

**USO DE NANOPARTÍCULAS DO MESOCARPO DO BABAÇU (*ORBIGNYA PHALERATA* MART) COMO PLATAFORMA PARA ANCORAGEM DE ENZIMAS NO DESENVOLVIMENTO DE BIOSSENSORES: UM MAPEAMENTO TECNOLÓGICO**

**NANOPARTICLES F USE MESOCARP BABASSU (*ORBIGNYA PHALERATA* MART) AS PLATFORM FOR ENZYMES IN ANCHORAGE BIOSSENSORS DEVELOPMENT: A MAPPING TECHNOLOGY**

Ana Siqueira do Nascimento Marreiro Teixeira<sup>1</sup>; Paulo Ronaldo Sousa Teixeira<sup>2</sup>; Carla Eiras<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Piauí – IFPI – Campus Angical, Angical – PI-, Brasil.  
[anamarreiro@ifpi.edu.br](mailto:anamarreiro@ifpi.edu.br)

<sup>2</sup>Instituto Federal do Piauí – IFPI – Campus Teresina Zona Sul, Teresina – PI, Brasil.  
[paulo\\_ronaldo@ifpi.edu.br](mailto:paulo_ronaldo@ifpi.edu.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Piauí- UFPI- Campus Ministro Petrônio Portela, Teresina-PI, Brasil  
[carla.eiras.ufpi@gmail.com](mailto:carla.eiras.ufpi@gmail.com)

## Resumo

*A imobilização de enzimas na construção de biossensores torna-se atraente pela capacidade enzimática de catalisar com grande eficiência, reações biológicas com alta sensibilidade e seletividade. A utilização de materiais nanoestruturados, tais como nanopartículas poliméricas, surge como alternativa para aumentar a eficiência da imobilização de enzimas. Dessa forma, surge o interesse na síntese de nanopartículas do mesocarpo do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart), por se tratar de um biopolímero natural, atóxico, facilmente encontrado na região nordeste do País. Diante do relatado, o presente trabalho propõe um estudo prospectivo a respeito do desenvolvimento de um biossensor contendo a enzima polifenol oxidase como monocamada imobilizada, pela técnica de automontagem, sobre a superfície de nanopartículas poliméricas geradas a partir do mesocarpo de babaçu para detecção de sulfitos em produtos alimentícios, visto que tais compostos são causadores de reações alérgicas em indivíduos que apresentam sensibilidade a este conservante. Para o mapeamento científico e tecnológico, foram realizadas buscas nas bases de periódicos Web of Science, Scopus e Scielo, e nos bancos de patentes INPI, Espacenet e USPTO, para todas patentes depositadas, e artigos publicados no período de 2005 a agosto 2016. A partir dos artigos e patentes analisados, constatou-se que os estudos relacionados ao mesocarpo de babaçu são escassos, sendo que o desenvolvimento de um biossensor para detecção de sulfito a base de nanopartículas poliméricas deste biopolímero como plataforma para*

*a imobilização da enzima polifenol oxidase para pode ser bastante inovador, visto que não foram encontrados relatos na literatura com abordagem parecida.*

**Palavras-chave:** Polifenol Oxidase, Nanopartículas Poliméricas, Mesocarpo de Babaçu, Biossensor, Sulfito

## **Abstract**

*The immobilization of enzymes in the construction of biosensors becomes attractive for enzymatic ability to catalyze very efficiently, biological reactions with high sensitivity and selectivity. The use of nanostructured materials such as polymeric nanoparticles, is an alternative for increasing the efficiency of enzyme immobilization. Thus arises the interest in the synthesis of babassu mesocarp nanoparticles (*Orbignya phalerata* Mart), because it is a natural, non-toxic and biodegradable biopolymer, easily found in the northeast of the country. Given the reported, this paper proposes a prospective study on the development of a biosensor containing the polyphenol oxidase enzyme and immobilized monolayer by self assembly techniques on the surface of polymeric nanoparticles generated from the babassu mesocarp to sulfites detection in food products, since such compounds are causing allergic reactions in individuals who exhibit sensitivity to this preservative. For scientific and technological mapping, searches were conducted in regular bases Web of Science, Scopus and Scielo, and the banks of patents from the INPI, Espacenet and USPTO, for all patents filed and articles published from 2005 to August 2016. From the articles and patents analyzed, it was verified that the studies related to the babassu mesocarp are scarce, and the development of a biosensor for the detection of sulfite based on polymer nanoparticles of this biopolymer as a platform for the immobilization of the enzyme polyphenol oxidase to Can be quite innovative, since no reports were found in the literature with similar approach.*

**Keywords:** Polyphenol Oxidase, Polymeric Nanoparticle, Babassu Mesocarp, Biossensor, Sulfite

## **1. Introdução**

As alergias alimentares, que afetam até 10% da população geral (Chafen *et al*, 2010), tem aumentado com o processo industrial, visto que indústria de alimentos com o intuito de elevar o tempo de vida útil desses produtos, tem aumentado o emprego de alguns aditivos alimentares, como é o caso dos sulfitos (Polônio *et al*, 2009), gerando uma preocupação com a saúde alimentar e um problema de saúde pública.

Os dados de alergia a aditivos alimentares no Brasil são escassos e carecem de metodologia rigorosa. No entanto, apesar de não ser conhecida a prevalência de reações alérgicas a aditivos alimentares no Brasil, estima-se que sua prevalência em países desenvolvidos, comprovada por testes de provocação, varie de 0,01 a 0,23% (Pereira *et al*, 2008).

Em geral, as reações alérgicas alimentares são originadas por uma hipersensibilidade imunológica, geralmente contra certos ingredientes dispostos nos produtos alimentícios. São responsáveis por sintomas que frequentemente envolvem o trato gastrintestinal (diarreia, vômito), o

sistema respiratório (asma, rinite), e a pele (dermatite atópica, urticária) (Berin *et al*,2011; Leung *et al*, 2008).

A alergia alimentar geralmente é controlada com o tratamento dos sintomas ou evitando o alérgeno (Chruszcz, 2011). No entanto, a contaminação com ingredientes alérgenos "escondidos", ou seja, não identificados nos rótulos, pode causar danos a saúde humana. Diante disso, existe uma preocupação crescente com a necessidade de proteger os consumidores alérgicos de reações alérgicas graves e potencialmente fatais, através da detecção de contaminação e rastreamento dos ingredientes alérgenos, contribuindo para uma rotulagem de alimentos precisa (Ng *et al*, 2016). Nesta perspectiva, são necessários métodos confiáveis, precisos e altamente sensíveis e seletivos para avaliar, com segurança, se um determinado alérgeno está (ou não) presente em um determinado produto alimentício.

Os sulfitos, que incluem o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e seus sais de sódio, potássio e cálcio (Na, K e Ca), são amplamente utilizados como conservantes em alimentos, cosméticos e medicamentos (Scampicchio *et al*,2008). Devido seu efeito inibitório sobre bactérias, bolores e leveduras e na inibição de reações de escurecimento enzimático e não enzimático são bastante utilizados como conservantes durante processamento e estocagem de alimentos (Pizzoferrato *et al*, 1998).

Apesar de sua eficácia na conservação de alimentos, inúmeras reações adversas têm sido relatadas à saúde de algumas pessoas sensíveis aos sulfitos. Na espécie humana os sulfitos podem provocar anafilaxia, urticária, angioedema, hipotensão, náusea, irritação gástrica local, dores de cabeça, distúrbio do comportamento, erupções cutâneas, diarreia e crise asmática em indivíduos asmáticos sensíveis a sulfitos (Luck *et al*, 1995; Machado *et al*, 2006; Dinckaya *et al*, 2007), dessa forma torna-se necessário a detecção e o controle dos agentes sulfitantes adicionados aos alimentos.

Diante do que foi exposto, percebe-se que existe uma real necessidade de métodos eficientes, capazes de detectar quantidades muito baixas de sulfitos em produtos alimentícios, com o intuito de melhorar a segurança alimentar, respondendo às necessidades dos consumidores alérgicos, contribuindo para uma rotulagem mais precisa de produtos alimentícios pela indústria de alimentos.

Nessa perspectiva, acredita-se que os biossensores podem ser uma alternativa para a detecção e quantificação rápida dos sulfitos em produtos alimentares. Segundo a IUPAC, um biossensor é um dispositivo capaz de fornecer informações analíticas “específicas” quantitativas ou semi-quantitativas por meio de um elemento de reconhecimento biológico (receptor bioquímico), que pode estar em contato espacial direto com o elemento de transdução (Rosatto *et al*, 2001). Os

biossensores podem ser classificados de acordo com o transdutor, que pode ser eletroquímico, óptico e detector de massa. Ou ainda de acordo com o componente biológico: enzimas, organelas, tecido vegetal ou animal, micro-organismos, antígeno e anticorpo e ácidos nucleicos dentre outros (Li *et al*, 2007).

Dentre as características mais importantes dos biossensores podemos citar sua simplicidade, tempo de análise curto, baixo custo, elevada sensibilidade e estabilidade (Chen *et al*, 2012; Rawal *et al*, 2013; Molinero-Abad *et al*, 2014). A modificação de superfícies ou mesmo a imobilização do transdutor nos biossensores pode ocorrer por diferentes processos, dentre os quais destaca-se a formação de filmes pelo método de automontagem (Paterno,2001), gerando os chamados eletrodos quimicamente modificados (EQMs).

O uso de enzimas na construção dos EQMs, são realizados através de métodos de imobilização, no sentido de melhorar a estabilidade da mesma, e, desta forma, reduzir a quantidade de material requerido em muitos processos (Guisan, 2006; Hanefeld *et al*, 2009). Além disso, os métodos de imobilização prolongam o tempo de vida das enzimas, e aumentam o potencial para reutilização das moléculas proteicas, visto que na sua forma livre, as enzimas possuem um curto tempo de vida, o que limita a sua utilização biotecnológica. O interesse no uso de enzimas na construção de biossensores, refere-se ao aumento de sua sensibilidade e estabilidade do dispositivo (Lopez-Gallego *et al*, 2005; Kim *et al*, 2006).

A enzima conhecida como “polifenol oxidase” (PFO), relacionada à oxidação de compostos fenólicos (Mayer, 2006; Wu *et al*, 2013), participa do grupo das oxirredutases e contém dois  $\text{Cu}^{2+}$  como sítios ativos, cada um coordenado com três moléculas de histidina, sendo duas ligações equatoriais fortes e uma axial fraca (Mayer, 2006). As PFO's são encontradas, de forma geral, em tecidos vegetais, principalmente em frutas e hortaliças, em microrganismos (principalmente em fungos) e em alguns animais (Taiz *et al*, 2009). Em química analítica, por exemplo, a polifenol oxidase pode ser usada na construção de biossensores e/ou outros procedimentos enzimáticos para a detecção de compostos dos mais variados tipos tais como polifenóis e paracetamol (Perone *et al*, 2009).

O uso de materiais nanoestruturados pode melhorar a eficiência no processo de imobilização de enzimas, visto que partículas pequenas fornecem uma área superficial maior, levando a uma maior concentração de enzima imobilizada por unidade de massa de partículas (Kim *et al*, 2006). Portanto, nanopartículas poliméricas são uma alternativa ideal dentro da classe de materiais nanoestruturados para a imobilização de enzimas, podendo oferecer também uma limitação difusional mínima e uma eficiência no transporte de elétrons, no caso da aplicação em biossensores (Wang, 2005)

A palmeira *Orbignya phalerata* Mart popularmente conhecida como babaçu, é uma planta da família das Palmáceas e do gênero *Orbignya* (Cantanhede *et al*, 2005; Teixeira, 2008), cuja área de ocorrência predomina em zonas de várzeas e, eventualmente, em pequenas colinas e elevações (MIC, 1982). Os “babaçuais” estão presentes no sudeste da Amazônia e nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins, onde ocupam cerca de 18 milhões de hectares no país, sendo 502,8 mil hectares no Piauí (Cantanhede *et al*, 2005).

O mesocarpo de babaçu é a substância colhida entre o epicarpo e o endocarpo do coco de babaçu, é biopolímero natural, rentável, sem toxicidade e amplamente utilizado como aglutinante (Aulton, 2005), características que possibilitam diferentes aplicações na área industrial e da saúde. (Almeida *et al*, 2011)

Dentro deste contexto, o presente projeto propõe uma nova aplicabilidade ao biopolímero mesocarpo do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart), o qual será nanoparticulado e, empregado na modificação do substrato com objetivo de gerar um maior número de sítios de ancoragem para a imobilização da enzima polifenol oxidase. O biossensor gerado será empregado em testes de detecção e quantificação de sulfitos presentes em produtos alimentícios.

## 2. Metodologia

Para este mapeamento tecnológico, foi realizado um estudo prospectivo tecnológico e científico buscando as patentes e artigos científicos relacionados com as palavras chaves da pesquisa. Para a busca de patentes, foram utilizadas as bases gratuitas INPI, Espacenet e USPTO. Para a busca de artigos, foram utilizadas as bases de periódicos *Web of Science*, *Scopus* e *Scielo*.

Primeiramente, realizou-se a pesquisa com as palavras-chave em inglês: “*Polyphenol Oxidase*” (polifenol oxidase), “*Polymeric Nanoparticle*” (nanopartícula polimérica), “*Babassu Mesocarp*” (Mesocarpo de Babaçu), “*Biosensor*” (Biosensor) e “*Sulfite*” (Sulfito). Em seguida, foram analisados as patentes e artigos obtidos com diferentes combinações destas palavras tais como: “*Polyphenol Oxidase*” AND “*Polymeric Nanoparticle*”, “*Polyphenol Oxidase*” AND “*Babassu Mesocarp*”, “*Polyphenol Oxidase*” AND “*Biosensor*”, “*Polyphenol Oxidase*” AND “*Sulfite*”, “*Babassu Mesocarp*” AND “*Polymeric Nanoparticle*”, “*Babassu Mesocarp*” AND “*Biosensor*”, “*Babassu Mesocarp*” AND “*Sulfite*”, “*Polymeric Nanoparticle*” AND “*Biosensor*”, “*Polymeric Nanoparticle*” AND “*Sulfite*”, “*Biosensor*” AND “*Sulfite*”, “*Polyphenol Oxidase*” AND “*Polymeric Nanoparticle*” AND “*Babassu Mesocarp*”, “*Polyphenol Oxidase*” AND “*Babassu Mesocarp*” AND “*Biosensor*”, “*Polyphenol Oxidase*” AND “*Babassu Mesocarp*” AND “*Sulfite*” e “*Babassu Mesocarp*” AND “*Biosensor*” AND “*Sulfite*” para que as buscas fossem

refinadas de acordo com o trabalho realizado. Em todos os casos as pesquisas foram delimitadas aos campos “título, resumo e palavras-chave”.

Na base de periódicos *Scopus*, a com maior número de publicações com a palavra-chave “*Babassu Mesocarp*”, foram analisadas a quantidade de documentos por ano, os países com maiores números de publicações e as principais áreas de aplicações com esse biopolímero. Na base de dados *Web of Science*, também foram feitas as mesmas buscas para as combinações com as palavras chaves “*Biosensor*” AND “*Sulfite*”.

Na prospecção tecnológica não foi delimitado tempo específico, sendo realizado o levantamento total do número de patentes, já na prospecção científica foi realizado um levantamento do número de artigos científicos publicados nos últimos dez anos, de 2005 até o presente momento, sendo que as buscas nos bancos e patentes e bases científicas foi realizada no mês de agosto de 2016.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Análise das patentes publicadas

Fazendo uma análise do número de patentes encontradas nas bases europeia (Espacenet) e americana (USPTO) relacionadas às palavras chaves do trabalho (Tabela 1), constatou-se que no geral foram encontrados um número considerável de patentes, sendo que a base internacional europeia apresentou o maior número de patentes e a base nacional o menor número.

Tabela 1 – Número Patentes encontradas com as palavras-chave nos bancos *Espacenet*, *USPTO* e *INPI*.

Palavras-chave	Espacenet	USPTO	INPI
<b>Polyphenol Oxidase</b>	491	20	5
<b>Babassu Mesocarp</b>	0	0	2
<b>Polymeric Nanoparticle</b>	658	111	4
<b>Biosensor</b>	>10.000	1.243	55
<b>Sulfite</b>	>10.000	1.204	98

Fonte: Aatoria Própria (2016)

Este dado demonstra a realidade do Brasil com relação a inovação, onde apesar do país encontrar-se em ascensão com relação ao número de patentes depositadas, este número ainda é bastante inferior as outras bases internacionais, o que demonstra que os países desenvolvidos investem bastante na área de pesquisa e inovação. Segundo Arbix (2005), o Brasil não tem conseguido acompanhar o ritmo de produção tecnológica mundial quando considerado o indicador patente. E que embora tenha havido um aumento do número de patenteamento no mundo, o Brasil não acompanhou quantitativamente o crescimento de países como a China e os EUA.

Constatou-se também, que nas buscas foram localizadas duas patentes relacionadas a palavra “mesocarpo de babaçu” no banco nacional de patentes INPI, e que não foram encontradas nenhuma patente com essa palavra chave, nos bancos internacionais EPO e USPTO, o que demonstra que o Brasil tem sido pioneiro em pesquisas com esta planta, por ser uma espécie característica do país, sendo encontrada em abundância nas regiões norte e nordeste.

Das duas patentes encontradas com a palavra-chave “mesocarpo de babaçu”, a primeira, a PI 1004478-7 A2, descreve o processo de preparação do mesocarpo do coco de babaçu para remoção de íons metálicos em soluções hidroetanólicas. E a segunda, BR 10 2012 004990-2 A2, descreve o processo de produção de barra nutritiva utilizando mandioca, mel, mesocarpo de babaçu e pedúnculo de castanha de caju para o consumo humano.

No sentido de fazer um refinamento maior na pesquisa realizada, foi utilizado combinações com duas e três palavras-chave relacionadas a pesquisa, conforme verificado nas Tabela 2 e 3.

**Tabela 2** – Número Patentes encontradas combinando duas palavras-chave relativas ao trabalho nos bancos *Espacenet, USPTO e INPI*.

Palavras-chave	Espacenet	USPTO	INPI
Polyphenol Oxidase AND Babassu Mesocarp	0	0	0
Polyphenol Oxidase AND Polymeric Nanoparticle	0	0	0
Polyphenol Oxidase AND Biosensor	1	0	0
Polyphenol Oxidase AND Sulfite	1	0	0
Babassu Mesocarp AND Polymeric Nanoparticle	0	0	0
Babassu Mesocarp AND Biosensor	0	0	0
Babassu Mesocarp AND Sulfite	0	0	0
Polymeric Nanoparticle AND Biosensor	0	0	0
Polymeric Nanoparticle AND Sulfite	0	0	0
Biosensor AND Sulfite	0	0	0

Fonte: Autoria Própria (2016)

Quando realizada a combinação das palavras chave “Polyphenol Oxidase” e “Biosensor”, foi encontrada a patente CN103421878 no banco europeu Espacenet, que trata de um biossensor de polifenol oxidase com nanoesferas de carbono para o uso na detecção de pesticidas.

Na combinação das palavras chave “Polyphenol Oxidase” e “Sulfite”, foi encontrada a patente JPH07289163 no banco europeu Espacenet, que trata de uma película comestível para frutas e verduras, contendo um inibidor da polifenol oxidase, capaz de prevenir a descoloração das frutas e verduras quando cortadas ou descascadas.

Cabe ressaltar que não foi encontrado nenhum resultado nos três bancos pesquisados com as combinações “Biosensor” e “Sulfite”, o objetivo do desenvolvimento desta pesquisa.

Tabela 3 – Número Patentes encontradas combinando três palavras-chave relativas ao trabalho nos bancos *Espacenet, USPTO e INPI*.

Palavras-chave	Espacenet	USPTO	INPI
<b>Polyphenol Oxidase AND Polymeric Nanoparticle AND Babassu Mesocarp</b>	0	0	0
<b>Polyphenol Oxidase AND Babassu Mesocarp AND Biosensor</b>	0	0	0
<b>Polyphenol Oxidase AND Babassu Mesocarp AND Sulfit</b>	0	0	0
<b>Babassu Mesocarp AND Biosensor AND Sulfit</b>	0	0	0

Fonte: Autoria Própria (2016)

Observa-se que tanto na Tabela 2 quanto na Tabela 3, quando usada a palavra-chave “Babassu Mesocarp” nas combinações, não foi encontrada nenhuma patente nos três bancos pesquisados, o que comprova o relatado por Bandeira e seus colaboradores já no ano de 1986, os quais afirmam que estudos de caracterização do mesocarpo do babaçu são escassos, o que evidencia a necessidade e importância de novos estudos dessa natureza para um melhor aproveitamento da planta.

### 3.2 Análise dos artigos publicados

O número de artigos científicos publicados com as palavras-chave nas bases científicas *Web of Science, Scopus e Scielo* estão ilustrados na Tabela 4. Comparando com o número de patentes depositadas nos bancos nacionais e internacionais, percebe-se que o número de artigos científicos publicados com as palavras-chave “*Polyphenol Oxidase*”, “*Polymeric Nanoparticle*”, “*Biosensor*”, “*Sulfito* e “*Babassu Mesocarp*” foi relativamente superior. No entanto, o número de publicações com o mesocarpo de babaçu ainda é pequeno quando comparado às demais palavras-chave pesquisadas.

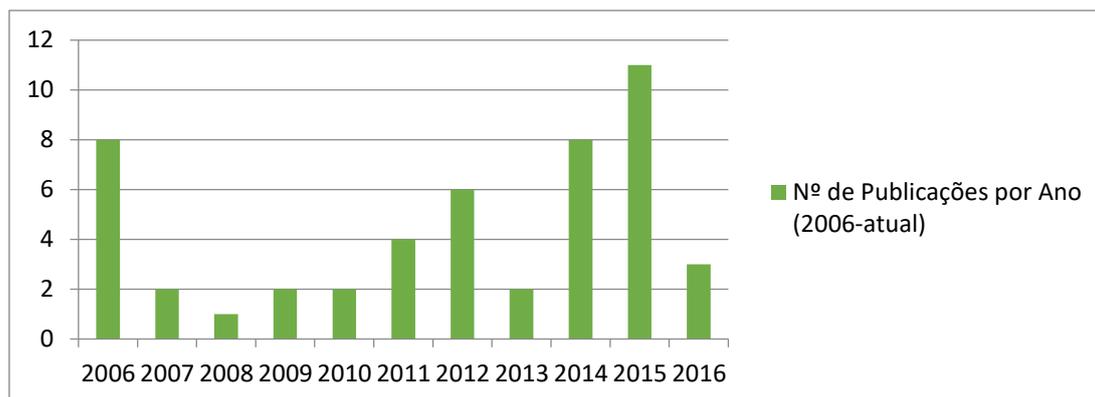
Tabela 4 – Número de artigos encontrados com as palavras-chave nas bases científicas *Web of Science, Scopus e Scielo*.

Palavras-chave	Web of Science	Scopus	Scielo
<b>Polyphenol Oxidase</b>	3.568	3.477	79
<b>Babassu Mesocarp</b>	48	49	30
<b>Polymeric Nanoparticle</b>	2.869	4.680	11
<b>Biosensor</b>	29.070	29.552	76
<b>Sulfito</b>	4.870	5.100	75

Fonte: Autoria Própria (2016)

A análise dos 49 artigos encontrados na base científica *Scopus* a partir da busca com a palavra-chave “Babassu Mesocarp”, nos últimos 10 anos, mostra que os anos de 2006, 2014 e 2015 tiveram os maiores números de publicações e os anos de 2007 e 2008 os de menores publicações conforme ilustrado na Figura 1. Percebe-se ainda que de 2014 a 2015 houve uma nova ascensão no número de publicações, o que demonstra que pesquisas com este biopolímero voltaram a estar em evidência.

Figura 1 - Artigos publicados nos últimos 10 anos para a palavra “Babassu Mesocarp”

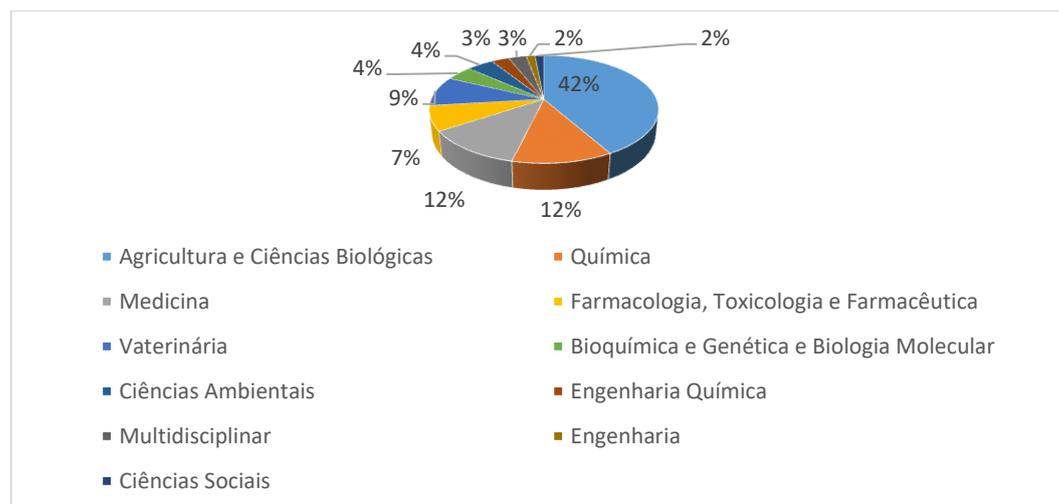


Fonte: Autoria Própria (2016)

Desses 49 artigos publicados com a palavra-chave “Babassu Mesocarp”, 44 tiveram origem no Brasil, 2 na França, 1 na Irlanda e 1 nos Estados Unidos, o que também confirma os dados levantados na pesquisa das patentes, indicando que o Brasil tem se destacado e tem sido pioneiro em pesquisas nesta área, embora se tenha observado que outros países como a França tenham realizado pesquisas recentes (ano de 2014) com esse biopolímero.

Fazendo um diagnóstico das principais áreas de publicações com essas palavras-chave, constatou-se que as maiores áreas de interesse para publicação são Agricultura e Ciências Biológicas, Química, Medicina, Farmacologia, Toxicologia e Farmacêutica, e Veterinária conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Principais áreas de publicações com a palavra-chave “Mesocarpo de Babaçu”.



Fonte: Aatoria Própria (2016)

Fazendo uma varredura a respeito das combinações com as palavras chaves nas bases *Web of Science*, *Scopus* e *Scielo* conforme representado na Tabela 5, constatou-se que não foram encontrados nenhum artigo com as combinações utilizando a palavra “Babassu Mesocarp”, o que demonstra que estudos com a utilização desse biopolímero na forma de nanopartículas, em conjunto com a polifenol oxidase, para uso em biossensores para detecção de sulfitos, são inovadores.

Tabela 5 – Número de artigos publicados com as combinações das palavras chaves nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*.

Palavras-chave	Web of Science	Scopus	Scielo
<b>Polyphenol Oxidase AND Babassu Mesocarp</b>	0	0	0
<b>Polyphenol Oxidase AND Polymeric Nanoparticle</b>	0	0	0
<b>Polyphenol Oxidase AND Biosensor</b>	157	86	1
<b>Polyphenol Oxidase AND Sulfite</b>	44	28	0
<b>Babassu Mesocarp AND Polymeric Nanoparticle</b>	0	0	0
<b>Babassu Mesocarp AND Biosensor</b>	0	0	0
<b>Babassu Mesocarp AND Sulfite</b>	0	0	0
<b>Polymeric Nanoparticle AND Biosensor</b>	8	45	0
<b>Polymeric Nanoparticle AND Sulfite</b>	0	1	0
<b>Biosensor AND Sulfite</b>	68	44	0
<b>Polyphenol Oxidase AND Polymeric Nanoparticle AND Babassu Mesocarp</b>	0	0	0
<b>Polyphenol Oxidase AND Babassu Mesocarp AND Biosensor</b>	0	0	0
<b>Polyphenol Oxidase AND Babassu Mesocarp AND Sulfite</b>	0	0	0
<b>Babassu Mesocarp AND Biosensor AND Sulfite</b>	0	0	0

Fonte: Aatoria Própria (2016)

Analisando mais profundamente os artigos encontrados na base científica *Web of Science* por ser a que apresenta o maior número de publicações (68 artigos) com a combinação das palavras-chave “Biosensor” e “Sulfite” nos últimos dez anos, percebeu-se que o maior número de publicações foram registrados para os anos 2008, 2009, 2010 e 2012, conforme ilustrado na Figura 3.

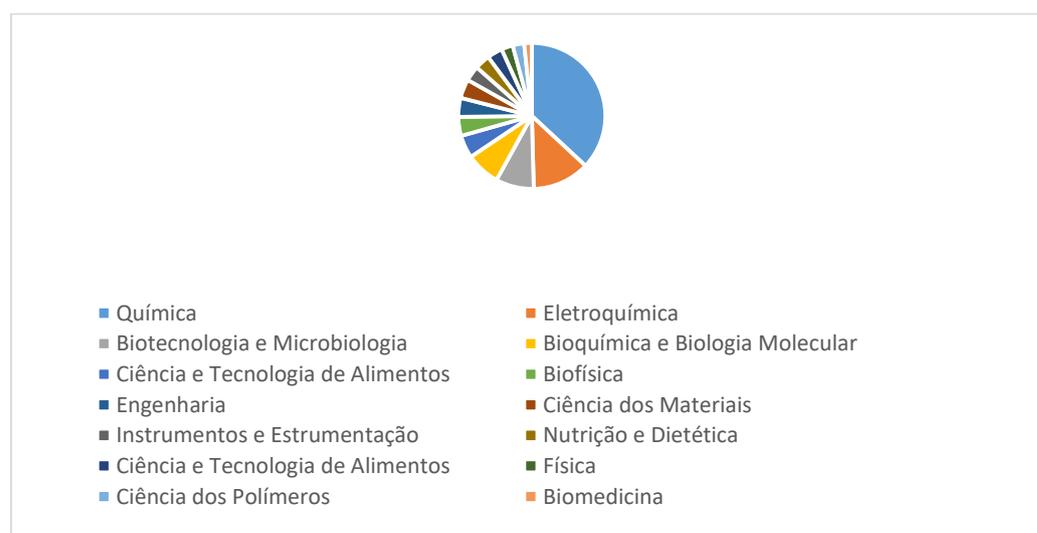
Figura 3 - Artigos publicados nos últimos 10 anos para a combinação “Biosensor” e “Sulfite”.



Fonte: Autoria Própria (2016)

Fazendo um diagnóstico das principais áreas de publicações com a combinação dessas palavras-chave, constatou-se que áreas que abrangem um maior número de artigos são: Química, Eletroquímica e Biologia Molecular conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Principais áreas de publicações relacionadas a combinação das palavras chaves “Biosensor” e “Sulfite”



Autoria Própria (2016)

#### 4. Conclusão

Os dados apresentados com o mapeamento tecnológico mostraram que o uso da enzima Polifenol oxidase imobilizada em nanopartículas poliméricas à base do mesocarpo do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart), para a fabricação de um biossensor a ser utilizado para detecção de sulfitos em produtos alimentícios, é bastante inovador, e até o presente momento inédito, visto que não foram encontradas patentes nem artigos científicos com abordagem semelhante ao que o trabalho propõe, ou com as combinações “Polyphenol Oxidase” AND “Polymeric Nanoparticle” AND “Babassu Mesocarp”, “Polyphenol Oxidase” AND “Babassu Mesocarp” AND “Biosensor”, “Polyphenol Oxidase” AND “Babassu Mesocarp” AND “Sulfite” e “Babassu Mesocarp” AND “Biosensor” AND “Sulfite”.

#### Referências

- Almeida, R. R., Lacerda, L. G.; Murakami, F. S. C.; Bannach, G.; Demiate, I.M.; Soccol, C. R.; Carvalho Filho, M.A.S., Schnitzler, E. Thermal analysis as a screening technique for the characterization of babassu flour and its solid fractions after acid and enzymatic hydrolysis: *Thermochimica Acta*, vol. 519, p. 50-54, 2011.
- Arbix, G.; Salerno, M. S.; DE Negri, J. A. *O impacto da internacionalização com foco na inovação tecnológica sobre as exportações das firmas brasileiras*. Dados, Rio de Janeiro, Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro (IUPERJ), vol. 48, n. 2, p. 395-442, 2005.
- Aulton, M. E. *Delineamento de formas farmacêuticas*. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- Bandeira, M. A. M.; Matos, M.E.O.; Matos, F.J.A.; Maia, M.B.S. Contribuição ao estudo químico do coco babaçu. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, p. 27-28, 1986.
- Berlin, M.C.; Sicherer, S. Food allergy: mechanisms and therapeutics. *Current Opinion in Immunology*, vol 23, p. 794-800, 2011.
- Cantanhede, L.B. *Avaliação da capacidade de adsorção do epicarpo de babaçu (Orbignya phalerata) in natura frente a diferentes adsorventes*. Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 115f, 2005.
- Chafen, J.J.S.; Newberry, S.J.; Riedl, M. A.; Bravata, D.M.; Maglione, M.; Suttrop, M.J.; Sundaram, V.; Paige, N.M.; Towfigh, A.; Hulley, B.J.; Shekelle, P.G. Diagnosing and Managing Common Food Allergies A Systematic Review. *The Journal. American Medical Association*, vol. 303, p. 1848-1856, 2010.
- Chen, P.Y.; Chi, Y.M.; Yang, H.H.; Y. Shih, Y. Oil Spills Detection and Monitoring Using Airborne Thermal Infrared Remote Sensing in Dalian Xingang Oil Pipeline Explosion, *Journal Electroanalytical Chemistry*, vol 675, p.1-4, 2012.

- Chruszcz, M.; Maleki, S.J.; Majorek, K.A.; Demas, M.; Bublin, M.; Solberg, R.; Hurlburt, B.K.; Ruan, S.; Mattison, C.P.; Breiteneder, H.; Minor, W. J. Structural and immunologic characterization of Ara h 1, a major peanut allergen. *The Journal of Biological Chemistry*, vol 286, p. 39318-39327, 2011
- Dinckaya, E., Sezginiturk, M.K., Akyilmaz, E., Ertas, F.N. Sulfite determination using sulfite oxidase biosensor based glassy carbon electrode coated with thin mercury film. *Food Chemistry*, vol 101, p. 1540–1544, 2007.
- Guisan, J. M. Em *Immobilization of Enzymes and Cells*; Guisan J. M., ed.; Humana Press: Totowa, 2006, cap. 1.
- Hanefeld, U.; Gardossi, L.; Magner, E.; Understanding enzyme immobilisation. *Chemical Society Reviews* vol.38, p.453-468, 2009
- Kim, J.; Grate, J. W.; Wang, P. Nanostructures for enzyme stabilization. *Chemical Engineering Science*, vol. 61, p. 1017–1026, 2006.
- Leung, A.; Kamat, D. CM Chesterton, Alergias alimentares (Ed.): New Research, *Nova Science Publishers Inc.*, p. 91-120, 2008.
- Li, X.; Ju, H.; Ding, C.; Zhang, S. Nucleic acid biosensor for detection of hepatitis B virus using 2,9-dimethyl-1,10-phenanthroline copper complex as electrochemical indicator. *Analytica Chimica Acta*, vol. 582, p.158-163, 2007.
- Lopez-Gallego, F.; Montes, T.; Fuentes, M.; Alonso, N.; Grazu, V.; Betancor, L.; Guisan, J. M.; Fernandez-Lafuente, R. Improved stabilization of chemically aminated enzymes via multipoint covalent attachment on glyoxyl supports. *Journal Biotechnology*, vol. 116, p. 1-10, 2005.
- Lück, E.; Jager, M. *Conservación química de los alimentos, características, usos, efectos*. 2º Edición. Zaragoza: Editora Acribia; 1995.
- Machado, R.M, Toledo, M.C. Sulfitos em Alimentos. *Brazilian Journal of Food Technol.* vol 9, nº 4, p. 265-75, 2006.
- Mayer, A.M. Polyphenol oxidase in plants and fungi: A Review. *Phytochemistry*, vol. 67. p. 2318-2331, 2006
- MIC – Ministério de Indústria e Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. *Mapeamento e levantamento do potencial das ocorrências de babaçuais*: estados do Maranhão, Piauí, Mato Grosso e Goiás. Brasília, 1982.
- Molinero-Abad, B.; Alonso-Lomillo, M.A.; Dominguez-Renedo, O.; Arcos-Martinez, M.J. Sulfite oxidase biosensors based on tetrathiafulvalene modified screen-printed carbon electrodes for sulfite determination in wine. *Analytica Chimica Acta*, vol. 812, p.41–44, 2014.
- Ng, E.; Nadeau, K.C.; Wang, S.X. Giant magnetoresistive sensor array for sensitive and specific multiplexed food allergen detection. *Biosensors and Bioelectronics*. vol. 80, p.359–365, 2016
- Paterno, L.G.; Mattoso, L.H.C.; JR, O. Filmes poliméricos ultrafinos produzidos pela técnica de automontagem: preparação, propriedades e aplicações. *Química. Nova*, vol. 24, nº 2, p.228-235, 2001.
- Pereira, A.C.; Moura, S.M.; Constant, P.B; Alergia alimentar: sistema imunológico e principais alimentos envolvidos. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*; vol 29, nº 2, p.189-200, 2008.
- Perone, C. A. S.; Capobianco, M. P.; Junior, S. P. Determinação de polifenóis (taninos) em produtos alimentícios (chás) usando biossensor de Polifenol oxidase, obtida de extrato bruto da casca de banana nanica (*Musa acuminata*) e caracterização desse biossensor. *Revista do Instituto de Ciências da Saúde*; vol 27, nº 1, p.28-34, 2009.

- Pizzoferrato, L.; Di Lullo, G.; Quattrucci, E. Determination of free, bound and total sulphites in foods by indirect photometry-HPLC. *Food Chemistry*. vol 63, nº 2, p.275-79, 1998.
- Polônio, M.L.T.; Peres, F. Consumo de aditivos alimentares e efeitos à saúde: desafios para a saúde pública brasileira. *Cad Saúde Pública*, vol 25, nº 8, p.1653-666, 2009.
- Rawal,R.; Chawla,S.; Pundir, C.S. An electrochemical sulfite biosensor based on gold coated magnetic nanoparticles modified gold electrode. *Biosensors and Bioelectronics* vol. 31, p.144– 150, 2012
- Rosatto, S.S.; Freire, R.S.; Dúran, N.; Kubota, L.T. Biossensores amperométricos para determinação de compostos fenólicos em amostras de interesse ambiental. *Química Nova*, vol 24, nº1, p. 77-86, 2001
- Scampicchio, M.; Lawrence, N.S.; Arecchi, A.; Mannino, S. Determination of Sulfite in Wine by Linear Sweep Voltammetry. *Electroanalysis*, vol 20, nº 4, p.444-47, 2008.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- Teixeira, M.A., Babassu: A new approach for an ancient Brazilian biomass. *Biomass & Bioenergy*, vol. 32, p. 857-86, 2008.
- Wang, J. Nanomaterial-based electrochemical biosensors. *Analyst*, vol. 130, p.421-426, 2005.
- Wu, J. et al. Purification and characterization of polyphenol oxidase from *Agarius bisporus*. *International Journal Food Properties* vol. 16, p.1483-1493, 2013.

Recebido: 01/09/2016

Aprovado: 24/06/2017