frutos, cada cacho possui cerca de 150 a 300 unidades e cada uma contém no seu interior em média 3 amêndoas (BRASIL, 2009). O seu fruto é conhecido popularmente como coco babaçu e é constituído pelas partes epicarpo - camada externa e fibrosa; mesocarpo - camada intermediária, rica em amido; e endocarpo - camada interna e lenhosa onde ficam localizadas as amêndoas. Dentre essas destaca-se o mesocarpo com um potencial ainda pouco estudado e explorado. O estudo do mesocarpo do babaçu é relevante para a aplicação na produção de bioprodutos, isso pode elevar o valor comercial dessa

biomassa e, assim, contribuir para um impacto positivo na economia de algumas comunidades onde existem esse recurso em abundância.

[04] Por ser um vegetal relevante na subsistência de várias comunidades, seu extrativismo se destaca no país, considerando que todas as partes que constituem o fruto da palmeira são utilizadas, desde o uso para fins artesanais à alimentação animal. A atividade econômica do babaçu abrange a coleta e a quebra do coco para fins comerciais, como a venda de amêndoas, a produção de carvão mineral, o qual é feito com a queima da casca e extração do mesocarpo, parte do fruto que se obtém um tipo de farinha usada na fabricação de produtos secundários (como mingau, bolos e remédios caseiros).

[05] Os cocos apresentam quatro partes aproveitáveis: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa. Dados destacam que a produção anual brasileira da amêndoa do babaçu pode chegar até 61.39 toneladas (IBGE, 2016). Essa amêndoa recebe maior destaque em função de uma maior valorização comercial. Entretanto, as demais partes do coco possuem grande potencial em diversas áreas da indústria. Dessas partes, destaca-se o mesocarpo ou poupa, que é uma camada localizada abaixo do epicarpo e pode ser facilmente reduzido a pó e pode apresentar em média 63% de amido

[06] Há concentrações elevadas de carboidratos (amido) no mesocarpo de babaçu, portanto, esse insumo pode ser utilizado como matéria-prima adequada para sacarificação, através da hidrólise enzimática. A produção de açúcares provenientes de recursos secundários já é reconhecida como uma unidade estratégica de processo dentro das rotas de valorização de insumos. Nesse contexto, o mesocarpo de babaçu, que ainda é pouco explorado e até mesmo desperdiçado, é uma matéria-prima adequada para produção de bebida alcoólica.

[07] O amido é um componente importante numa variedade de produtos agrícolas como cereais, legumes, tubérculos, raízes e algumas frutas. Trata-se de um polissacarídeo heterogêneo, composto de dois polímeros de glicose: a amilose e a amilopectina. A amilose é uma molécula linear com 900 a 3000 unidades de D-glicose unidas por ligações químicas α -(1,4). A amilopectina, molécula mais abundante nos diferentes tipos de amido, é um polímero maior, altamente ramificado, com 104 - 106 unidades de D-glicose em média, unidas por ligações α -(1,4) e nos pontos de ramificação unidas por ligações α -(1,6), as quais ocorrem a cada 20 – 25 unidades de glicose (FRENCH, 1973; GUILBOT e MERCIER, 1985).

[08] A patente de Número: BR 11 2014 004854 1 depositada sob o título: “Composições farmacêuticas, processo de obtenção de composições farmacêuticas e uso de composição farmacêutica à base do mesocarpo do fruto de *Orbignya phalerata*”, em nome de Universidade Federal do Maranhão, descreve um processo de obtenção do extrato alcoólico do

mesocarpo dos frutos de *Orbignya phalerata*, tendo atividade farmacodinâmica, composições farmacêuticas caracterizadas pelo fato de conterem de 0,005mg a 50000mg do mesocarpo ou do extrato alcoólico obtido do mesocarpo dos frutos da *Orbignya phalerata* e outros componentes farmacodinamicamente ativos, uso terapêutico das composições na prevenção e no tratamento de inflamações, infecções e, ainda, como auxiliar no processo de cicatrização tecidual. O invento tem como objetivo a formulação de composições cosméticas e farmacêuticas (solução, creme, gel, cápsulas, etc.) com atividade anti-inflamatória, cicatricial e antimicrobiana, obtida a partir do extrato aquoso e/ou etanólico do mesocarpo do fruto de *Orbignya phalerata*, desprezando a composição amilácea da farinha de babaçu.

[09] A patente de Número: BR 11 2014 004854 1 depositada sob o título: “Composição cosmética destinada à maquiagem da pele, produto cosmético e uso cosmético de polissacarídeos de babaçu”, em nome de Natura Cosméticos S.A., descreve uma composição cosmética destinada à maquiagem da pele que compreende: (a) um sistema modificador de sensorial com pelo menos um polissacarídeo de babaçu; (b) um pigmento tratado; e (c) um difusor óptico. Esta composição cosmética maquia a pele uniformemente, apresentando cobertura integral da região da pele, boa adesão, minimiza o brilho excessivo, entre outras vantagens. A invenção trata também do uso cosmético de polissacarídeo de babaçu como modificador sensorial.

[010] A patente de Número: BR 11 2014 004854 1 depositada sob o título: Bebida láctea à base de extrato hidrossolúvel de amêndoa de babaçu e seu processo de obtenção com cultura probiótica, em nome de Fundação Universidade Federal do Tocantins, descreve o processo de fabricação de uma bebida láctea fermentada e este produto contendo culturas probióticas incorporadas a uma matriz constituída de leite e/ou seus derivados e amêndoa de babaçu (*Orbignya speciosa*). A invenção pertence ao campo da Engenharia de Alimentos e refere-se a um produto alimentício fermentado à base de amêndoa de babaçu com cultura probiótica e está relacionada aos usos da bebida láctea probiótica como alimento funcional indicado a doenças crônicas intestinais, dietas de emagrecimento, síndrome metabólica, úlcera peptídica, diabetes, doenças autoimunes, diminuição do colesterol, prevenção de câncer, entre outros.

[011] A Patente de número: BR 1004478 -7 A2 depositada sob o título: Processo de preparação de mesocarpo do coco babaçu quimicamente modificado, processo de remoção de íons metálicos em soluções hidroetanólicas e uso do mesocarpo do coco babaçu quimicamente modificado. A presente invenção se refere ao processo de obtenção de derivados do mesocarpo do coco babaçu a partir de reações com anidridos orgânicos, tais como anidridos succínico, fitálico e maleico. A invenção refere-se também à utilização do mesocarpo do coco babaçu

modificado como adsorventes de tons metálicos, em meio aquoso e em meio hidroalcoólico para remoção de tons metálicos, preferencialmente, adsorvente na remoção do íon Cu⁺² (cobre) na aguardente de cana de açúcar.

[012] A patente de Número: S2178595- A1; ES2178595-B, depositada sob o título: Procedimento para obtenção de aguardente de castanha resultante da hidrólise enzimática simultânea de amido de castanha e fermentação de glicose por levedura selecionada na ausência da fase líquida. A invenção descreve um processo para produção de aguardente proveniente de uma biomassa rica em amido.

[013] A patente de Número: BR 201210225490, depositada sob o título: Produção de aguardente de batata doce. A invenção descreve a produção de aguardente proveniente de uma biomassa rica em amido.

[014] Portanto, como pode ser observado, nenhum documento do estado da técnica descreve ou sugere um processo para bebida alcoólica proveniente de mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata/Attalea speciosa*).

DESCRIÇÃO DA PRESENTE INVENÇÃO

É um objeto da presente invenção, uma bebida alcoólica do mesocarpo de *Attalea speciosa*, compreendendo as etapas de sacarificação enzimática com utilização de enzimas comerciais, através das rotas, sacarificação, fermentação e destilação e pelo método de sacarificação e fermentação simultânea feita por fungos crescidos em beijus da farinha de mesocarpo, conforme descrição abaixo:

1) Sacarificação enzimática com utilização de enzimas comerciais, fermentação e destilação: a) pesar a farinha de mesocarpo de babaçu e adicionar água na proporção variando entre 1:5 e 1:20 sendo preferível 1:10; b) aquecer e mexer de forma constante, quando atingir a temperatura de 60°C, acrescentar 0,5mL da enzima licozyme e continuar mexendo; c) ao atingir a temperatura de 85°C, acrescentar 0,5mL da enzima licozyme e continuar mexendo durante uma hora; d) baixar a temperatura para 65°C e adicionar 1,0mL da enzima AMG; e) mexer um pouco para misturar a enzima e deixar em repouso por 2 horas; f) verificar o brix utilizando um refratômetro; g) separar o material decantado da parte líquida; h) diluir a parte líquida até atingir 14° a 16° brix, utilizando a equação: $A = \frac{16-g}{g}$, onde A= a quantidade de água a ser adicionada e g= ao brix desejado; i) verificar o pH do líquido e se necessário adicionar ácido até ajustar o pH para 4 a 4,5; j) misturar a levedura com água a uma concentração de 10g/L e adicionar no

mosto; k) reservar por três dias num recipiente de plástico, vidro ou fibra, para fermentação aeróbica; l) após a fermentação, verificar o brix final e medir o volume do mosto; n) calcular o volume da aguardente de acordo com a equação: $VA = \frac{Vm(Brix-2)}{100}$, onde (VA) significa volume da aguardente e (Vm) volume do mosto; n) calcular o volume da cabeça (primeiro volume do destilado) e o volume da calda (último volume do destilado), sendo que ambos devem ser 5% do volume total da aguardente; o) realizar a destilação coletando a cabeça, coração (bebida) e calda em recipientes separados, pois na cabeça sai maior quantidade de substâncias voláteis, como ácidos, álcoois superiores, furfural e pouca concentração de álcool, fatores indesejáveis para a qualidade do produto.

2) Sacarificação e fermentação simultânea feita por fungos crescidos na farinha: a) pesar a farinha de mesocarpo de babaçu; b) umidificar a farinha e fazer um beiju; c) pré-cozer o beiju em frigideira ou forno; d) semear fungos crescidos em beiju de mandioca dos alambiques de tiquira; e) após 8 dias colocar os beijus com fungos crescidos em água na proporção 1:10; f) verificar o brix utilizando um refratômetro; g) separar a biomassa da parte líquida; h) diluir a parte líquida até atingir 14° a 16° brix, utilizando a equação: $A = \frac{16-g}{g}$, onde A= a quantidade de água a ser adicionada e g= ao brix desejado; i) após a fermentação, verificar o brix final e medir o volume do mosto.

[015] Para calcular o volume da cabeça, corpo e calda a fim de realizar a destilação, seguir o mesmo procedimento descrito no processo enzimático.

[016] O processo, descrito acima, pode ser realizado com adição de fécula de mandioca nas proporções de 25%, 50% e 75%.

[017] A farinha de mesocarpo de babaçu utilizada nos processos descrito acima apresenta as especificações e características expressas na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Caracterização da farinha de mesocarpo de babaçu.

Componentes:	Composição %
Fibra e outros componentes	32,948
Amido	54,28
Proteínas	0,62
Lipídios	2,465
Água	0,64
Cinzas	0,942

Fonte: Elaborada pelos autores.

REIVINDICAÇÕES

- 1- Bebida alcoólica proveniente de mesocarpo de babaçu caracterizada por ser preparada com a mistura da farinha de mesocarpo de babaçu e água utilizando enzimas amilases no processo de sacarificação.
- 2- Bebida alcoólica proveniente de mesocarpo de babaçu caracterizada por ser preparada com a mistura da farinha de mesocarpo de babaçu e água utilizando fungos provenientes de alambiques de produção de tiquiras crescidos na farinha de mesocarpo de babaçu no processo de sacarificação e fermentação.
- 3- Bebida alcoólica proveniente de mesocarpo de babaçu de acordo com as reivindicações 1 e 2 caracterizada por, opcionalmente, ser acrescida fécula de mandioca ao açúcar à mistura.
- 4- Bebida alcoólica proveniente de mesocarpo de babaçu, de acordo com as reivindicações de 1 a 3 caracterizada por apresentar graduação alcoólica a 20°C de 28% a 39%.

RESUMO

“BEBIDA ALCOÓLICA À BASE DE MESOCARPO DE BABAÇU”

O presente invento descreve uma bebida alcoólica destilada. A invenção pertence ao campo da agroindústria. Mais especificamente uma bebida semelhante à aguardente, obtida a partir de hidrólise enzimática de amido proveniente de mesocarpo de babaçu com e sem adição de outros carboidratos. Refere-se a um produto proveniente do mesocarpo de babaçu que é um insumo pouco explorado.

Capítulo II

5 CAPÍTULO II

MESOCARPO DE BABAÇU UMA BIOMASSA COM GRANDE POTENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO AGROINDUSTRIAL – UMA REVISÃO.

Neurene da Cruz¹
Adão Nascimento dos Passos²
Amanda Stephane Cruz dos Passos³
Adeilton Pereira Maciel⁴

RESUMO

O babaçu (*Attalea speciosa*) é uma palmeira, presente em grande escala no norte-nordeste brasileiro, seu fruto conhecido como coco babaçu vem despontando como uma boa fonte de amido, um polímero muito utilizado em vários estudos com aplicação para obtenção de uma diversidade de produtos. Neste trabalho foi realizado um estudo sobre o uso do mesocarpo de babaçu, matéria-prima rica em amido com excelente potencial para produtos industriais em várias áreas. O estudo foi realizado por uma revisão da literatura, no período de 2016 a 2020, embasados em sites de busca e bancos de patentes, para identificar novas aplicações do coco babaçu, com destaque ao uso do mesocarpo. Mediante os dados encontrados, realizou-se uma análise de sua utilização apresentados em artigos e patentes, visto que algumas pesquisas relatam as potencialidades do mesocarpo do coco babaçu. A partir da análise bibliográfica foram selecionados 115 artigos publicados sobre o coco babaçu, no período de janeiro 2016 a abril de 2020, desses apenas 44 utilizaram o mesocarpo para uso na área de alimentação humana e animal; saúde; indústria farmacêutica; produção de materiais; na agricultura e mecanização; combustíveis e carvão ativado. Nas bases de patentes encontrou-se 16 publicações sobre aplicação do coco babaçu, sendo que sete são sobre tratamento e obtenção de produto utilizando o mesocarpo. Este estudo é relevante e inovador, visto que o mesocarpo, é uma fração do coco babaçu que se apresenta como matéria prima pouco explorada industrialmente, mesmo apresentando grande potencial para o desenvolvimento sustentável e regional.

Palavras-chave: Coco Babaçu, Mesocarpo, *Attalea speciosa*, amido.

¹ Mestre em Química Analítica, doutoranda em Biotecnologia pela UFMA, professora da SEDUC-MA/Açailândia-MA. E-mail: neureneacruz@gmail.com.

BABASSU MESOCARP A BIOMASS WITH GREAT POTENTIAL FOR AGROINDUSTRIAL DEVELOPMENT - A REVIEW.

ABSTRACT

The babaçu (*Attalea speciosa*) is a palm tree, it's a large scale presente in north-northeast Brazil, your fruit known as babaçu coconut has been emerging as a good source of starch, a polymer widely used in several studies with application to obtain a diversity of products. In this work, a study was carried out on the use of babaçu mesocarp, a raw material rich in starch with excellent potential for industrial products in several areas. The study was carried out by a literature review, in 2016 to 2020, based on search engines and patent banks, to identify new applications of babaçu coconut, with emphasis on the use of mesocarp. Based on the data found, an analysis of its use, presented in articles and patents, was carried out, since some studies report the potential of the babaçu coconut mesocarp. From the bibliographic analysis, 115 articles published on babaçu coconut were selected from January 2016 to April 2020, of which only 44 used mesocarp for use in the area of human and animal food; Cheers; pharmaceutical industry; production of materials; in agriculture and mechanization; fuels and activated carbon. In the patent bases, 16 publications were found on the application of babaçu coconut, seven of which are on treatment and obtaining a product using the mesocarp. This study is relevant and innovator, since the mesocarp is a fraction of the babaçu coconut that presents itself as a raw material little explored industrially, even with great potential for sustainable and regional development.

Keywords: Babassu Coconut, Mesocarp, *Attalea speciosa*, Starch.

MESOCARPIO DE BABASÚ, UNA BIOMASA CON GRAN POTENCIAL PARA EL DESARROLLO AGROINDUSTRIAL: UNA REVISIÓN.

RESUMEN

El babaçú (*Attalea speciosa*) es una palmera presente a gran escala en el norte-nordeste brasileño, su fruto, conocido como coco babaçú, viene despuntado como una buena fuente de almidón, un polímero muy usado en varios estudios con aplicación para obtención de una diversidad de productos. En este trabajo fue realizado un estudio sobre el uso del mesocarpio del babaçú, materia prima rica en almidón con excelente potencial para productos industriales en varias áreas. El estudio fue realizado a través de una revisión de la literatura, en el periodo de 2016 a 2020, incluida en Websites de búsquedas y bancos de patentes para identificar nuevas aplicaciones del coco babaçú, con destaque al uso del mesocarpio. Mediante los datos encontrados, se realizó un análisis de la utilización presentada en artículos y patentes, visto que algunas investigaciones relatan las potencialidades del mesocarpio del coco babaçú. A partir del análisis bibliográfico fueron seleccionados 115 artículos publicados sobre el coco babaçú en el periodo de enero de 2016 a abril de 2020, de esos, apenas 44 utilizaron el mesocarpio para uso en el área de la alimentación humana y animal; salud; industria farmacéutica; producción de materiales; en la agricultura y mecanización; combustibles y carbón activado. En las bases de patentes se encontraron 16 publicaciones sobre la aplicación del coco babaçú, siendo que siete eran sobre tratamiento y obtención de producto utilizando el mesocarpio. Este estudio es relevante e innovador, visto que el mesocarpio es una fracción del coco babaçú que se presenta como materia prima poco explotada industrialmente, mismo que presentando gran potencial para el desarrollo sostenible y regional.

Palabras clave: Coco babasú, mesocarpio, *Attalea speciosa*, almidón.

INTRODUÇÃO

No extrativismo vegetal brasileiro, o coco babaçu apresenta um alto potencial de aproveitamento, uma vez que pode ser utilizado integralmente. A composição percentual em massa do coco indica quatro partes aproveitáveis: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa. Dados destacam que a produção anual brasileira da amêndoa do babaçu movimentou 89,3 milhões de reais, no ano de 2019 (IBGE, 2019). Essa amêndoa recebe destaque, em função de sua maior valorização comercial. O óleo fixo de babaçu, que é um derivado da amêndoa é muito utilizado, na medicina popular e principalmente na alimentação de humanos, além de ser alvo de pesquisas para a fabricação de biocombustíveis, também tem sido caracterizado e avaliado para aplicação de atividade antibacteriana e antimicrobiana (MACHADO *et al.*, 2019; BARROQUEIRO *et al.*, 2016).

Entretanto, todas as demais partes do coco têm grande potencial em diversas áreas da indústria (TEIXEIRA, *et al.*, 2008; CINELLI *et al.*, 2014). Dentre elas, pode se destacar o mesocarpo ou polpa que é a camada localizada abaixo do epicarpo, podendo apresentar mais de 60% de amido na sua composição, (CINELLI, 2012; COURI e GIADA, 2016). Este percentual mostra que o mesocarpo é um insumo promissor para fonte de amido.

O amido é um polímero que tem sido estudado e utilizado amplamente em diversas áreas industrial (ASSIS *et al.*, 2017; CINELLI *et al.*, 2014; DE ALMEIDA *et al.*, 2011). Ele é um componente importante numa variedade de produtos agrícolas como cereais, legumes, tubérculos, raízes e algumas frutas. Entre as diversas fontes de amido existe o coco babaçu, fruto de uma importante palmeira brasileira, conhecida cientificamente como *Attalea speciosa* (Mart) com os sinônimos *Orbignyia phalerata* (Mart.) e *Orbinya speciosa* (Mart.) (ALMEIDA Jr *et al.*, 2016). Trata-se de uma espécie de palmeira, relevante na subsistência de várias comunidades brasileiras conhecida popularmente como babaçu. (ARRUDA; SILVA; SANDER, 2014; GONZÁLEZ-PÉREZ *et al.*, 2012;).

O babaçu é distribuído amplamente nos estados da região Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, sendo que, predomina com abundância nos estados do Maranhão, Tocantins e Piauí (CARNEIRO *et al.*, 2014). Esses estados também se destacam nas diversas formas de utilização dessa planta, devido sua relevância como fonte de sustento alternativo para milhares de pessoas que residem nos locais onde existem os babaçuais. (ARRUDA; SILVA; SANDER, 2014; GONZALEZ-PEREZ *et al.*, 2012; SANTANA *et al.*, 2013).

Na literatura existem vários trabalhos, que comprovam o uso do mesocarpo de babaçu para várias aplicações como: alimentação, nutrição e processamento de alimentos para humanos

(FERREIRA; MOLINA; PELISSARI, 2020); alimentação para animais (AUGUSTO *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018); produção de filmes bioativos (MANIGLIA e TAPIA-BLÁCIDO, 2016); carvão ativado (GHOSH *et al.*, 2019); fármacos (COELHO *et al.*, 2018; NOBRE *et al.*, 2018); biopolímero modificado para obtenção de sensores eletroquímicos (TEIXEIRA *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2019); síntese de nanomaterial com atividade antimicrobiana (BASTOS *et al.*, 2020); produção de álcool (BARUQUE FILHO; BARUQUE, M.; SANT'ANNA JR, 2000); processo de biossorção para tratamento de efluentes contaminados com metais pesados potencialmente tóxicos (DE NASCIMENTO, J. M. *et al.*, 2019), entre outras aplicações. Contudo, verifica-se que as potencialidades dessa matéria-prima estão sendo bem explorada em estudos científicos, porém ainda há muito potencial a ser aproveitado.

Esta revisão tem como objetivo reunir publicações sobre o uso do mesocarpo do coco babaçu com foco no teor de amido, seu componente mais abundante, além de reconhecer processos de extração e aplicação do amido proveniente do mesocarpo, uma elevada constituição do coco babaçu visando, o fortalecimento da área biotecnológica e desenvolvimento econômico das regiões onde predomina os babaçuais.

METODOLOGIA

Este estudo foi realizado através da busca de artigos em bases de dados bibliográficas incluindo Scopus, Web of Science, utilizando as palavras-chave, “*orbignya phareolata*”; “53abaçu AND coconut”, “*Attalea speciosa*” e “53abaçu mesocarp”. Foi realizada também busca de patentes nas bases Escritório Europeu de Patentes (EPO), Escritório Norte-americano de Marcas e Patentes (USPTO) e Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), utilizando as palavras-chave “53abaçu coconut”, “babaçu coconut AND mesocarp”, “*orbignya phalerata*”, “*orbignya phalerata* AND mesocarp”, “*Attalea speciosa*”, “*Attalea* AND mesocarp”. Os dados coletados estendem-se de 2016 a abril de 2020.

A partir da pesquisa inicial nas bases Scopus e Web of Science, cada artigo foi revisado para avaliar o título e resumo e eliminar duplicatas e conteúdos que não estavam relacionados aos propósitos deste trabalho. Após essa primeira triagem, o total de 161 (cento e sessenta e um) artigos foram selecionados e seus textos foram revisados, incluindo 32 (trinta e dois) artigos, que tratavam de caracterização ou aplicação de folhas ou caule do babaçu e 14 (quatorze) citavam o fruto, estudo constando caracterizações físico-químicas, mas não aplicaram em

processos. Também foram analisadas 17 patentes sobre aplicações do coco babaçu em diversas áreas industriais. Os critérios de exclusão utilizados nesta pesquisa foram: publicações que se repetiam; pesquisas não originais (revisões, editoriais ou cartas sem pesquisa); estudos que tratavam de caracterização ou aplicação de folhas caule ou raiz do babaçu; artigos que apenas citavam o coco babaçu, caracterizações físico-químicas, dados referentes a quantidade de artigos publicados por ano e aplicações do coco babaçu foram coletados e utilizados para a confecção dos gráficos, utilizando o editor de planilhas Microsoft Office Excel (2013). Adicionalmente, outras referências bibliográficas serviram como embasamento para discussão a respeito da aplicação do coco babaçu e do mesocarpo de babaçu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE E ESCOLHA DOS ARTIGOS

O número de artigos encontrados, com as palavras-chave escolhidas estão discriminados na Tabela 1.

Tabela 1- Combinações de palavras-chave utilizadas para busca nos bancos de dados e o número de artigos encontrados para o período de 2016 a 2020.

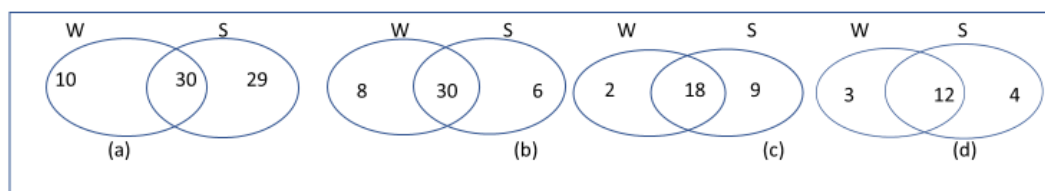
Palavras- chave	Scopus	Web of Science
<i>"Orbignya"</i>	63	48
<i>"54babaçu AND coconut"</i>	48	49
<i>"Attalea speciosa"</i>	35	27
<i>"Babassu mesocarp"</i>	28	28

Fonte: organizada pelos os autores (2021)

Essas combinações dos termos de pesquisa, foram delimitadas aos campos de título, resumo e palavras-chave. Somados, os artigos encontrados nas duas bases, 174 (cento e setenta e quatro) da SCOPUS e 152 (cento e cinquenta e dois) da WEB OF SCIENCE, totalizando 326 (trezentos e vinte e seis) artigos. Foram excluídos 7 (sete) artigos de revisão e 10 (dez) que não abordavam o tema babaçu, restando assim 309 (trezentos e nove). Além disso, foram retirados 148 (cento e quarenta e oito) artigos duplicados entre as bases e ou entre as palavras chaves, com isso restaram 161 (cento e sessenta e um) artigos distintos. Na Figura 1 é demonstrado a distribuição dos artigos por palavra-chave (a) *Orbignya*, (b) *Babassu AND coconut*, (c) *Attalea*

speciosa e (d) *Coconut mesocarp* nas plataformas Web of Science) e S (Scopus) utilizadas na pesquisa.

Figura 1. Distribuição dos artigos por palavra-chave (a) *Orbignya*, (b) *Babassu AND coconut*, (c) *Attalea speciosa* e (d) *Coconut mesocarp* nas plataformas W (Web of Science) e S (Scopus) utilizadas na pesquisa.



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

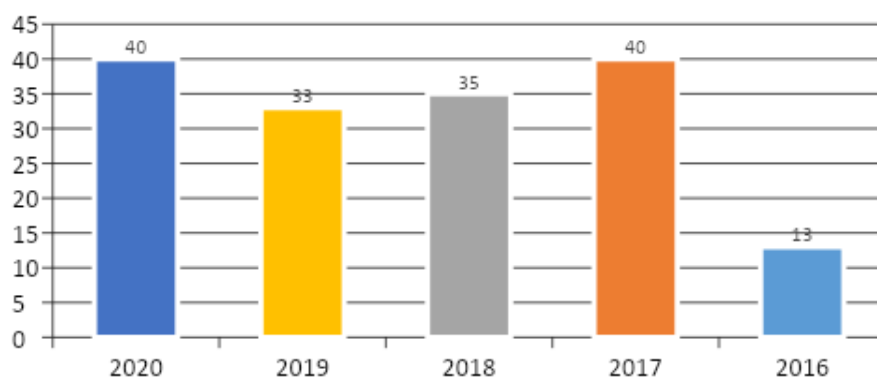
Dos 161 (cento e sessenta e um) artigos, 32 (trinta e dois) tratavam de caracterização ou aplicação de folhas ou caule da palmeira babaçu, 14 (quatorze) citavam o fruto, realizaram caracterizações físico-químicas de partes do mesmo, mas não o aplicaram em processos.

Ao final dessa seleção, restaram apenas 115 (cento e quinze) artigos que se referem a aplicação do coco. Dentre esses realizou-se uma triagem para verificar as diversas aplicações desse fruto. No entanto, somente 44 (quarenta e quatro) artigos são resultados de trabalhos com a utilização do mesocarpo do coco babaçu. Desses, 4 (quatro) tratavam da utilização para alimentação humana, 11 (onze) para alimentação animal e 29 (vinte e nove) na produção de bioprodutos e/ou biomateriais utilizados em processos nas áreas da saúde, combustível, embalagens de alimentos e medicamentos e em processos físico-químicos.

COCO BABAÇU

No período de janeiro de 2016 a abril de 2020, encontrou-se, 161 (cento e sessenta e um) artigos sobre o babaçu disponíveis nas bases SCOPUS e WEB OF SCIENCE. A quantidade e percentual de artigos publicados por ano é demonstrado na Figura 2.

Figura 2. Quantidade de artigos sobre o coco babaçu publicados por ano no período de 2016 a 2020.



Fonte: organizada pelos autores (2021)

Os resultados mostram que durante os últimos 5 (cinco) anos o número de publicações ainda é pequeno apesar do coco babaçu ser uma matéria-prima de composição rica, com aplicações em várias áreas da ciência como biodiesel, ração animal, cosméticos, fármacos, agricultura, alimentação humana, entre outras.

Pelo quantitativo de artigos publicados até abril de 2020, percebe-se que há interesse crescente de pesquisas científicas no que se refere à exploração das potencialidades dessa palmeira, principalmente sobre as partes do seu fruto.

Em anos anteriores alguns autores já relataram que, a exploração de riquezas naturais é uma área em expansão que ainda cabe muitas pesquisas (DE ALMEIDA *et al.*, 2011). Santana *et al.*, (2013) relataram que a busca constante por novos materiais de origem natural tem estimulado diversas pesquisas científicas. Fundamentados nas citações acima, espera-se que eleve o número de trabalhos utilizando o coco babaçu, uma riqueza natural tão abundante nas florestas brasileiras que pode ser utilizado de forma sustentável.

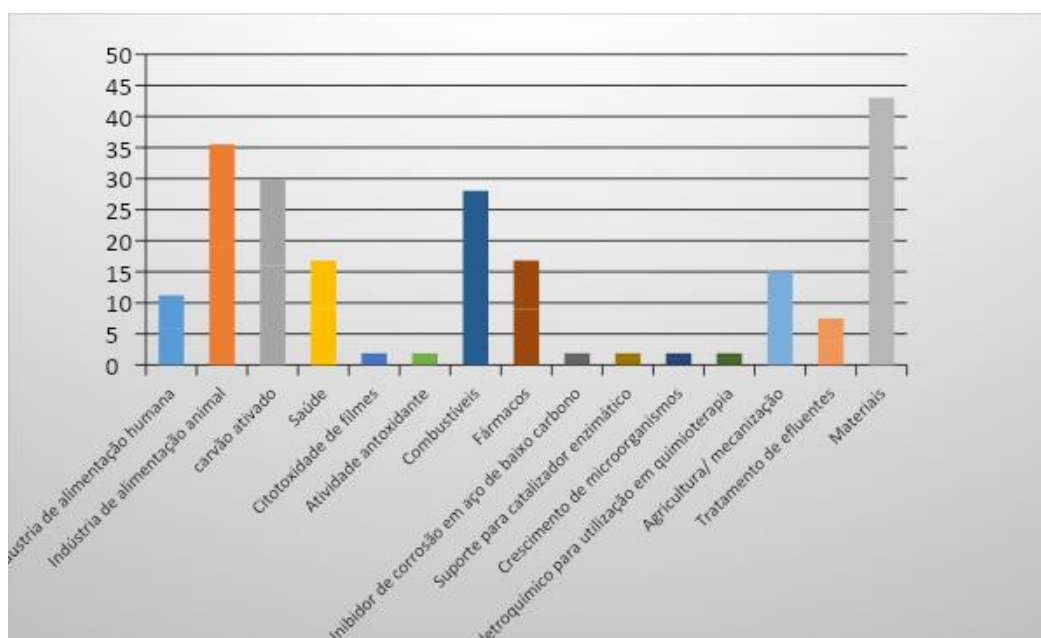
APLICAÇÕES DO COCO BABAÇU

Após um refinamento da pesquisa foi verificado que 71,4% ou seja 115 (cento e quinze) desses artigos citaram o coco babaçu e sugeriram uma aplicação para esse fruto em uma diversidade de áreas. Dessas, merecem atenção especial apenas 5% de artigos sobre testes aplicados para alimentação e nutrição de humanos. Considera-se um percentual baixo, pela riqueza nutritiva e abundância desse fruto em algumas regiões do país. Além disso, este índice pode refletir em impactos econômicos e estruturais dessas regiões, baseando-se na seguinte

citação da Organização das Nações Unidas (2014): “Devemos fomentar uma transformação estrutural inclusiva e favorável aos pobres, centrada nas pessoas e nas comunidades, para reduzir a vulnerabilidade econômica e caminharmos para a erradicação da fome, da insegurança alimentar e de todas as formas de desnutrição.”

Embora tenham poucas publicações que abordam a aplicação do mesocarpo de babaçu para alimentação de humanos, uma quantidade significativa de trabalhos com aplicação dessa biomassa foi publicada com aplicação para outras áreas. Da diversidade dos artigos publicados destacam-se as áreas de materiais, combustíveis, carvão ativado, saúde e indústria de fármacos. Todos os experimentos mostraram resultados favoráveis aos objetivos dos trabalhos, configurando-se assim, como um fator importante, pois a cada dia é crescente a busca por produtos naturais, acessíveis. Na Figura 3 é demonstrado a diversidade de áreas e as aplicações, bem como o quantitativo e percentual de artigos publicados com coco babaçu.

Figura 3 - Percentual de aplicações do coco babaçu em 115 artigos publicados no período de 2016 a abril de 2020.



Fonte: organizada pelos autores (2021)

É possível observar o uso do coco babaçu de forma diversificada. A Figura 4 é um diagrama que resume as diversas aplicações, de todas as partes desse coco, nos últimos 5 anos, conforme este estudo. Contudo, verifica-se que cada vez mais a ciência tem explorado o potencial desse fruto, com destaque para o mesocarpo, que de acordo com Silva *et al.*, (2019) é considerado um subproduto do babaçu.

Figura 4 - Resumo de aplicabilidade de todas as partes do coco babaçu.



Fonte: organizada pelos autores (2021)

COCO BABAÇU NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

Como já relatado anteriormente, de todos os artigos analisados, verificou-se que, apenas 6 (seis) artigos, que corresponde a 5% referiram-se a trabalhos com aplicação do mesocarpo do coco babaçu, para área da indústria de alimentação de humanos, nos quais, foi considerado essa matéria-prima de grande importância para esse setor. É notório que a amêndoa, que representa uma menor porção na constituição do coco, é bem mais explorada do que o mesocarpo.

Couri e Giada (2016) caracterizam a farinha de mesocarpo de babaçu, quanto à sua composição química centesimal, a mesma apresentou valor nutritivo relevante para indústria de alimentação e nutrição humana, conforme demonstrado na Tabela 2. Eles aplicaram essa farinha na fabricação de pão sem glúten e relataram que a mesma melhorou o valor nutricional do pão, aumentou o teor de fibras solúveis, diminuiu o total de carboidratos e as formulações foram bem aceitas em todos os atributos da avaliação sensorial. Dessa forma, a biomassa é considerada uma alternativa promissora para o desenvolvimento e enriquecimento de pão sem glúten.

Tabela 2. Composição química centesimal da amostra de farinha do mesocarpo de babaçu.

Determinação (%)	FMB*
Umidade (%)	13,07± 0,11
Lipídios (%)	0,27±0,15
Proteínas (%)	3,40±0,05
Resíduo mineral fixo (%)	0,97±0,01
Fibras solúveis (%)	16,23±0,21
Fibras insolúveis (%)	3,40±0,12
Glicídios totais (%)	62,66
Kcal/kj (%)	2671,123

*Media ± desvio padrão (n=3)

Fonte: COURI; GIADA (2016)

É importante lembrar que as propriedades físico-químicas da farinha de coco babaçu podem sofrer mudanças, em razão de alterações no clima, no tipo de solo, na região, ou variação de fatores genéticos, entre outras variáveis (PAVLAK *et al.*, 2007).

Maniglia e Tapia-Blácido (2016) realizaram um trabalho com objetivo de extrair o amido do mesocarpo de babaçu, utilizando os métodos de impregnação alcalina e imersão em água. Com esses métodos foram obtidos os respectivos rendimentos de amido 99% e 85%. Os autores concluíram que o amido isolado em ambos os métodos mostrou atividade antioxidante, fator que os levaram a sugerir a aplicação desses amidos como ingredientes alimentares ou em filmes bioativos.

Maniglia *et al.*, (2017), avaliaram as propriedades de filmes preparados com amido extraído do mesocarpo de babaçu por imersão em ácido. O amido obtido produziu um filme com 70% de atividade antioxidante, fator relevante para os autores sugerirem a utilização desse filme para embalagem ou revestimento de alimentos sensíveis à oxidação.

Ferreira, Molina e Pelissari (2020) realizaram um estudo sobre revestimentos comestíveis feitos de amido de mandioca com farinha de babaçu aplicado em duas frutas típicas do cerrado brasileiro. Eles verificaram que os frutos revestidos com 50% de farinha de babaçu tiveram maior conservação da quantidade de água, portanto apresentaram menor redução de peso. Também verificaram, que os sólidos solúveis totais permaneceram estáveis, para os frutos revestidos ao longo do armazenamento e também tiveram retardamento na maturação, em relação aos que não foram envolvidos com a mistura. Dessa forma, consideram que o amido de mandioca junto ao de babaçu é uma biomassa promissora para a produção de revestimentos conservadores e comestíveis com propriedades físicas adequadas para aplicações em alimentos.

ANÁLISE E ESCOLHA DE PATENTES

Os resultados da busca nas bases de patentes e combinações de palavras-chave estão organizados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da busca nas bases de patentes e combinações de palavras-chave.

Palavras- chave	EPO	USPTO	INPI
“babassu AND coconut”	1	220	0
“babaçu coconut AND mesocarp”	0	0	16
“orbignya AND phalerata”	4	1	4
“orbignya phalerata AND mesocarp”	0	0	0
“Attalea speciosa”	0	9	0
“Attalea AND mesocarp”	0	9	0

Fonte:organizada pelos autores (2020)

Alguns produtos e processos de patentes encontrados no INPI, no período de 2016 a 2020, a utilidade e a parte do coco utilizado na composição é relacionado a seguir:

- ✓ Bebida láctea, à base de amêndoa de babaçu, alimento funcional indicado para doenças crônicas intestinais (ARÉVALO, Z. D. D; ZUNIGA, A. D. G; PINEDO, A. A., 2017).
- ✓ Filmes finos, eletroativos a base de biopolímeros naturais do mesocarpo de babaçu para construção de plataformas sensoras (SILVA *et al.*, 2018).
- ✓ Nanoformulação antioxidante utilizando o óleo do coco babaçu, para aplicação na indústria de alimentos antioxidantes (COSTA *et al.*, 2018).
- ✓ Máquina trituradora do coco (SILVA, 2018).
- ✓ Gel de polissacarídeo isolado do mesocarpo de babaçu com aplicação na área de medicamentos (SANTOS *et al.*, 2018).
- ✓ Geossintético natural com matriz de fibra do epicarpo de coco babaçu (SOUZA e ZENKNER, 2019)
- ✓ Composição alimentícia para complementação alimentar utilizando vários cereais e frutas enriquecida com o óleo não refinado do coco babaçu (SILVA *et al.*, 2016).
- ✓ Embutidos de carne contendo óleo de babaçu, uma alternativa para substituição de gordura animal (ABREU *et al.*, 2018).

- ✓ Nanoemulsão para aplicação tópica na pele contra radiação ultravioleta, feito com óleo de Babaçu, como principal componente (COSTA *et al.*, 2018).
- ✓ Placas, painéis e chapas feitas com epicarpo do coco babaçu e seu processo de fabricação, além de outras disposições construtivas utilizadas principalmente na engenharia civil (CARVALHO *et al.*, 2018).
- ✓ Tela cirúrgica desenvolvida a partir de um fio monofilamentar de biopolímeros biodegradáveis e absorvíveis de origem vegetal do açáí e/ou do babaçu (ALVES *et al.*, 2019).
- ✓ Processo para branqueamento de babaçu (MOREIRA *et al.*, 2019).
- ✓ Modelo de utilidade para a produção de mantas sintéticas feitas com fibras de babaçu, para contenção de erosões superficiais e revegetação, em taludes ou canais. (SOUZA e ZENKNE, 2019)
- ✓ Biscoito tipo cookie livre de glúten, com alto valor nutricional feito a base de mesocarpo de babaçu e farinha do pedúnculo do caju (NUNES *et al.*, 2019).
- ✓ Batom emoliente, composto por óleo de babaçu e urucum, com capacidade decorativa e fotoprotetora para os lábios (MARQUES *et al.*, 2019).
- ✓ Processo de produção de combustível sólido derivado de biomassa do coco babaçu (*Orbignya speciosa*) e produto obtido (NETO *et al.*, 2019).

Em relação à pesquisa na base Escritório Norte-americano de Marcas e Patentes (USPTO), muitas patentes foram encontradas na busca com as palavras-chave “*babassu AND coconut*”, porém não se referiam a coco babaçu. Na mesma base quando utilizou-se as palavras-chave “*Attalea speciosa*”, “*Attalea AND mesocarp*” e “*orbignya AND phalerata*” apareceram algumas patentes, que não se referiam a aplicações do coco babaçu.

Sobre a busca na base Escritório Europeu de Patentes (EPO), quando utilizado com as palavras-chave “*orbignya AND phalerata*” apareceram algumas patentes, sendo um referente ao clareamento da farinha de mesocarpo para aplicações em cosméticos, outra um repelente natural contra o mosquito *Aedes aegypti* de uso tópico, obtido a partir de uma emulsão, que tem o óleo de babaçu como um de seus componentes e duas patentes que não se referiam a aplicação do coco babaçu. Quando foi utilizado o termo, “*babassu AND coconut*” apareceu uma patente que não se refere a aplicações de partes do fruto pesquisado. Para as demais combinações não foi encontrada nenhuma patente nas bases escolhidas para pesquisa.

De acordo com artigos revisados verificou-se que houveram muitas publicações de trabalhos científicos nos últimos cinco anos, com estudo sobre todas as partes do coco babaçu, com aplicações em diversas áreas. Enquanto nas bases de dados de patentes, considera-se um

número baixo de publicações, no mesmo período. Sobre a utilização das partes do coco verifica-se mediante a pesquisa que a amêndoa ainda é a parte mais explorada, principalmente o óleo retirado da mesma. Quanto ao mesocarpo, também tem sido explorado em trabalhos científicos, principalmente com o intuito de preparar materiais para aplicações em áreas diversificadas.

MESOCARPO DO COCO BABAÇU

Quanto ao aspecto, o mesocarpo, quando fresco, apresenta cor creme e pode ser facilmente reduzido a pó. Com o tempo, adquire rigidez lenhosa e cor castanho-avermelhada. Quando seco, ao ser embebido em água, apresenta textura semelhante ao látex, sendo dificilmente moído ou triturado (AZEVEDO *et al.*, 2007).

Por ser rico em amido, essa biomassa também tem sido estudada, como adjuvante farmacêutico, porém ainda requer mais estudos referentes a propriedades da farinha de mesocarpo do coco e do amido de babaçu para essa utilidade (ALMEIDA *et al.*, 2011; CINELI *et al.*, 2014).

Alves *et al.*, (2020) produziram e caracterizaram filmes de biopolímero com mesocarpo de coco babaçu, sendo que o material produzido foi resistente à solubilidade, lixiviação e degradação térmica.

Leal *et al.*, (2018), também obtiveram filme de mesocarpo de babaçu e carboximetilcelulose (CMC) para aplicação como matriz de liberação de fármacos. O filme mostrou citotoxicidade *in vitro* para Leishmaniose (100%). Os autores consideraram bons resultados, pois os polímeros mostraram boa compatibilidade na mistura, além de relatar que os filmes obtidos são promissores para matrizes de liberação de fármacos.

Os sensores eletroquímicos desenvolvidos a partir do mesocarpo de babaçu é uma alternativa viável para o monitoramento do antineoplásico em formulações farmacêuticas, pois além de sensíveis a essa droga, são construídos com polímeros naturais, renováveis e abundantes na natureza (TEIXEIRA, 2008).

A farinha do mesocarpo de babaçu, tem sido utilizada no Brasil como medicamento no tratamento de dores, obesidade, constipação, leucemia, reumatismo, ulcerações, tumores, inflamações e doenças venosas (AZEVEDO *et al.*, 2007; BALDEZ *et al.*, 2006). O amido de mesocarpo de babaçu purificado tem sido muito utilizado, pois devido a sua capacidade nutritiva e não toxicidade pode ser consumido (YULIANA *et al.*, 2012).

O potencial espessante dessa matéria-prima é relevante no auxílio da alimentação de pacientes com disfagia, uma desordem da deglutição podendo ser causada por derrame, câncer, distúrbios neuromusculares, entre outras condições (CARRIÓN *et al.*, 2014). A síndrome da

disfagia acomete milhares de pacientes, causando a desnutrição e/ou pneumonia por aspiração, ambas relacionadas com aumento dos custos de cuidados com a saúde, aumentando o tempo de internação hospitalar, o risco de infecções, prejudicando a recuperação e aumentando a mortalidade entre eles (MURONO *et al.*, 2014). A farinha de mesocarpo também vem sendo utilizada para alimentação de cordeiros e apresentando bons resultados nutritivos (LUZ *et al.*, 2017 e SOUSA *et al.*, 2020).

Embora haja dados disponíveis sobre a produção comercial de núcleos de palmeira de babaçu, uma gama de produtos derivados dessa palmeira é ignorada por pesquisas oficiais (PORRO, 2019). Almeida (2011) relata que, apesar das potencialidades e abundância do mesocarpo do coco, a amêndoa continua sendo a parte mais utilizada na indústria, principalmente na produção e refinamento do óleo.

APLICAÇÃO DE AMIDO NA ÁREA INDUSTRIAL

A utilização de polímeros sintéticos como matriz, em formulações de fármacos tem sido evitada pelos pesquisadores, em função dos efeitos prejudiciais que os mesmos apresentam sobre a droga incorporada. Nessa perspectiva, os polímeros naturais, como o de melhor biocompatibilidade, baixo custo de obtenção e produção de fácil acesso, fisiologicamente inerte e geralmente não exercem efeito farmacológico. Dentre os polímeros naturais, destaca-se o amido, por ser abundante na natureza e ter propriedades favoráveis para formulações de fármacos. (ASSIS *et al.*, 2017; CINELLI *et al.*, 2014; DE ALMEIDA *et al.*, 2011; YULIANA *et al.*, 2012).

PERSPECTIVAS DA UTILIZAÇÃO DO AMIDO DO COCO BABAÇU

Babaçu (*Attalea speciosa*) é um dos principais produtos florestais não madeireiros do Brasil. Como já relatado anteriormente, essa palmeira é nativa e abundante, em regiões brasileiras, onde concentra uma das populações mais significativas de trabalhadores rurais do país, estando presente no cerrado e na floresta Amazônica em um ecossistema chamado Mata dos Cocais (SANTOS FILHO; ALMEIDA JR; SOARES, 2013; CAMPOS *et al.*, 2015).

Essa palmeira apresenta importância socioambiental devido a sua relevância para as comunidades locais e o bioma da Mata dos Cocais. Contudo, esse vegetal ainda precisa ser mais estudado, visto que algumas de suas partes ainda são pouco exploradas, uma vez que, há um interesse principal pelo fruto (o coco babaçu) devido a comercialização dos seus produtos e bioprodutos, principalmente da amêndoa que representa uma pequena parte desse fruto.

No entanto, os resultados da composição química do mesocarpo de babaçu (parte do coco) e da aplicabilidade dessa matéria-prima, traz a reflexão de que ainda existem muitas formas de aproveitar essa biomassa e seus componentes, principalmente, no que se refere a alimentação, fármacos, cosméticos e materiais, pois pode-se considerar um grande potencial na sua composição química, principalmente o amido, seu componente mais abundantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que durante os últimos 5 (cinco) anos o número de publicações ainda é pequeno apesar do coco babaçu ser uma matéria-prima de composição rica, com aplicações em várias áreas da ciência como biodiesel, ração animal, cosméticos, fármacos, agricultura, alimentação humana, entre outras.

No ano de 2019 observa-se que houve um aumento no número de publicações e até abril de 2020 houve 14 (quatorze) publicações. Essa quantidade traz uma reflexão de que possa haver um acréscimo na quantidade de trabalhos explorando as potencialidades dessa palmeira tão importante para o desenvolvimento econômico e social de comunidades brasileiras, principalmente, das regiões norte e nordeste do país.

Em anos anteriores alguns autores já relataram que, a exploração de riquezas naturais é uma área em expansão que ainda cabe muitas pesquisas (DE ALMEIDA *et al.*, 2011). Santana *et al.*, (2013) relataram que a busca constante por novos materiais de origem natural tem estimulado diversas pesquisas científicas. Fundamentados nas citações acima, espera-se que eleve o número de trabalhos utilizando o coco babaçu, uma riqueza natural tão abundante nas florestas brasileiras que pode ser utilizado de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Virgínia Kelly Gonçalves *et al.* **Embutidos cárneos contendo óleo de babaçu. Depositante: Universidade Federal do Maranhão.** BR n. 10 2017 001452 5 A2. Depósito: 24 jan. 2017. Publicação: 14 agosto. 2018.
- ALMEIDA, Rafael Ramires de *et al.* Thermal analysis as a screening technique for the characterization of babassu flour and its solid fractions after acid and enzymatic hydrolysis. **Thermochimica Acta**, v. 519, n. 1-2, p. 50-54, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2011.02.029>.
- ALMEIDA JR, Eduardo Bezerra de *et al.* Coco babaçu: descrição botânica da palmeira, importância regional. *In*: MACIEL, A. P. (org.). **Ensaio técnico sobre oportunidades de produção de biocombustíveis a partir de coco de babaçu**, São Luís: Editora EDUFMA, 2016 p. 41-60.
- ALVES, Antônio Márcio Nunes *et al.* **Tela cirúrgica de biopolímero vegetal biodegradável de açaí (euterpe oleraceae) e/ou babaçu (Orbignya phalerata).** Depositante: Universidade do Estado do Pará. BR 10 2017 014605 7 A2. Depósito: 06 jul. 2017 Publicação: 22 jan. 2019
- ALVES, Ilmar Lopes *et.al.* Elaboration and characterization of biopolymer films with alginate and babassu coconut mesocarp. **Carbohydrate Polymers**. V. 234 n. 115747. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004060311100133X>.
- ARÉVALO, Z. D. D; ZUNIGA, A. D. G; PINEDO, A. A. **Bebida láctea à base de extrato hidrossolúvel de amêndoa de babaçu e seu processo de obtenção com cultura probiótica.** Depositante: Fundação Universidade Federal do Tocantins. Nº do Pedido: BR 10 2016 010153 0 A2. Depósito:28/04/2016. Publicação:31/10/2017.
- ARRUDA, J. C.; SILVA, C. J.; SANDER, N. L. Conhecimento e uso do babaçu (*Attlea speciosa* Mart.) por quilombolas em Mato Grosso. **Fragments de Cultura**. Goiânia, v. 4, n.2, p. 239, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18224/frag.v24i2.3307>.
- ASSIS, Renato Queiroz *et al.* Active biodegradable cassava starch films incorporated lycopene nanocapsules. **Industrial Crops and Products**, v. 109, p. 818-827, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.043>.
- AUGUSTO, Wesley Faccini *et al.* Proportions of sugarcane and babassu mesocarp bran in diets for feedlot cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 46, n. 8, p. 657-663, ago. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902>.
- AZEVEDO, Ana Paula Silva *et al.* Anti-thrombotic effect of chronic oral treatment with *Orbignya phalerata* Mart. **Journal Ethnopharmacologic**, v. 111, p. 155-159, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.11.005>.
- BALDEZ, Raimundo Nonato *et al.* Análise da cicatrização do cólon com uso do extrato aquoso da *Orbignya phalerata* (Babaçu) em ratos. **Acta Cirúrgica Brasileira**, São Paulo, v. 21, p. 31-38, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-86502006000800006>.

BARUQUE FILHO, E.A.; BARUQUE, M. DA G. A.; SANT'ANNA JR, G.L. Liquefação de amido de coco babaçu: uma abordagem em escala industrial para melhorar o rendimento de conversão. **Bioresource technology**, v. 75, n. 1, p. 49-55, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00026-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00026-2).

BARROQUEIRO, Elizabeth SB *et al.* **Immunomodulatory and Antimicrobial Activity of Babassu Mesocarp Improves the Survival in Lethal Sepsis. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v.2016 n.2859652, 2016. DOI:10.1155 / 2016/2859652.

BASTOS, Felipe Araruna *et al.* Green syntheses of silver nanoparticles using babassu mesocarp starch (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) and their antimicrobial applications. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 13, p. 100281, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2019.100281>.

CAMPOS Juliana Loureiro, Almeida, *et al.* Conhecimento, uso e manejo da palmeira babaçu (*Attalea speciosa* Mart. Ex Spreng) na região do Araripe (Nordeste do Brasil). **Economic Botany**, 69. 240–250. 2015.

CARRIÓN, Silvia *et al.* Oropharyngeal dysphagia is a prevalent risk factor for malnutrition in a cohort of older patients admitted with an acute disease to a general hospital. **Clinical Nutrition**, v. p. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.04.014>.

CARNEIRO, Bruna Lorena Aguiar *et al.* Estudo da estabilidade do extrato hidrossolúvel “Leite” de babaçu (*Orbignya speciosa*) pasteurizado e armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira Frutic**, São Paulo, v. 36, p. 232-236, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-334/13>.

CARVALHO, Daniele Gomes *et al.* **Placas, painéis e chapas osb (oriented strand boards) feitas com fibras de coco babaçu e seu processo de fabricação**. Depositante: ITPAC Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos S.A. Nº BR 10 2017 005816 6 A2. Depósito:22 mar.2017.

COSTA, Maria Célia Pires, *et al.* **Nanoformulação antioxidante a partir do óleo do fruto de babaçu (*orbignya phalerata martius*) e seu processo de obtenção**. Depositante: Universidade Estadual do Maranhão. Nº BR 10 2016 017598 4 A2. Depósito:28/07/2016.Publicação: 14/02/2018.

CINELLI, Bernardo Alves. **Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro,Rio de Janeiro, 2012.

CINELLI, Bernardo A. *et al.* Granular starch hydrolysis of babassu agroindustrial residue: A bioprocess within the context of biorefinery. **Fuel**, v. 124, p. 41–48, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.01.076>

COELHO, Angélica Gomes *et al.* Pharmaceutical development of tablets containing a spray-dried optimized extract from lippia organoides H. B. K.: Influence of excipients and toxicological assessment. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 54, n. 2, jul. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2175-97902018000217226>.

COSTA, Maria Célia Pires, *et al.* **Nanoformulação antioxidante a partir do óleo do fruto de babaçu (*Orbignya phalerata martius*) e seu processo de obtenção.** Depositante: Universidade Estadual do Maranhão. Nº BR 10 2016 017598 4 A2. Depósito:28/07/2016.Publicação: 14/02/2018.

COURI, Maria Heloiza de Souza; GIADA, Maria de Lourdes Reis. Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*): avaliação física, química e sensorial. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 63, n. 3, p.297-304, jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663030004>.

DA SILVA, Josany Saibrosa da *et al.* Subprodutos do babaçu (*Orbignya* sp) como novos materiais adsorptivos: uma revisão. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 24, n. 3, set. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620190003.0730>.

DO NASCIMENTO, J. M. *et al.* Chemical characterization of biomass flour of the babassu coconut mesocarp (*Orbignya speciosa*) during biosorption process of copper ions. **Environmental Technology and Innovation** V. 16 n. 100440, 2019.DOI:10.1016/j.eti.2019.100440.

FERREIRA, Danielle C.M.; MOLINA, Gustavo; PELISSARI, Franciele M. Effect of edible coating from cassava starch and Babassu flour (*Orbignya phalerata*) on Brazilian Cerrado fruits quality. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, n. 1, p. 172-179, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02366-z>.

GONZÁLEZ-PÉREZ, Sol Elizabeth *et al.* Conhecimento e usos do babaçu (*Attalea speciosa* Mart. e *Attalea eichleri* (Drude) A. J. Hend.) entre os Mebêngôkre-Kayapó da Terra Indígena Las Casas, estado do Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 2, p. 295, jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000200007>.

IFEOMA, Kanu *et al.* Application of Ipomoea batatas starch as suspending agent in acetaminophen suspension. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 8, n. 1, p. 24-30, jan. 2014. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJPP12.1310>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Agência de Notícias do IBGE.** Estatísticas Econômicas, 2019.

LEAL, Antonia de Sousa *et al.* In vitro bioactivity and cytotoxicity of films based on mesocarp of *Orbignya* sp. and carboxymethylcellulose as a tannic acid release matrix. **Carbohydrate polymers**, v. 201, p. 113-121, dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.08.026>.

LIMA, Handerson Rodrigues Silva *et al.* Filmes de mistura à base de biopolímeros extraídos do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*) para a detecção eletroquímica do fármaco antineoplásico do metotrexato. **J Electrochem de estado sólido**, v. 23, n. 11, p. 3153-3164, set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10008-019-04406-2>.

LUZ, Janaina Barros *et al.* Carcass characteristics and meat quality of lambs fed babassu cake (*Orbignya speciosa*) as a replacement for elephant grass silage. **Tropical Animal Health and Production** v. 49(1), pp. 113-119.2017. DOI:10.1007/s11250-016-1167-6.

MACHADO, J.F. Antibiotic activity potentiation and physicochemical characterization of the fixed orbignya speciosa almond oil against mdr staphylococcus aureus and other bacteria. *Antibiotics*, v. 8, n. 28, 2019. DOI: 10.3390/antibiotics8010028.

MANIGLIA, Bianca Chierigato; TAPIA-BLÁCIDO, Delia R. Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp. *Food Hydrocolloids*, v. 55, p.47-55, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.001>.

MANIGLIA, Bianca C. *et al.* Bioactive films based on babassu mesocarp flour and starch. *Food Hydrocolloids*, v. 70, p 383 e 391, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.04.022>.

MARQUES, Larissa dos Anjos *et al.* **Batom Emoliente e Fotoprotetor com Óleo de Babaçu e Urucum**. Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, nº do pedido 10 2018 010565 5 A2, publicado em 10 dez. 2019.

MOREIRA, Giovanna Canalli Ortiz *et al.* **Processo para branqueamento de babaçu**. Titular: Natura cosméticos S.A, nº do pedido BR 10 2017 016264 8 A2, publicado em 28 dez. 2017.

MURONO, Shigeyuki *et al.* Evaluation of dysphagia at the initial diagnosis of amyotrophic lateral sclerosis. *Auris Nasus Larynx*, v. 42, n. 3, p. 213-217, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anl.2014.10.012>.

NETO, Bartolomeu Cruz Viana *et al.* **Processo de produção de combustível sólido derivado de biomassa do coco babaçu (orbignya speciosa) e produto obtido**. Depositante: Universidade Estadual do Piauí. BR n.10 2018 005302 7 A2. Depósito: 16 mar.2018. Publicação: 01 mar. 2019.

NOBRE, Camila Bezerra *et al.* Antioxidative effect and phytochemical profile of natural products from the fruits of “babaçu” (*Orbignya speciosa*) and “buriti” (*Mauritia flexuosa*). *Food and Chemical Toxicology*, v.121, pp. 423-429. 2018.Doi: 10.1016/j.fct.2018.08.068.

NUNES, Lívio César Cunha *et al.* **Composição de um biscoito tipo cookie a base de mesocarpo de babaçu (*Orbignya speciosa*) e farinha do pedúnculo do caju (*anacardium occidentale*)**. Depositante: Universidade Federal do Piauí. BR 10 2017 026246 4 A2. Depósito: 05 dez.2017. Publicação: 25 jun. 2019.

Organização das Nações unidas (ONU). Brasil. Relatório sobre fome no mundo. **Desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fome-aumenta-no-mundo-e-atinge-820-milhoes-de-pessoas-diz-relatorio-da-onu/>.

PAVLAK, Marta Cristina de Menezes *et al.* Aproveitamento da farinha do mesocarpo do babaçu (*Orbignya martiana*) para obtenção de etanol. *Evidência-Ciência e Biotecnologia*, v. 7, n. 1, p. 7-24, 2007.

PORRO, Roberto. A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Humanas**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.169-188, abr. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222019000100011>.

SANTANA, Audirene Amorim *et al.* Microencapsulation of babassu coconut milk. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 4, p. 737-744, dec. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612013000400020>.

SANTOS, Ana Paula Silva de Azevedo dos, *et al.* **Gel de polissacarídeo isolado do babaçu**. Depositante: Universidade Federal do Maranhão. Nº: BR 10 2016 023175 2 A2 Depósito: 05, out.2016 Publicação: 02, mai. 2018.

SANTOS, Paull Andrews Carvalho dos *et al.* Babassu mesocarp flour in diet of finishing lambs. **Italian Journal of Animal Science**, v.18, p. 236-245, 2018. DOI: [10.1080 / 1828051X.2018.1504635](https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1504635).

SANTOS-FILHO, Francisco Soares; ALMEIDA JÚNIOR, Eduardo Bezerra; SOARES, Caio Jefiter Reis Santos. Cocais: zona ecotonal natural ou artificial? **Revista Equador**, v. 2, n. 1, p. 02-13, 2013.

SILVA, Fábio França *et al.* **Composição alimentícia enriquecida com óleo não refinado do coco do babaçu**. Depositante: UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO. BR 10 2016 026844 3 B1. D. Depósito:17/11/2016. Publicação: 05/06/2018. Concessão:18/05/2021.

SILVA Filho, *et al.* **Filme eletroativo formado a partir do mesocarpo do babaçu (*orbignya sp*) como plataforma para sensor**. Depositante: Universidade Federal do Piauí. Nº: BR 10 2016 015020 5 A2. Depósito:24/06/2016. Publicação: 09/01/2018.

SILVA, Salmeron Rodrigues *et al.* **Máquina Trituradora do Babaçu**. Depositante: Salmeron Rodrigues da Silva. Nº: BR 10 2016 015020 5 A2. Depósito:23, mar.,2016. Publicação:26, jan.2018.

SOUSA, Luciano Fernandes *et al.* Consumo e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com níveis variados de babaçu mesocarpo Farelo do mesocarpo do babaçu na alimentação de borregas: Consumo e comportamento ingestivo. **Semina: Ciências Agrárias**. Acesso livre V. 41, Ed. 5, P. 2335 – 2348 ano 2020.

SOUZA, Marcus Vinicius Ribeiro e ZENKNER, Thaís Freitas. **Geossintético natural com matriz de fibra do epicarpo de coco babaçu**. Depositante: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS. Nº: BR 10 2016 015020 5 A2. Depósito:24 out.2017. Publicação: 07 mai. 2019.

TEIXEIRA, Marcos Alexandre. Babassu a new approach for an ancient Brazilian biomass. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, n. 9, p. 857-864, set. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.12.016>.

TEIXEIRA, Paulo Ronaldo Sousa *et al.* Development of a low-cost electrochemical sensor based on babassu mesocarp (*Orbignya phalerata*) immobilized on a flexible gold electrode for applications in sensors for 5-fluorouracil chemotherapeutics. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 411, n. 3, p. 659-667, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1480-1>.

YULIANA, Maria *et al.* Defatted cashew nut shell starch as renewable polymeric material: Isolation and characterization. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 4, p. 2576-2581, 2012. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.11.044>.

Capítulo III

6 CAPÍTULO III

INFLUÊNCIA DE CONSÓRCIO FÚNGICO NA SACARIFICAÇÃO DE MESOCARPO DE BABAÇU PARA OBTENÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO.

Neurene da Cruz¹, Sílvio Carlos Coelho²; Igor Vinicius Pimentel³, Kátia Regina de Assunção Borges⁴, Carolina Borges Cordeiro⁵, Adão Nascimento dos Passos⁶, Caritas de Jesus Mendonça⁷, Gilza Prazeres⁸, Maria do Desterro Soares Nascimento⁹, Geusa Felipa de Barros Bezerra¹⁰, Adeilton Pereira Maciel¹¹.

neurenecruz@gmail.com, igorviniociospimentel@gmail.com, kareborges@gmail.com,
adaopassos@ifma.edu.br carolinacbc23@gmail.com, gilzaprazeres@gmail.com,
caritasflordelotus@gmail.com, m.desterro.soares@gmail.com,
geusabezerra@gmail.com; apm.ufma@gmail.com.

RESUMO

Neste artigo relatamos o isolamento, identificação e utilização de fungos de beijus de mandioca para obtenção de álcool etílico. Cinco fungos foram isolados, dentre eles, 4 (quatro) filamentosos e uma levedura. Estes foram utilizados para sacarificação e fermentação simultânea da farinha de mesocarpo de babaçu. Os processos de sacarificação e fermentação foram acompanhados por HPLC. Todos os fungos filamentosos isolados apresentaram atividade enzimática para amilase. Os fungos *Aspergillus, niger e fumigatus* e *Talaromyces sp.* apresentaram maiores índices enzimáticos e foram capazes de converter amido do mesocarpo de babaçu diretamente em álcool etílico.

Palavras-chave: Fungos, hidrólise, enzimas, babaçu, carboidrato e álcool.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com uma flora diversificada e abundante. Essa característica o torna um dos poucos países a ter grande potencial para geração de biomassa de forma sustentável.

A mata dos cocais é um bom exemplo de ecossistema brasileiro rico em geração de biomassa. Sendo o coco babaçu, a biomassa em destaque, oriunda de atividade extrativista sustentável do uso da palmeira de babaçu, devido, principalmente, a suas várias aplicações, que estão associadas a sua composição química. Mesmo sendo o óleo o principal produto do coco babaçu, outro componente tem ganhado protagonismo, o mesocarpo de babaçu.

O mesocarpo de babaçu apresenta alto teor de carboidratos complexos. Essa característica abre possibilidade de incremento de cadeias produtivas de vários vegetais. A transformação desses carboidratos complexos em outros mais simples, através do processo de hidrólise, por exemplo, pode gerar outros produtos como açúcares fermentáveis e posterior transformação em álcool etílico. (FERREIRA *et al.*, 2020; SILVA *et.al.*, 2018; CHU *et al.*, 2021).

Álcool etílico é muito demandado na indústria, por exemplo, como insumo na preparação de vários produtos químicos, além de ser, largamente, usado como combustível (hidratado ou anidro). Esse mercado do etanol exige cada vez mais oferta, sendo assim, percebe-se uma busca crescente por novas matérias-primas para sua produção, principalmente, aquelas que visam a redução de monoculturas e todos os problemas associados a esse tipo de cultura (SHENBAGAMUTHURAMAN *et al.*, 2022). A principal rota de obtenção de etanol é a hidrólise. No caso de matérias-primas amiláceas, durante a hidrólise, as moléculas de amido são transformadas em moléculas de açúcares fermentáveis, que podem ser convertidos em álcool etílico. A hidrólise é um processo que pode ocorrer por via ácida (geralmente, ácido clorídrico ou ácido sulfúrico) ou enzimática. (ANDRADE, 2019)

A hidrólise enzimática é um processo vantajoso em relação à hidrólise ácida devido, principalmente, à especificidade enzima-substrato. A reação pode ser realizada em temperaturas próximas ao ambiente, sem a necessidade de neutralização de resíduos (COSTA *et al.*, 2020). De acordo com Nazor *et al.*, (2021) a utilização da hidrólise enzimática na indústria é crescente, disparado pelo desenvolvimento de novas tecnologias, pelo advento de novas aplicações e contribuições da engenharia genética. Segundo Nandy, (2016) as enzimas têm sido muito utilizadas em indústrias de tecidos, detergentes, alimentos, bebidas e couro, dentre outras.

Os microrganismos, naturalmente, secretam enzimas durante seu metabolismo. Essas podem ser obtidas em meios de cultura específicos, ou adquiridas comercialmente. Dentre os microrganismos utilizados na produção de enzimas destacamos os fungos filamentosos e leveduriformes. Esses microrganismos são promissores para produção de enzimas pela facilidade de crescimento e alta capacidade na produção. Os fungos, principalmente os do tipo filamentoso, são muito visados pelo mercado enzimático (TOGHUEO *et al.*, 2017; COUTINHO DE *et al.*, 2021).

Na literatura existem trabalhos relevantes sobre hidrólise de amido. Os resultados desses trabalhos apresentam interesse industrial, como, por exemplo, na produção de açúcares fermentáveis para obtenção do etanol (WANG *et al.*, 2016; SINGH, 2020).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é mostrar a viabilidade de se obter álcool etílico através da sacarificação e fermentação simultânea de farinha de mesocarpo de babaçu utilizando um consórcio fúngico oriundo de matriz natural.

METODOLOGIA

2.1. COLETA, ISOLAMENTO E ANÁLISE TAXONÔMICA DOS FUNGOS

Os fungos foram obtidos dos beijos de mandioca (Figura 1) num alambique de tiquira no município de Urbano Santos-Maranhão. As mostras de beijos com fungos foram coletadas e acondicionadas em placas de Petri grandes, estéreis, envolvidas com filme e transportadas em caixa de isopor e conduzidas ao NIBA – Núcleo de Imunologia Básica da UFMA.

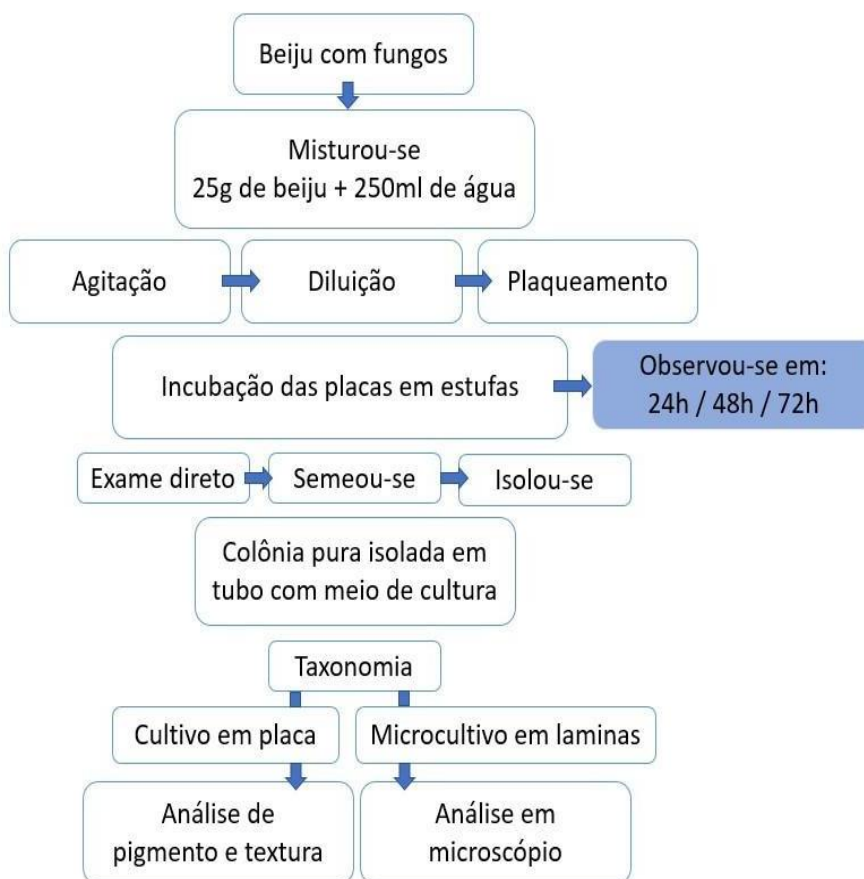
Figura 1. Beijos de mandioca de um alambique de tiquira no município de Urbano Santos-MA.



Fonte: Os autores

Para o isolamento, identificação taxonômica e o potencial enzimático dos fungos, foi utilizado o protocolo adotado pelo NIBA, que consistiu em: pesar a amostra (25g de beiju), misturar em 250mL de água destilada e agitar com o auxílio de um bastão de vidro. Posteriormente, a mistura foi diluída com as seguintes concentrações: 10^1 , 10^2 , 10^3 e foi realizado um plaqueamento em meio ágar batata dextrose (BDA). As placas foram incubadas a 30°C em estufa de crescimento microbiano durante 7 dias (APHA, 2001). Após o período de incubação, os fungos que apresentaram características morfológicas macroscópicas (cor, produção de esporos e crescimento micelial diferentes) foram isolados, através de repiques de fragmentos do Agar (BDA) com micélio do fungo até obtenção de culturas visualmente puras, que foram isoladas em tubos previamente preparados com ágar BDA.

Preparou-se o microcultivo com utilização de lâminas, lamínulas e placas de petri umidificadas. Após 8 dias, as lâminas foram coradas para analisar a estrutura de frutificação dos fungos, com utilização de microscópio óptico, conforme Hoog (2000). A Figura 2 corresponde ao fluxograma da metodologia de isolamento e identificação taxonômica.

Figura 2. Fluxograma do isolamento e identificação taxonômica dos fungos

Fonte: Organizada pelos autores

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE AMILASES

A atividade enzimática foi adaptada a partir da metodologia descrita por Dingle, Teid e Solomons (1953). Para preparo do meio agar-amido, partiu-se de 500mL de Tampão Citrato – fosfato 0.1M, pH 5.0, 9g de ágar e 18g de amido de milho. O meio de cultura foi colocado em erlenmeyer, posteriormente foi esterilizado em autoclave a 120°C por 15 minutos. 20mL do meio foram colocados em placas estéreis. Cada fungo previamente isolado foi repicado para uma placa contendo o meio ágar-amido solidificado. As placas foram incubadas em estufa de crescimento microbiano a 30°C em câmara de germinação, as mesmas foram observadas durante 12, 24 e 48 horas. Depois da incubação foi adicionado 15mL de solução de iodo a 0,1% na superfície das placas onde permaneceu durante 30 minutos. Os resultados positivos das reações enzimáticas foram observados a partir da formação de um halo translúcido ao redor da

colônia. O índice enzimático (IE) foi obtido, a partir da razão do diâmetro médio do halo de degradação pelo diâmetro médio da colônia (medidos com régua), método proposto por Hankin e Anagnostakis, (1975); conforme a fórmula:

$$IE = \frac{\text{Diâmetro do halo}}{\text{Diâmetro da colônia}}$$

IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR

De acordo com os resultados do índice enzimático foi selecionado dos fungos de maiores índices enzimáticos para realizar a biologia molecular para confirmação da espécie, a fim de utilizar os mesmos em trabalhos futuros.

Extração de DNA

As cepas foram colocadas em tubos de Falcon contendo esférulas de vidro e dissolvidas em *lysis fungal solution* (LFS) 1%. Foram agitadas em *vórtex* por 5 minutos e colocadas em banho-maria a 65°C por uma hora. Foram adicionados 500µL de tampão de lise e novamente agitadas em *vórtex* por 40 segundos. As amostras foram centrifugadas por 2 minutos a 13.000 rpm.

O sobrenadante foi transferido para microtubos de 2mL com cuidado para não mexer no precipitado. Foram adicionados 275µL de acetato de amônio (pH 7) e as amostras foram incubadas por 5 minutos em banho-maria a 65°C. Após esse procedimento, foram incubadas em gelo por 5 minutos. Foram adicionados 500µL de fenol clorofórmio e as amostras centrifugadas por 3 minutos a 13.000 rpm. 600µL do sobrenadante foram transferidos para um novo microtubo de 2mL e adicionou-se 1mL de álcool isopropílico. Após agitação em *vórtex* por 5 minutos o sobrenadante foi descartado.

Foram adicionados 400µL de etanol 70% e posterior centrifugação por 5 minutos a 14.000 rpm. O sobrenadante foi descartado por decantação sobre um papel de filtro. Após 24 horas as amostras foram dissolvidas em 50µL de H₂O ultrapura e incubadas por 20 minutos a 37°C. As mesmas foram armazenadas a -20°C.

Posteriormente, as amostras foram quantificadas. A pureza e a concentração do DNA foram determinadas por meio do espectrofotômetro NanoDrop2000/2000c UV-Vis da *Thermo Scientific*TM. Quando as razões entre as densidades ópticas, A₂₆₀/A₂₈₀, foi igual ou maior que 1,7, o material foi considerado puro.

Reação da cadeia em polimerase (PCR) da região ITS

As amplificações tiveram um volume final de 25 μ L contendo 2,5 μ L de buffer (200 mM Tris-HCl, pH 8,4 – 500mM KCl, 1x) 2 μ L de DNTPs (2.5mM), 1,5 μ L dos primers ITS1 and ITS4 (Invitrogen 10 pmol mL⁻¹), 1,0 μ L MgCl₂ (50 mM), 0.2mL Taq DNA polymerase (5 U mL⁻¹), 2 μ L DNA (5 ng mL⁻¹) e 14,3 μ L de água ultrapura.

Para análise molecular foram utilizados primers da região do espaçador interno transcrito (ITS) e fragmentos ITS1-5.8S-ITS2 (White *et al.*, 1990). As reações foram conduzidas em termociclador PCR 2720 Applied Biosystems com o programa de amplificação, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Programa de amplificação do termociclador PCR 2720 Applied Biosystems.

Desnaturação	Ciclos	Extensão
92 °C/4 min	35 x (92 °C 40s / 55°C 1 min 30s / 72°C 5 min)	72°C / 5 min

Os produtos de PCR foram submetidos a eletroforese para verificar se houve amplificação.

Eletroforese

Foi pesado 1g de agarose. Em uma proveta foram medidos 40mL de TBE 1X. A agarose foi então dissolvida em TBE 1X no *Erlenmeyer* que teve sua saída coberta com filmito. Essa solução foi levada ao micro-ondas por 1 minuto e 30 segundos. Ao término do tempo o *Erlenmeyer* foi mexido vagorosamente até que a agarose fosse completamente dissolvida.

A solução foi aquecida novamente por 20 segundos. Ao ser retirada do micro-ondas, a solução foi mexida mais uma vez. Foi acrescentado 3 μ L de brometo de etídio à solução de agarose. O *Erlenmeyer* foi mantido em repouso até que esfrie à uma temperatura suportável à pele humana. Na parte superior da cuba de eletroforese foi colocado o pente dentado e o pente liso foi colocado na parte inferior. Foi despejado na cuba todo o volume da solução de agarose. Essa solução foi deixada polimerizando por 12 minutos.

Após essas etapas, foram misturados 4 µL de cada produto de PCR e 3,5 µL do corante *DNA Loading Buffer (6X)* (*Ludwig Biotec*). Em seguida, foram pipetados 7,5 µL dos volumes de cada uma das amostras nos poços do gel e 3 µL de marcador *Ladder* separadamente. As amostras foram submetidas à eletroforese em gel agarose a 1% a 90 V por 40 minutos na TBE 1X de acordo com Sambrook & Russel (2001). Os produtos foram avaliados em transluminador quanto a sua quantidade e qualidade.

Sacarificação e fermentação simultânea do mesocarpo de babaçu

O mesocarpo de babaçu, na forma de farinha, foi adquirido na Associação Regional de Mulheres Trabalhadoras Rurais do Bico do Papagaio (ASMUBIP), município de São Miguel, Tocantins, Brasil.

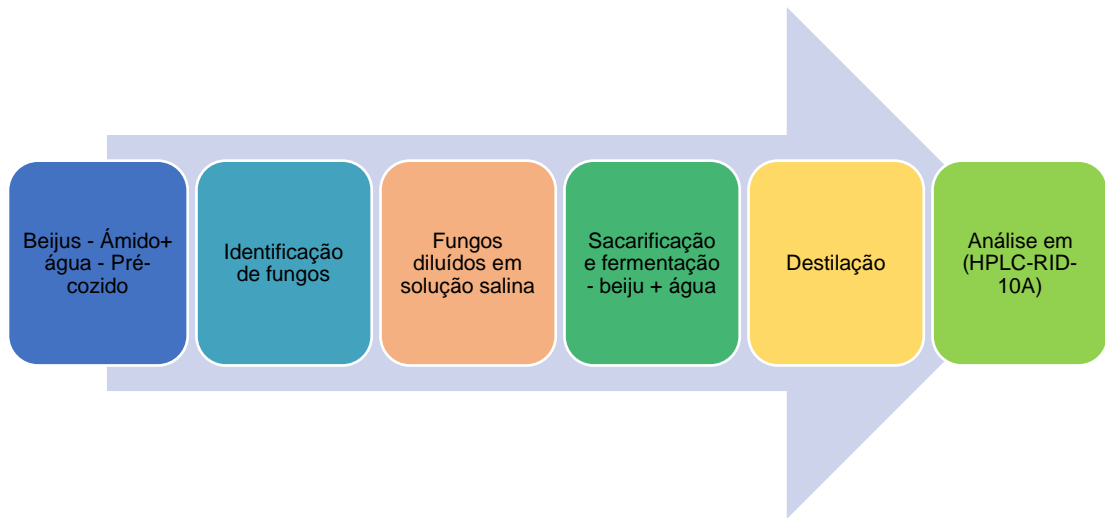
A quantificação de carboidratos, amidos, proteínas, lipídios, cinzas e umidade da farinha de mesocarpo foi feita no Laboratório do Programa de Controle de Qualidade de Alimentos e Águas – LPCQA da Universidade Federal do Maranhão de acordo com normas específicas do Instituto Adolf Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

A sacarificação e fermentação simultânea da farinha de mesocarpo de babaçu foi realizada com base em Costa e Cereda (2008), para esse processo, foram preparados beijus da farinha e semeado neles uma mistura dos fungos já isolados do beiju de mandioca. Após 7 dias foi coletada uma amostra com os microorganismos para isolamento e identificação dos fungos, conforme o protocolo descrito acima. Posteriormente, foi pesado 100g dos beijus com os microorganismos já crescidos e adicionando água aos mesmos na razão 1:5 m/v e reservado por 8 dias depois a mistura foi destilada e o produto destilado foi analisado em HPLC-RID.

As análises dos produtos de hidrólise e fermentação, glicose e álcool, respectivamente, foram conduzidas em um Cromatógrafo a Líquido, com Detector de Índice de Refração (HPLC-RID-10A) da Shimadzu, equipado com uma coluna AMINEX HPX-87H (300mm x 7,8mm) da BIO-RAD, fluxo da Fase móvel 0,8mL/min e temperatura do Forno de 40°C. A fase móvel foi composta de água acidificada 0,005M de ácido sulfúrico, modo isocrático (40:60) e quantidade de amostra injetada de 20µL.

A identificação da glicose e do álcool etanol foi realizada através da comparação dos tempos de retenção dos padrões de glicose e etanol. O fluxograma dessa metodologia é demonstrado na Figura 3.

Figura 3. Fluxograma do processo de sacarificação e fermentação simultânea

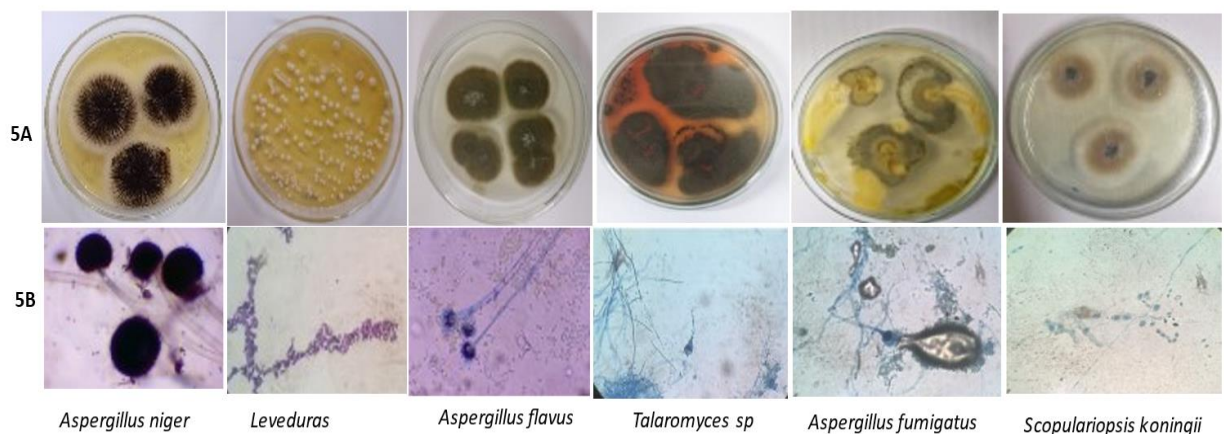


RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DOS FUNGOS

A Figura 4 representa imagens de fungos, sendo placas com algumas colônias de fungos em meio de cultura ágar batata (4A) e fungos observados em microscópio óptico (4B). Os mesmos estão na micoteca do Núcleo de Imunologia Básica da UFMA.

Figura 4. Fungos isolados em placas (A) imagens microscópicas dos fungos (B).



Na Tabela 2, são demonstrados os gêneros dos fungos isolados, sendo que se isolou vários fungos filamentosos e leveduras.

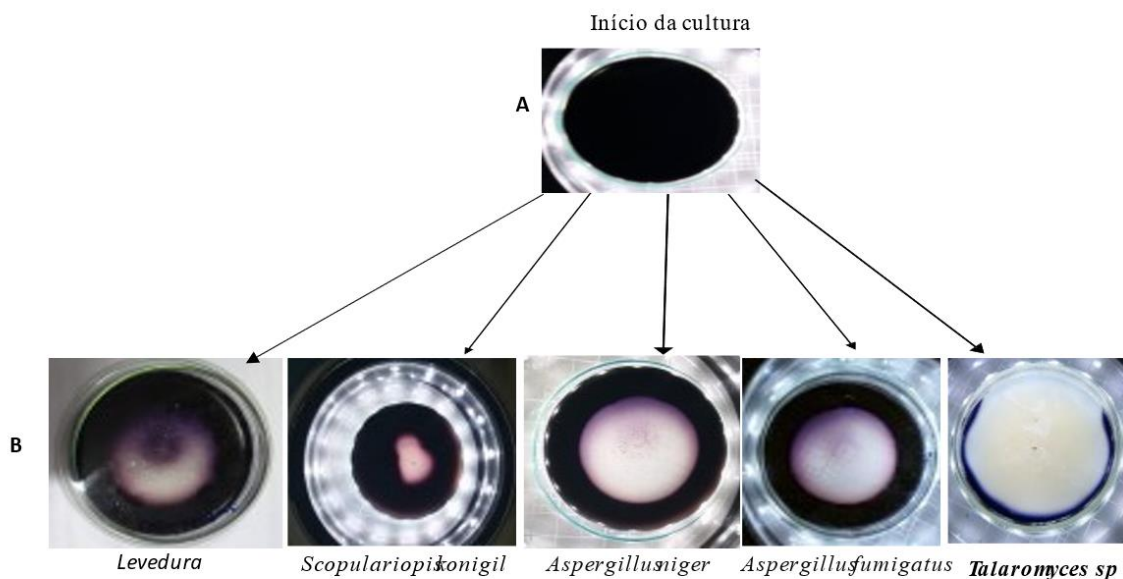
Tabela 2 - Gêneros dos fungos isolados

Fungos	Beiju de farinha de mandioca.	Beiju de farinha de mesocarpo de babaçu.
<i>Aspergillus flavus</i>	X	X
<i>Aspergillus niger</i>	X	X
<i>Aspergillus fumigatus</i>	X	X
<i>Talaromyces</i>	X	X
<i>Scopulariopsis koningii</i>	X	X
<i>Neurospora</i>	X	X
<i>Levedura</i>	X	X

3.2. ATIVIDADE DE AMILASES DOS FUNGOS ISOLADOS

Na Figura 5, é demonstrado o processo de sacarificação, realizado pelos fungos em meio sólido de amido. Em 5A, verifica-se a fase inicial do meio de cultura, revelado com solução de iodo, que em presença de amido apresenta cor violeta. Em 5B, tem-se as imagens do meio de cultura após 4 dias de processo. A parte clara significa que o amido já foi transformado em açúcar - após 4 dias de processo.

Figura 5. Processo de sacarificação realizado pelos fungos em meio sólido de amido.



O interesse por enzimas na área biotecnológica é relevante, na literatura há muitas publicações científicas que mostram o potencial enzimático dos fungos filamentosos. Na Tabela

3, são mostrados os índices enzimáticos de alguns fungos identificados. Se um microorganismo apresentar um índice enzimático (IE) maior ou igual a 2,00, ele é considerado um bom produtor de enzimas extracelulares em meio sólido (LEALEM e GASHE, 1994). Segundo Oliveira *et al.*, (2006), os isolados fúngicos que apresentam os maiores IE nos meios de cultura, consequentemente, são os que apresentam maior atividade enzimática extracelular. Dos fungos que apresentaram atividade enzimática que se confirma com os trabalhos científicos publicados foram: *Talaromyces* (LIAO *et al.*, 2018), *Aspergillus fumigatus*, *flavus e niger* (MONDAL *et al.*, 2020; KARIM *et al.*, 2018 e SANA *et al.*, 2021). Quanto ao *Scopulariopsis konigil*, não foram encontrados trabalhos científicos sobre sua atividade enzimática para degradação de amido.

Também não foi verificada atividade enzimática do fungo neurospora, porém de acordo com um trabalho científico publicado por Shahryari *et al.*, (2019) fungos desse gênero apresentaram elevada produção de amilase extracelular, intermediada pela por nitrogênio obtido pela combinação entre NaNO₃ e extrato de levedura e trigo.

Sobre as leveduras isoladas, não apresentaram índice enzimático significativo. Segundo Venturine e Mendes, (2004) leveduras, não são eficientes para hidrolisar amido, mas, na literatura existem trabalhos utilizando tipos de leveduras adequadas para a produção de enzimas alfa-amilase. Portanto, esse estudo mostra possibilidades de ampliação de pesquisas sobre elas, uma vez que há existência de linhagens de leveduras promissoras para a produção dessas enzimas no campo industrial (SALAH, 2021).

De acordo com os resultados, destacam-se os fungos dos gêneros, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Talaromyces sp* e *Aspergillus fumigatos*, os demais não apresentaram atividade enzimática significativa.

Tabela 3 - Índice enzimático dos fungos isolados

Fungos:	Índice enzimático:
<i>Aspergillus flavus</i>	6,5
<i>Aspergillus niger</i>	6,0
<i>Talaromyces</i>	4,5
<i>Aspergillus fumigatus</i>	2,9
<i>Levedura</i>	2,1
<i>Scopulariopsis konigil</i>	2,1

IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR

Após extração de DNA as amostras foram quantificadas e obteve-se as quantidades de 591ng/ μ L e 138ng/ μ L para *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavis*, respectivamente. Com a amplificação houve a identificação molecular das espécies corroborando com a identificação morfológica.

Na amplificação da região ITS1-5.8S-ITS2 do DNA para os isolados de *Aspergillus* spp, utilizando os primers universais ITS1 e ITS4 (White et al., 1990) ocasionou um fragmento de aproximadamente 600pb. Este resultado está de acordo com a literatura (HENRY *et al.*, 2000).

CARACTERIZAÇÃO DO MESOCARPO DE BABAÇU

Como pode ser visto na Tabela 4, o amido é o componente com maior percentual 54,28% na composição da farinha de mesocarpo. Na literatura científica encontra-se o valor 50% como referência (BARUQUE *et al.*, 2000). Contudo é normal ocorrer variação no quantitativo dos constituintes de uma mesma espécie de vegetal, devido às influências sofridas por fatores como clima, alteração genética, solo, entre outros. Dado o significativo percentual de amido em seu mesocarpo, o coco babaçu se coloca com grande potencial para a produção de açúcares fermentáveis.

Tabela 4. Composição centesimal do mesocarpo de babaçu.

Componentes	Composição %
Fibras e outros componentes	32,948
Amido	54,28
Proteínas	0,62
Lipídios	2,465
Água	0,64
Cinzas	0,942

ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DOS PRODUTOS DA HIDRÓLISE E FERMENTAÇÃO

O cromatograma (Figura 6) mostra o perfil cromatográfico da glicose padrão, o cromatograma (Figura 7) mostra perfil cromatográfico da amostra do hidrolisado de mesocarpo de babaçu, nele foram identificados a glicose e o ácido acético, não foi possível a identificação de três produtos. O cromatograma (Figura 8) mostra o perfil cromatográfico da sobreposição

do hidrolisado enzimático do mesocarpo de babaçu com padrão de glicose, onde é possível observar a similaridade entre os picos, com o mesmo tempo de retenção.

Figura 6. Cromatograma do padrão de Glicose

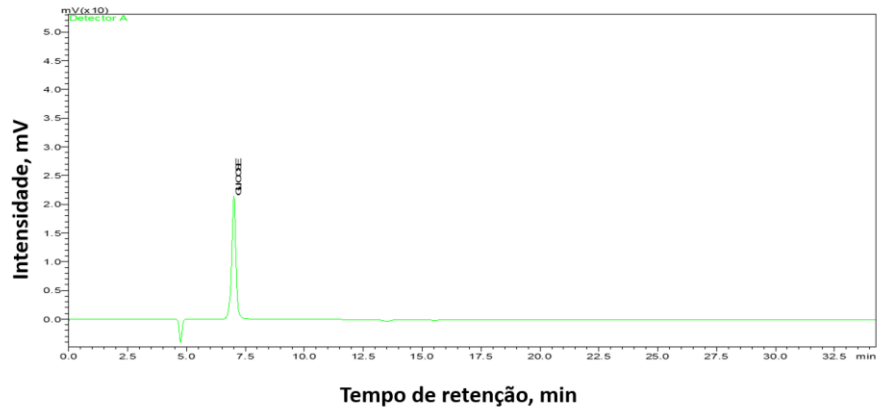


Figura 7. Perfil cromatográfico da amostra hidrolisada.

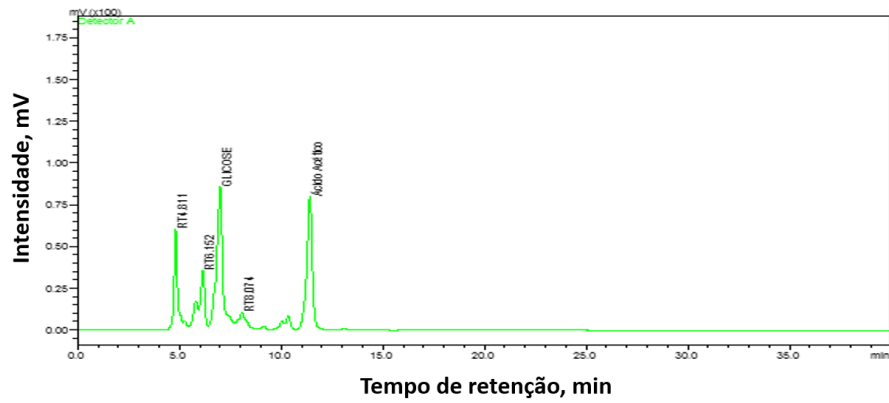
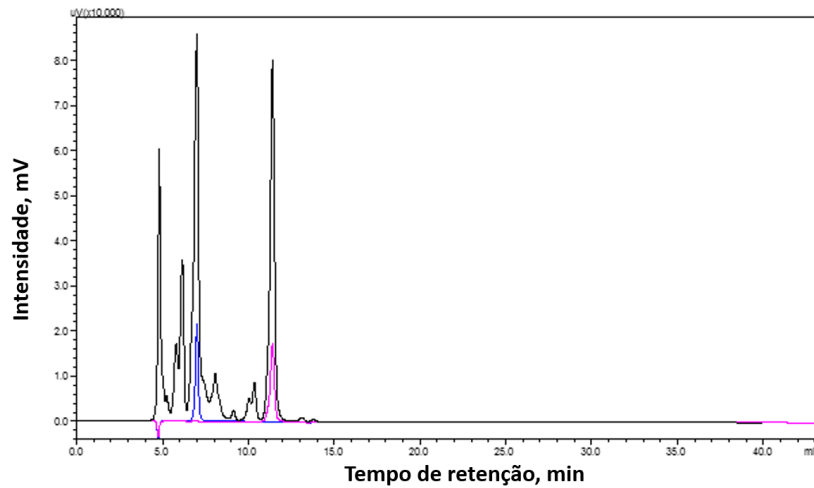
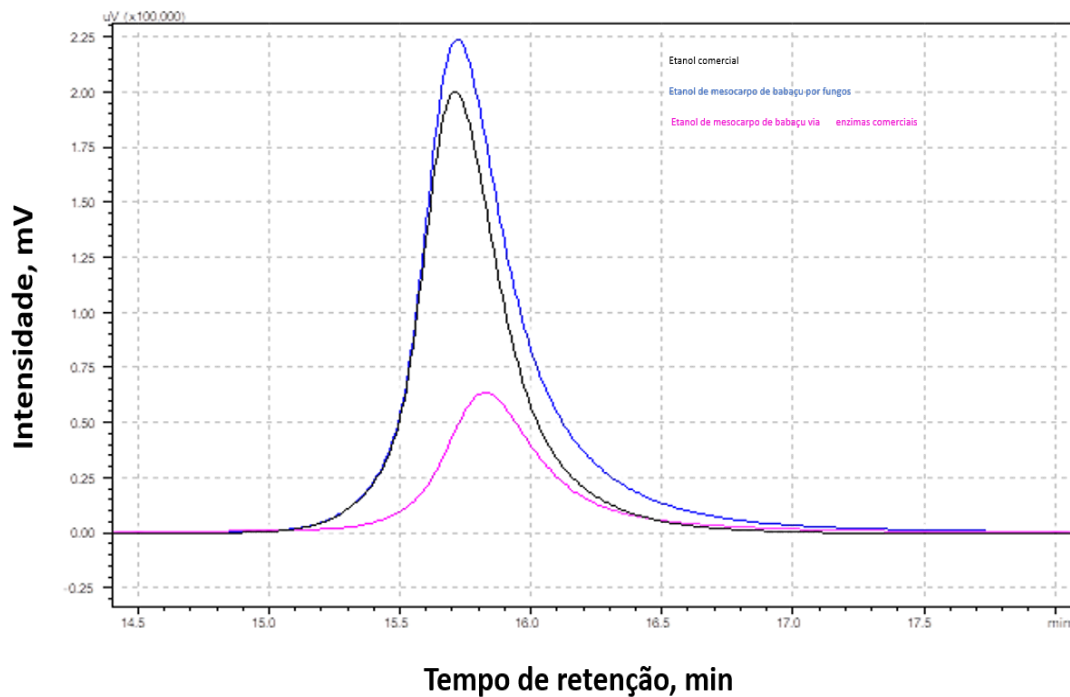


Figura 8. Perfil cromatográfico da sobreposição da amostra hidrolisada e padrão de glicose



O perfil cromatográfico (Figura 9) mostra o perfil cromatográfico da sobreposição do álcool etílico comercial e do álcool de mesocarpo de babaçu, onde é possível observar a similaridade entre os picos, com o mesmo tempo de retenção.

Figura 9. Perfil cromatográfico da sobreposição do álcool etílico comercial e dos produtos hidrolisado e fermentado, álcool de mesocarpo de babaçu.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que podemos cultivar facilmente fungos a partir de beijus de mandioca e usá-los para se obter álcool etílico através da sacarificação e fermentação simultânea de farinha de mesocarpo de babaçu, sem a necessidade de purificações complexas.

O consórcio fúngico, composto principalmente por *Aspergillus, flavus, niger e fumigatus e Talaromyces sp.*, apresentou alto índice enzimático. Essa característica contribuiu para a conversão do amido do mesocarpo de babaçu diretamente em álcool etílico. Para os fungos que apresentaram os maiores índices enzimáticos foi feita a biologia molecular para confirmação da espécie com intuito da realização de trabalhos futuros com os mesmos.

Sendo assim, podemos inferir que plantas nativas produtoras de amido, como o babaçu, podem aliviar os impactos ambientais causados por monoculturas do setor agroindustrial para produção de açúcares e álcool etílico.

REFERÊNCIAS

- BALAT, M. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review. **Energy conversion and management**, v. 52, p. 858-875, fev., 2011.
- BARUQUE FILHO, E.A.; BARUQUE, M. DA G. A.; SANT'ANNA JR, G.L. Liquefação de amido de coco babaçu: uma abordagem em escala industrial para melhorar o rendimento de conversão. **Biorresource technology**, v. 75, n. 1, p. 49-55, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00026-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00026-2).
- CHU P.H., JENOL M.A, PHANG L.Y., IBRAHIM M.F., PRASONGSUK S., BANKEEREE W., PUNNAPAYAK H., LOTRAKUL P., A.B.D-AZIZ S. Amido extraído do caule da planta de abacaxi (*Ananas comosus*) como fonte para a produção de aminoácidos. **Tecnologias Químicas e Biológicas na Agricultura**. Acesso livre. Volume 8, Edição 1 dezembro de 2021.
- COUTINHO DE, R. L., OLIVEIRA, T. B.; LIMA, M. S.; PASIN, T. M.; SCARCELLA, A. S. A.; RIBEIRO, L. F. C.; CARVALHO, C.; DAMASIO, A. R. DE L.; BUCKERIDGE, M. S.; PRADE, R. A. The profile secretion of *Aspergillus clavatus*: different pre-treatments of sugarcane bagasse distinctly induces holocellulases for the lignocellulosic biomass conversion into sugar. **Renewable Energy**, [S.L.], v. 165, p. 748-757, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.072>.
- COSTA, B. E. B.; DA CRUZ, R. S.; RANGEL, F. C.; MENEGHETTI, S. M. P. Comparação entre a Hidrólise Química e Enzimática da Biomassa Lignocelulósica para a Produção de Bioetanol: uma Revisão. **Rev. Virtual Quim.**, 2021, 13 (1), no prelo.
- COSTA, M.S. DE.C.; CEREDA, M.P. **Manual de fabricação de Tiquira (Aguardente de Mandioca), por processo tradicional e moderno**. Livraria EMBRAPA,2008.
- DINGLE, J.; TEID, W. W.; SOLOMONS, G. L. The enzymic degradation of pectin and other polysaccharides. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 4, n. 8, p. 149-155, 1953.
- FAZAEIPOOR, M.H. GHASEMI, Y, LENNARTSSON, P.R, TAHERZADEH, M.J . **Molecules** V. 24, ed. 4 n.721. DOI:10.3390 / moléculas, 2019.
- FERREIRA, Danielle C.M.; MOLINA, Gustavo; PELISSARI, Franciele M. Effect of edible coating from cassava starch and Babassu flour (*Orbignya phalerata*) on Brazilian Cerrado fruits quality. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, n. 1, p. 172-179, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02366-z>.
- HANKIN, L.; ANAGNOSTAKIS, S. L. The use of solid media for detection of enzymes production by fungi. *Mycologia*, New York, v. 67, n. 3, p. 597-607, nov. /Dec. 1975.
- HENRY, T.; IWEN, P.C.; HINRICHS, S.H. Identification of *Aspergillus* species using internal transcribed spacer regions 1 and 2. **Journal of Clinical Microbiology**, v.38, p.1510-1515, 2000.
- HOOG DE, G. S; GUARRO, J; GENÉ J; FIGUERAS, M.J. **Atlas of Clinical Fungi 2ª edition**. Centraalbureau voor Schimmecultures/Universitat Rovira i Virgili, 2000.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Metodos Químicos e Físicos para análise de Alimentos**. S.P, v. 1. 2005. 1018p. (5ª edição).

KARIM, K.M.R , HUSAINI, A. SING, N.N, SINANG, F.M, ROSLAN, H.A, HUSSAIN, H. **BIOTECH**, v.8 N.204, DOI:10.1007 / s13205-018-1225-z. 2018.

LEALEM, F.; GASHE, B. A. Amylase production by a gram-positive bacterium isolated from fermenting tef (*Eraglostis tef*). **Journal of Applied Bacteriology**, v. 77, p. 348-352, 1994.

LIAO, G.Y ;ZHAO, S; ZHANG, T; LI, C. X; LIAO, L.S; ZHANG, F.F; LUO, X.M; FENG, J.X; LIU; XU DONG; XU; YAN. A novel raw starch digesting α -amylase from a newly isolated *Bacillus* sp. YX-1: purification and characterization. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 99, n. 10, p. 4315-4320, jul. 2018. DOI 10.1186/s13068-018-1276-8.

MONDAL,S;SOREN, J.P;MONDAL, J;RAKSHIT, S;HALDER, S.K;MONDAL, K.C. Síntese contemporânea de múltiplas enzimas de desramificação de carboidratos de *aspergillus fumigatus* skf-2 recentemente isolado sob fermentação de estado sólido: uma mistura enzimática única para sacarificação proficiente de biorecursos de plantas. **Industrial crops and products**, [S.L.], v. 150, n. 112409, p. 345, agosto. 2020. DOI10.1016/j.indcrop.2020.112409.

NANDY, S. K. Bioprocess Technology Governs Enzyme Use and Production in Industrial Biotechnology: An Overview. **Enzyme Engineering**, v. 5, n. 1, 2016.

NAZOR, J.; LIU, J.; HUISMAN, G. Enzyme evolution for industrial biocatalytic cascades. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 69, Pages 182-190, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.12.013>

OLIVEIRA, A. N. et al. Enzimas hidrolíticas extracelulares de isolados de rizóbia nativos da Amazônia central, Amazonas, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 853-860, out./dez. 2006.

SAMBROOK, J.; RUSSEL, D.W. Molecular cloning: a laboratory manual. 2001. *Cold Spring Harbor Laboratory Press*, 3a Ed.

SANA, S; ANJUM, A. A;AHMAD, M.U.D; NAWAZ, M;AHMAD, A;FAROOQ, H.F.**Pakistan journal of botany**.V. 5 n. 2. P. 715-721. DOI:10.30848/PJB2021-2, 2021.

SALAH, H.A,TEMERK, H.A,SALAH, N.A,ALSHEHRI, S.R.Z,AL-HARBI, J.A ,MAWAD, A.M.M,KHALED, K.A.M,HESHAM, A, AMEIN, K.A. **Journal of pure and applied microbiology**, V.15, E.1, P.452-461, n.6783. DOI:10.22207/JPAM.15.1.43, 2021.

SHENBAGAMUTHURAMAN, V. et al. State of art of valorising of diverse potential feedstocks for the production of alcohols and ethers: Current changes and perspectives. **Chemosphere**, v. 286, p. 131587, 2022.

SINGH, S.I. C., et. al. Desenvolvimento de um modelo de processo para sacarificação e fermentação simultâneas (SSF) de amido de algas para bioetanol de terceira geração, Biocombustíveis, **Biofuels**, 2020.

SILVA, J.S.DOS; MALTA, V.R.S.DOS; ROCHAB, S.M.S.R.DOS; ALMEIDA, M.R.G.; GOMES C, A.M.; VICENTE, C.D.; BARBOSA, K.L. Hidrólise enzimática, fermentação e produção de biocombustíveis através da coroa de Ananas comosus **Quim. Nova**, Vol. 41, No. 10, 1127-1131, 2018.

TOGHUEO, R.M.K.; ZABALGOGEAZCOA, I.; ALDANA, B.R. Vázquez de; BOYOM, F.F. Enzymatic activity of endophytic fungi from the medicinal plants Terminalia catappa, Terminalia mantaly and Cananga odorata. **South African Journal Of Botany**, [S.L.], v. 109, p. 146-153, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2016.12.021>.

WANG, R., BALKANSKI, Y., BOUCHER, O., CIAIS, P., SCHUSTER, GL, CHEVALLIER, F., TAO, S. (2016). Estimativa do forçamento radiativo direto global do carbono negro e sua incerteza restringida por observações. 121 (10), **Journal of Geophysical Research** 5948-5971. doi: doi: 10.1002 / 2015JD024326.

White, TJ, TD Bruns, SB Lee e JW Taylor. **Amplificação e Sequenciamento Direto de Genes de Rna Ribossômico Fúngico para Filogenética, PCR - Protocols and applications - a laboratory manual** (pp.315-322), Editora: Academic Press, janeiro de 1990.

VENTURINI FILHO, W. G.; MENDES, B. do P. **Fermentação alcoólica de raízes tropicais. CULTURAS DE TUBEROSAS AMILÁCEAS LATINO AMERICANAS**. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas, p. 530-575, 2004.

Considerações finais

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estado do Maranhão, as palmeiras são espécies vegetais de grande representatividade, apresentando diferentes graus de cobertura e produtividade, dentre essas se destaca o babaçu. Estudos relacionados ao aproveitamento do mesocarpo de babaçu ainda são incipientes no Maranhão, havendo a necessidade de ampliar e conhecer de maneira mais profunda sua potencialidade biotecnológica. Dessa forma, o desenvolvimento dessa proposta contribuiu para elevação do conhecimento acerca dessa biomassa e para melhor aproveitamento na produção.

Com o desenvolvimento dessa proposta, verificou-se que a farinha de mesocarpo de babaçu pode ser utilizada na fabricação de bebida alcoólica destilada, tanto pura como misturada com outras amiláceas. No processo de sacarificação enzimática da farinha, conseguiu-se um rendimento de 14° a 18° brix, quantidade de açúcar suficiente para realizar a fermentação sem precisar adicionar açúcar. A bebida alcoólica a base de mesocarpo de babaçu apresentou graduação alcoólica a 20°C de 28% a 39%.

Foi depositado uma patente do produto “Bebida alcoólica a base de mesocarpo de babaçu”, feita a submissão de um artigo de revisão para a Revista cerrados (UNIMONTES) sobre o grande potencial do mesocarpo de babaçu para o desenvolvimento agroindustrial. Também foi escrito outro artigo sobre sacarificação e fermentação enzimática de mesocarpo de babaçu para obtenção de álcool etílico por consórcio fúngico, a ser submetido.

O emprego do amido da farinha do mesocarpo do babaçu pelas indústrias de bebidas pode elevar o desenvolvimento socioeconômico de comunidades localizadas em várias partes das regiões nordeste e norte do Brasil, considerando a abundância do coco babaçu nessas regiões.

Na biota maranhense existem fungos capazes de realizar hidrólise de amido e fazer a fermentação de forma simultânea para produção de etanol, portanto esse trabalho é importante para fomentar outros estudos desses microrganismos a fim de potencializar a aplicabilidade dos mesmos na produção de álcool etílico e/ou extração de enzimas amilases para aplicação industrial.

Referências

8 REFERÊNCIAS

ABD-ELHALEM, B. T.; EL-SAWY, M., GAMAL, R. F.; ABOU-TALEB, K. A. Production of amylases from *Bacillus amyloliquefaciens* under submerged fermentation using some agro-industrial by-products. **Annals of Agricultural Science**, v. 60, pg. 193-202, 2015.

ALCARDE, R. A.; SOUZA, P. A.; BOSQUEIRO, A. C.; BELLUCO, A. E. S. Cinética de volatilização de componentes secundários da aguardente de cana-de-açúcar durante dupla destilação em alambique simples. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 4, p. 271-278, 2010.

ALMEIDA, J. D. V. **Cultivo de Babaçu e Extração do Óleo**. Dossiê Técnico. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, Brasília – DF, 2007.

ANDERSON, A. B. **The biology of *Orbignya martiana* (Palmae)**. 1983. 194 f. Thesis. University of Florida, Gainesville, 1983.

AUGUSTO, Wesley Faccini *et al.* Proportions of sugarcane and babassu mesocarp bran in diets for feedlot cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 46, n. 8, p. 657-663, ago. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902>.

ALBUQUERQUE, N. I. **Emprego do babaçu (*Orbignya phalerata*) como fonte energética para catetos (Tauassu tajaçú)**. 2006. 82 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ALMEIDA, R. R.; Del MENEZZI, C. H. S.; TEIXEIRA, D. E. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya* sp.) to produce cement bonded particle board. **BioresourceTechnology**, Oxford, v. 85, n. 2, p.159, 2002.

ALMEIDA, J. D. V. **Cultivo de Babaçu e Extração do Óleo**. Dossiê Técnico. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, Brasília – DF, 2007.

ALMEIDA JR. E. B. DE. **Coco babaçu: descrição botânica da palmeira, importância ecológica e abundância regional. Biocombustíveis de Babaçu: Ensaio técnico sobre oportunidades de produção de biocombustíveis a partir do coco de babaçu** / Adeilton Pereira Maciel (Org.) – São Luís: EDUFMA, p.45, 2016.

AMORIM, Elias *et al.* The effects of aqueous extract of babassu (*Orbignya phalerata*) on the pleura and lung parenchyma in rats. **Acta cirurgica brasileira**, v. 31, n. 4, p. 243-249, abr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-865020160040000004>.

ARRUDA, J. C.; SILVA, C. J.; SANDER, N. L. Conhecimento e uso do babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) por quilombolas em Mato Grosso. **Fragmentos de Cultura**. Goiânia, v. 4, n.2, p. 239, 2014.

BANIN, R. L. **Babaçu inserido no agronegócio maranhense**. SCOT Consultoria, 2012 Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/imprimir/noticias/22210>. Acesso em: 20 jun. 2016.

BARUQUE FILHO, E.A.; BARUQUE, M. DA G. A.; SANT'ANNA JR, G.L. Liquefação de amido de coco babaçu: uma abordagem em escala industrial para melhorar o rendimento de conversão. **Biorresource technology**, v. 75, n. 1, p. 49-55, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00026-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00026-2).

BARBOSA, J.R.; RIBEIRO, F.M.M.A.; SANTOS, A.P.S.A. **Formulação cosmética tópica anti-inflamatória, cicatrizante com ingredientes ativos de *Atallea speciosa***. Depositante Universidade Federal do Maranhão: Ana Paula Silva Azevedo dos Santos. BR n. PI1020150213446-8 A2. Depósito: 24 de agosto 2015. Concessão: 18 de agosto 2017.

BASTOS, F. A. *et al.* Green syntheses of silver nanoparticles using babassu mesocarp starch (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) and their antimicrobial applications. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 13, p. 100281, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2019.100281>.

BATISTA, Clelma Pires *et al.* Efeito do extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (babaçu) na cicatrização do estômago em ratos: estudo morfológico e tensiométrico. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 21, p. 26-32, 2006.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392p.

BOBBIO, Florinda Orsatti; BOBBIO, Paulo A. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2003.

BORRACINI, H. M. P. **Estudo do processo de extração da bromelina por micelas reversas em sistema descontínuo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CARDOSO, Z.S. *et al.* Avaliação das características eletroquímicas do mesocarpo de coco babaçu etanol produzido para ser usado em células a combustível. **J. Braz. Chem. Soc.** 2018.

CARNEIRO, Alberto Pontes Mariano *et al.* Farelo de babaçu em rações para frangos de corte na fase final: desempenho e avaliação econômica. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 40-47, 2009.

CARRAZZA, Luís Roberto; SILVA, Mariane Lima da; ÁVILA, João Carlos Cruz. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu**. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2012.

CARNEIRO, M. I. F. **Farelo e mesocarpo do côco do babaçu na alimentação de aves**. 2011, 69 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2011.

CENTRO BRASILEIRO DE REFERENCIA DA CACHAÇA. (2019). Números da Cachaça. Disponível em <http://www.expocachaca.com.br/bh/numeros-da-cachaca.shtml>. Acesso em 12/11/2020.

CEREDA, M. P.; LEONEL, M. Melhoria do rendimento de hidrólise enzimática para produção de etanol a partir de farelo de mandioca. **Brazilian Journal Food Technology**, Botucatu, v. 2, p. 111-118. 1998.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas**. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas. Fundação Cargill, set. 2003. v. 3.

CEREDA, M.P. Tiquira e outras bebidas de mandioca. **In: VENTURINI FILHO, W. Tecnologia de bebidas**. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, cap.21, p.525-550, 2005.

CINELLI, B. A. **Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial**. 2012. 183 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CINELLI, B. A.; LÓPEZ, J. A.; CASTILHO, L.R.; FREIRE, D. M. G.; CASTRO, A. M. Granular starch hydrolysis of babassu agroindustrial residue: A bioprocess within the context of biorefinery. **Fuel**, v. 124, p. 41-48, 2014.

COELHO, Angélica Gomes et al. Pharmaceutical development of tablets containing a spray-dried optimized extract from lippia organoides H. B. K.: Influence of excipients and toxicological assessment. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 54, n. 2, jul. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2175-97902018000217226>.

CONN, E. E.; STUMPF, P. K. **Introdução à Bioquímica**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 447, 1975.

COSTA, A., SOUSA, P. GABAN, S. SILVA, L.; GOUVEIA, S.; FIGUEIREDO, R. "Physicochemical and Nutritional Aspects of Babassu Coconut Almond and Oil (Orbignya Phalerata Mart.)." **Revista Chilena De Nutrición** v.47 p. 57-66, 2020.

COURI, M.S. H. de; GIADA, M. de L. R. Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (Orbignya phalerata): avaliação física, química e sensorial. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 63, n. 3, p.297-304, jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663030004>.

CORRÊA, R. C. G. et al. Endophytic fungi: expanding the arsenal of industrial enzyme producers. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 41, n. 10, p. 1467-1478, 2014.

COSTA C. L.; FRANÇA, E. T. de R.; SANTOS, D. S.; COSTA, M. C. P.; BARBOSA, M. do C. L.; NASCIMENTO, M. do D. S. B. Caracterização físico-química de óleos fixos artesanais do coco babaçu (*orbignya phalerata*) de regiões ecológicas do estado do maranhão, brasil. **Pesquisa em Foco**, São Luís, Vol. 20, N. 1, P. 27-38. 2015.

DUBOIS, D. K. Enzymes in baking. II. Applications. Research Department Technical Bulletin, vol.2, cap.11, p.1-5, december, 1980b.

ELIASSON, A. C. **Starch in food- Structure, untion and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 605 p, 2004.

ELMARZUGI, N. A.; ENSHASY, H. A.; ABDULHAMID, M.; HASHAM, R.; AZIZ, A.; ELSAYED, E. A.; OTHMAN, N. Z.; SALAMA, M. A. amylase economic and application value. **World Journal of Pharmaceutical Research**, v.3, n. 3, pg. 4890-4906, 2014.

FERREIRA, Danielle; MOLINA, Gustavo; PELISSARI, Franciele M. Effect of edible coating from cassava starch and babassu flour (*Orbignya phalerata*) on Brazilian Cerrado Fruits Quality. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, n. 1, p. 172-179, 2020.

FIGUEIREDO, L. D. **Empates nos Babaçuais: do espaço doméstico ao espaço público - lutas de quebradeiras de coco babaçu no Maranhão**. 2005. 198f. Dissertação (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável). Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

FLORESTASBRASILEIRAS.

<http://www.florestasbrasileiras.com/index.php?cont=aplicacao>, acesso em 26/03/2020.

FONSECA, F. L. R. Os benefícios do babaçu na alimentação das aves-revisão de literatura. **Revista Científica de medicina Veterinária**. Garças, SP, v. 12, n. 23, p.1, 2014.

FRANCO, F. J. P. **Aproveitamento da fibra do epicarpo de babaçu em compósito de matriz de epóxi: Estudo do efeito do tratamento da fibra**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e engenharia de Materiais), UFRN, Natal, 2010.

GUERREIRO, R. T.; SILVEIRA, R. M. B. **Glossário ilustrado de fungos: termos e conceitos aplicados a micologia**, Ed. Universidade/ UFRGS, 1996.

GHOSH, ANUPAMA *et al.* Structural and electrochemical properties of babassu coconut mesocarp-generated activated carbon and few-layer graphene. **Carbon**, [s.l.], v. 145, p. 175-186, abr. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2018.12.114>.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S. ELIZABETH *et al.* Conhecimento e usos do babaçu (*Attaleaspeciosa* Mart. e *Attaleaeichleri* (Drude) A. J. Hend.) entre os Mebêngôkre-Kayapó da Terra Indígena Las Casas, estado do Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 2, p. 295, jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000200007>.

GOUD, M. J. P.; SURYAM, A.; LAKSHMIPATHI, V.; CHARYA, M. A. S. Extracellular hydrolytic enzyme profiles of certain South Indian basidiomycetes. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n.3, pg. 354-360, 2009.

GUIMARÃES, L. H. S. et al. Screening of filamentous fungi for production of enzymes of biotechnological interest. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 474-480, 2006.

GUO, B. et al. Bioactive natural products from endophytes: a review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v. 44, n. 2, p. 136-142, 2008.

GUPTA, R.; LEE, Y. Y. Pretreatment of corn stover and hybrid poplar by sodium hydroxide and hydrogen peroxide. **Biotechnology Progress**, v. 26, n. 4, p. 1180-1186, 2010.

HARGER, C.; SPRADA, D.; HIRATSUKA, E. Amilase Fúngica. In: **Bioquímica das Fermentações**, 1982. 56 p.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da silvicultura e da extração vegetal alcança R\$ 18,5 bilhões**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/16981-pevs-2016-producao-da-silvicultura-e-da-extracao-vegetal-alcanca-r-18-5-bilhoes.html>. Acesso em: 28 fev. 2018.

JA'AFARU, M. I.; FAGADE, O. E. Cellulase Production and Enzymatic Hydrolysis of Some Selected Local Lignocellulosic Substrates by a Strain of *Aspergillus niger*. **Research journal of Biological Science**, 2(1), p. 13-16, 2007.

KARIM, Kazi Muhammad Rezaul et al. Purification of an alpha amylase from *Aspergillus flavus* NSH9 and molecular characterization of its nucleotide gene sequence. **3 Biotech**, v. 8, n. 4, p. 1-14, 2018. DOI:10.1007 / s13205-018-1225-z

LACAZ, C. S.; PORTO, E.; MARTINS, J.E.C.; HEINS- VACCARI, E. M.; MELO, N. T. **Tratado de Micologia Médica**. 9ª ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Carbohidratos em alimentos regionales Iberoamericanos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 4, p. 309-312, 2006.

LIAO, G.Y ;ZHAO, S; ZHANG, T; LI, C. X; LIAO, L.S; ZHANG, F.F; LUO, X.M; FENG, J.X; LIU; XU DONG; XU; YAN. A novel raw starch digesting α -amylase from a newly isolated *Bacillus* sp. YX-1: purification and characterization. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 99, n. 10, p. 4315-4320, jul. 2018. DOI 10.1186/s13068-018-1276-8.

LINDEBOOM, Nienke; CHANG, Peter R.; TYLER, Robert T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch-Stärke**, v. 56, n. 3-4, p. 89-99, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.200300218>.

LINEBACK, D. R.; RASPER, V. P. Wheat carbohydrates **In**: POMERANZ, Y. Wheat; chemistry and technology. American Association of cereal Chemists, v. 1, p. 277-372, 1988.

LIMA, Handerson Rodrigues Silva et al. Filmes de mistura à base de biopolímeros extraídos do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*) para a detecção eletroquímica do fármaco antineoplásico do metotrexato. **J Electrochem de estado sólido**, v. 23, n. 11, p. 3153-3164, set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10008-019-04406-2>.

LOPES, Ilmar Alves *et al.* Elaboration and characterization of biopolymer films with alginate and babassu coconut mesocarp. **Carbohydrate Polymers**, v. 234, p. 115747, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115747>.

LORENZI, Harri *et al.* **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. São Paulo, BR: Edit. Plantarum, 1996.

MACGREGOR, A. W.; MORGAN, J. E. Structure of amylopectins isolated from large and small starch granules of normal and waxy. **Cereal Chem**, v. 61, p. 222-228, 1984.

MACHADO, Jean Ferreira *et al.* Potenciação da Atividade Antibiótica e Caracterização Físico-Química do Óleo de Amêndoa *Orbignya speciosa* Fixo contra *Staphylococcus aureus* MDR e Outras Bactérias. **Antibióticos**, v. 8, n. 1, pág. 28, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/antibiotics8010028>.

MANIGLIA, Bianca C. *et al.* Bioactive films based on babassu mesocarp flour and starch. **Food Hydrocolloids**, v. 70, p 383 e 391, 2017. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.04.022>.

MARTINS, R. C. **A família Arecaceae (Palmae) no estado de Goiás: florística e etnobotânica**. 2012. 297 f. Tese (Doutorado em Botânica), Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MENEZES, T.J. B; SARMENTO, S.B.S.; DAIUTO, E.R. Influência de enzimas de maceração na produção de puba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.4,1998.

MONDAL,S;SOREN, J.P;MONDAL, J;RAKSHIT, S;HALDER, S.K;MONDAL, K.C. Síntese contemporânea de múltiplas enzimas de desramificação de carboidratos de *aspergillus fumigatus* skf-2 recentemente isolado sob fermentação de estado sólido: uma mistura enzimática única para sacarificação proficiente de biorecursos de plantas. **Industrial crops and products**, [S.L.], v. 150, n. 112409, p. 345, agosto. 2020. DOI:10.1016/j.indcrop.2020.112409.

MOREIRA, A. N; DEL PINO, Francisco A. B; VENDRUSCOLO, C. T. Estudo da produção de biopolímeros via enzimática através de inativação elise. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 300-305, 2003.

OLIVEIRA, A. I. T.; ALEXANDRE, G. P; MAHMOUD, T. S. Babaçu (*Orbignya sp.*): caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleos. Anais do III Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia. Londrina, p. 126, 2013.

PALLU, A. P. S. **Potencial biotecnológico de fungos do gênero *Penicillium* e interação com cana-de-açúcar**. 2010. 129 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PARKER, Roger; RING, Stephen G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2001.

PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. **Starch/ Starke**, v.62. p. 389-420, 2010.

PRADO, F. C. **Desenvolvimento de Bioprocesso em Escala Semi Piloto para Produção de Ácido Cítrico por Fermentação no Estado Sólido a Partir do Bagaço de Mandioca**. Dissertação de mestrado em Tecnologia de Alimentos, UFPR, 2002. 81p.

POLIZELI, Maria de Lourdes Teixeira de Moraes et al. Xylanases from fungi: properties and industrial applications. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 67, n. 5, p. 577-591, 2005.

REGULY, J. C. **Biotecnologia dos processos fermentativos**. [S.l.]: Editora Universitária/UFPEL, 1996, 330 p.

RIBEIRO, D. M. L. **Caracterização e comportamento sacarificante da flora microbiana empregada na fabricação da aguardente de mandioca (Tiquira)**, Tese de Mestrado, Universidade Federal do Maranhão, 78 p., 2011.

ROBL, D. et al. The capability of endophytic fungi for production of hemicellulases and related enzymes. **BMC Biotechnology**, v. 13, n. 1, 2013. doi:10.1186/1472-6750-13- 94.

ROITMN, I., TRAVASSOS, L. R.; AZEVEDO, J. L. **Tratado de Microbiologia**. São Paulo, Manole Ltda. 1998. 186 p.

SALAH, H.A, TEMERK, H.A, SALAH, N.A, ALSHEHRI, S.R.Z, AL-HARBI, J.A ,MAWAD, A.M.M, KHALED, K.A.M, HESHAM, A, AMEIN, K.A. **Journal of pure and applied microbiology**, V.15, E.1, P.452-461, n.6783. DOI:10.22207/JPAM.15.1.43, 2021.

SANA, S; ANJUM, A. A; AHMAD, M.U.D; NAWAZ, M; AHMAD, A; FAROOQ, H.F. **Pakistan journal of botany**. V. 5 n. 2. P. 715-721. DOI:10.30848/PJB2021-2, 2021.

SANTANA, J..C.C; EHRHARDT, D.D.; TAMBOURGI E. B. **Otimização da produção de álcool de mandioca**. Campinas-SP, p. 613 a 617, 2010.

SANTANA, R.S.M. **Produção de enzimas amilolíticas através de fermentação em estado sólido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2012.

SANTOS-FILHO, F. S.; ALMEIDA JR., E. B.; SOARES, C. J. R. S.; ZICKEL, C. S. Fisionomia das restingas do Delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 3, p. 218, 2010.

SANTOS-FILHO, Francisco Soares; ALMEIDA JÚNIOR, Eduardo Bezerra; SOARES, Caio Jefiter Reis Santos. Cocais: zona ecotonal natural ou artificial? **Revista Equador**, v. 2, n. 1, p. 02-13, 2013.

SANTOS, P. A. C. DOS *et al.* Babassu mesocarp flour in diet of finishing lambs. **Italian Journal of Animal Science**, v.18, p. 236-245, 2018. DOI: [10.1080/1828051X.2018.1504635](https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1504635).

SHAHRYARI, Z, FAZAEIPOOR, M.H, GHASEMI, Y, LENNARTSSON, P.R, TAHERZADEH, M.J. **Molecules** v.24, n.721, 2019. DOI:10.3390/molecules24040721.

SINDHU, R.; BINOD, P.; PANDEY, A. α -Amylase Current Developments in Biotechnology and Bioengineering - **Production, Isolation and Purification of Industrial Products**, 2017. DOI: 10.1016/B978-0-444-63662-1.00001-4.

SUNDARRAM, A., & MURTHY, T. P. K. α -Amylase Production and Applications: A Review. **Journal of Applied & Environmental Microbiology**, v.2, n.4, pg. 166-175, 2014. DOI: 10.12691/jaem-2-4-10.

SHUKLA, R. J.; SINGH, S. P. Structural and catalytic properties of immobilized α -amylase from *Laceyella sacchari* TSI-2. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 85, pg 208-216, 2016.

SILVA, J. S.da *et al.* Subprodutos do babaçu (*Orbignya* sp) como novos materiais adsorptivos: uma revisão. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 24, n. 3, set. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620190003.0730>.

SOARES, K. P; LONGHI, S. J; WITECK NETO, L; ASSIS, L. C. **Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. Rodriguésia, Rio de Janeiro, v.65, n.1, p. 113, 2014.

SUMERLY, R. *et al.* Hidrólise do amido. p. 377- 448. **In:** Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas. Tecnologia, uso e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas. Fundação Cargill, jan. 2003. v. 3.

TEIXEIRA, M. F. S.; MATSUURA, A. B. J.; SOARES, C. S. S. S. **Microbiologia Médica-Manual de Laboratório**. Manaus, UFAM ,111p., 1999.

TEIXEIRA, Paulo Ronaldo Sousa *et al.* Development of a low-cost electrochemical sensor based on babassu mesocarp (*Orbignya phalerata*) immobilized on a flexible gold electrode for applications in sensors for 5-fluorouracil chemotherapeutics. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 411, n. 3, p. 659-667, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1480-1>.

TESTER, Richard F.; KARKALAS, John; QI, Xin. Starch—composition, fine structure and architecture. **Journal of cereal science**, v. 39, n. 2, p. 151-165, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.001>.

TORRES, Y. J. S. S. **Estudo da hidrólise enzimática do amido do mesocarpo de babaçu**. 2014. 63 f. Dissertação. (Mestrado em Química Analítica), Universidade Federal do Maranhão. São Luis, 2014. Trekearth.

VEIGA, R. C. S. **Cálculo da biomassa foliar de palmeiras acaules das espécies *Attalea maripa* e *Attalea speciosa* nos municípios de Belterra e Santarém do Pará, Brasil**. 2013. 36f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

VENTURINI FILHO, W. G.; MENDES, B. do P. **Fermentação alcoólica de raízes tropicais. CULTURAS DE TUBEROSAS AMILÁCEAS LATINO AMERICANAS**. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas, p. 530-575, 2004.

VIOTTI, Paula Valéria *et al.* Remoção de diclofenaco da água por adsorção em frutos de *Moringa oleifera* e carvão ativado: estudo do mecanismo, cinética e equilíbrio. **Journal of**

Cleaner Production, v. 219, p. 809-817, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.129>.

WAINWRIGHT, M. **Introducción a la biotecnología de los hongos**. Zaragoza, Acribia, 1995. 228p.

ZHANG, Qiaoge; HAN, Ye; XIAO, Huazhi. Microbial α -amylase: A biomolecular overview. **Process Biochemistry**, v. 53, p. 88-101, 2017. DOI: 10.1016/j.procbio.2016.11.012.

Anexos

9 ANEXOS

ANEXO 1 - PEDIDO DE PATENTE

INPI INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

03/03/2020 16:57 870200028964
29409161915889200

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10/2020 004314 5

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 2

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 06279103000119

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Cidade: Universitária Dom Delgado, Av. dos Portugueses, 1966, Vila Bacanga.
Cidade: São Luis

Estado: MA

CEP: 65080-805

País: Brasil

Telefone: (98) 32728710

Fax:

Email: nit-dapi@ufma.br

ANEXO

2

-

PETICIONAMENTO ELETRÔNICO Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 03/03/2020 às 16:57, Petição 870200028964

COMPROVANTE DE CADASTRO NO SISGEN



Senhor(a),

informamos que foi realizado cadastro de acesso abaixo identificado no SisGen.

Número do Cadastro: A6108D0
 Usuário: Adelton Pereira Maciel
 CPF/CNPJ: 92935427491
 Objeto do Acesso: Conhecimento Tradicional Associado
 Data: 14/02/2020

ANEXO 3 - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO

The screenshot shows a web interface for a journal submission system. At the top, a dark blue header contains the text "Revista Cerrados" and navigation icons. Below the header, a breadcrumb trail reads "4732 / Cruz et al. / Mesocarpo de babaçu uma biomassa com grande potencial para o desenvolvimento agroindustr". A "Biblioteca da Submissão" button is visible on the right. The main content area features a "Fluxo de Trabalho" (Workflow) section with tabs for "Submissão", "Avaliação", "Edição de Texto", and "Editoração". The "Submissão" tab is active, displaying a section titled "Arquivos da Submissão" with a search button labeled "Q Buscar". A single submission entry is listed with a document icon, the ID "18975", the description "Artigo de revisão última versão para revista 15 de novembro.docx", and the date "novembro 17, 2021".

Revista Cerrados


##navigation.backTo##

4732 / Cruz et al. / Mesocarpo de babaçu uma biomassa com grande potencial para o desenvolvimento agroindustr [Biblioteca da Submissão](#)

Fluxo de Trabalho **Publicação**

Submissão **Avaliação** Edição de Texto Editoração

Arquivos da Submissão [Q Buscar](#)

 18975	Artigo de revisão última versão para revista 15 de novembro.docx	novembro 17, 2021
---	--	-------------------

Produção científica

10 PRODUÇÃO CIENTÍFICA DURANTE O DOUTORADO

PATENTES E REGISTROS:

CRUZ. N.; COELHO. S. C.; MACIEL. A.P. **BEBIDA À BASE DE ÁLCOOL PROVENIENTE DE MESOCARPO DE BABAÇU**, 2020. Categoria: Produto. Instituição onde foi depositada: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. País: Brasil. Natureza: Patente de Invenção. Número do registro: BR 10 2020 004314 5. Número do depósito PCT: 870200028964. Data do depósito PCT: 14/02/2020. Depositante/Titular: NEURENE DA CRUZ. Depositante/Titular: Universidade Federal do Maranhão.

ARTIGOS SUBMETIDOS:

CRUZ, N.; PASSOS, C. A.; PASSOS, N. A.; MACIEL, P.A. Mesocarpo de babaçu uma biomassa com grande potencial para o desenvolvimento agroindustrial – uma revisão. Submetido na Revista **Cerrados (UNIMONTES)**.

CRUZ, N. COELHO, S. C.; PIMENTEL, I. V., ASSUNÇÃO, B. K. R., CORDEIRO, C. B.; PASSOS, N. A; MENDONÇA, J. C.; PRAZERES, G.; NASCIMENTO, S.M DO D.; BEZERRA, DE B.G.F.; MACIEL, P. Influência de consórcio fúngico na sacarificação de mesocarpo de babaçu para obtenção de álcool etílico. **A ser submetido.**

RODRIGUES, IGOR VINICIUS; BORGES, KATIA REGINA; ALVES, RITA DE NAZARÉ; DA CRUZ, NEURENE; TELES, AMANDA MARA; DA SILVA, MARCOS ANTONIO; DE ANDRADE, MARCELO; KHAYAT, ANDRÉ; PINHO, JAQUELINE; VALE, ANDRÉ; GUIMARÃES, SULAYNE JANAYNA; RUIZ, JERÔNIMO CONCEIÇÃO; NASCIMENTO, MARIA DO DESTERRO; BEZERRA, GEUSA FELIPA. Biosynthesis and chemical characterization of an intracellular red pigment of *Talaromyces islandicus* T101. Submetido na Revista **Microbiology Open**.

TRABALHOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS:

MENDONÇA, S.J.R.; SANTOS, A.M.C.M.; CRUZ, N. NASCIMENTO, U.M.; MOURA, K.R.M.; MENDONÇA, C.J.S.; MACIEL, A.P.; SILVA, F.C. **Líquido iônico funcionalizado com ácido de bronsted como catalisador para produção de aditivo de combustível a partir do glicerol**. Congresso Brasileiro de Química, 2017. v. 57.

CRUZ, N.; MENDONÇA, S.J.R.; OLIVEIRA, M.V.S.; MENDONÇA, C.J.S.; SANTOS, A.M.C.M.; SILVA, F.C.; MACIEL. **Conversão e caracterização de ésteres metílicos**

produzidos via transesterificação de óleo de *chlorella sp.* Congresso Brasileiro de Química, 2018. v. 58.

MENDONÇA, S.J.R.; SANTOS, A.M.C.M.; CRUZ, N. SOUZA, F.S.; SILVA, F.C. **Caracterização da glicerina obtida na transesterificação do óleo de soja refinado.** Congresso Brasileiro de Química, 2018. v. 58.

PASSOS, A.N.; CRUZ, N.; SANTOS, J.M.S. **Problemas de Programação Linear: Um Estudo de Caso/ Linear Programming Problems: A Case Study.** Encontro Regional de Matemática Aplicada e computacional: UFMS E SBMAC 14 A 18 DE SETEMBRO DE 2020 Plataforma da SBMAC (facebook e youtube)

RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS:

ARAÚJO, W.S.; MENDONÇA, S.J.R.; DA CRUZ, N.; SANTOS, A.M.C.M.; NASCIMENTO, U.M.; SILVA, F.C. **Preparação e caracterização de catalisadores complexos metálicos piridínicos para produção de biodiesel.** Congresso Brasileiro de Química, 2018, São Luís. Congresso Brasileiro de Química, 2018. v. 58.

S. ARAÚJO, W.; M.C.M. SANTOS, A.; DE J. R. MENDONÇA, S.; DA CRUZ, N.; C. SILVA, F.; M. NASCIMENTO, U. **Produção de biodiesel empregando o catalisador complexo metálico de piridina ($[\text{sn}(\text{py})_2\text{cl}_2]\cdot 2\text{h}_2\text{o}$).** Congresso Brasileiro de Química, 2019, João Pessoa. Congresso Brasileiro de Química, 2019. v. 59.

*Sugestão para futuros
trabalhos*

1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

- ✓ **Otimização do processo de obtenção da bebida alcóolica;**
- ✓ **Identificação molecular (sequenciamento) dos fungos;**
- ✓ **Extração de enzimas.**