

Chitin and chitosan: Characteristics, uses and production current perspectives

Kleydiane Braga Dias¹, Diego Pereira da Silva¹, Layane Alves Ferreira¹, Rodrigo Ribeiro Fidelis¹, Jefferson da Luz Costa², André Luís Lopes da Silva², Gessiel Newton Scheidt^{1*}

ABSTRACT

Chitin and chitosan are polysaccharides found in nature, insoluble in water and organic solvents belonging to biomaterials. They are found in various sources such as algae, fungi, and the exoskeletons of arthropods. The first reports to be reported about in 1811 were chitin and chitosan on in 1859 and today are quite Relevant due to its wide range of applications including cosmetic field, environmental, food, pharmaceutical, dental and medical. The countries that top the ranking of the largest investments in research and production related to chitin and chitosan are Japan, followed by the United States, are together the leading researchers, producers and consumers of these polymers. Important features of these polysaccharides reinforce the need for further research for its use as biodegradability, biocompatibility and low toxicity. Thus, increasingly must invest in research on chitin and chitosan in order to provide a better quality of life using natural materials and without harm to the environment.

Key-words: Biofilm, biodegradable, biopolymers polysaccharides, *Cunninghamella elegans*

Quitina e quitosana: Características, utilizações e perspectivas atuais de produção

RESUMO

Quitina e quitosana são polissacarídeos encontrados na natureza, insolúveis em água e solventes orgânicos, pertencentes aos biomateriais. São encontrados em diversas fontes como algas, fungos e exoesqueleto de artrópodes. Os primeiros relatos a serem descritos a respeito de quitina foram em 1811 e sobre quitosana em 1859 e na atualidade são bastante importantes em virtude de sua ampla gama de aplicações, entre elas área de cosméticos, meio ambiente, alimentícia, farmacêutica, odontológica e médica. Os países que encabeçam o ranking dos maiores investimentos em pesquisas e produção relacionadas à quitina e quitosana são: Japão, seguido dos Estados Unidos, juntos são os maiores pesquisadores, produtores e consumidores destes polímeros. Características importantes destes polissacarídeos reforçam a necessidade de mais pesquisas voltadas para sua utilização, como biodegradabilidade, biocompatibilidade e baixa toxicidade. Assim, cada vez mais se deve investir em pesquisas com quitina e quitosana com o intuito de propiciar melhor qualidade de vida utilizando materiais naturais e sem agressão ao meio ambiente.

Palavras-chave: Biofilme, biodegradável, biopolímeros, polissacarídeos, *Cunninghamella elegans*.

*Autor para correspondência.

¹Departamento de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal do Tocantins; 77402-970; Gurupi - TO - Brasil, scheidt@uft.edu.br

²Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia, Universidade Federal do Paraná; Curitiba - Brasil.

INTRODUÇÃO

A quitina é um polissacarídeo amplamente encontrado na natureza ficando atrás apenas da celulose. É formada por monômeros de β -(1-4) 2-acetamido-2-deoxi-D-glicose(N-acetilglicosamina) é insolúvel em água e solventes orgânicos e apresenta-se após a sua purificação como um pó amarelado (Rinaudo, 2006; Nitschke, 2011). De acordo com Sales (2008), a quitina pode ser encontrada na parede celular de fungos e leveduras e em exoesqueletos de artrópodes, por exemplo, em caranguejos e camarões. A quitosana também é um polissacarídeo, encontrada de modo natural em alguns fungos, de modo mais comum como produto da reação de desacetilação da quitina, tendo as suas características similares. A quitina e quitosana são polímeros atóxicos, biodegradáveis, biocompatíveis e produzidos por fontes naturais renováveis.

Os processos de obtenção a partir de fungos apresentam-se como uma alternativa, podendo ser feito a extração simultânea dos dois polissacarídeos não havendo dependência de fatores estacionais. Além disso, a maioria dos fungos possuem quitina e quitosana em sua parede celular, a classe dos Zygomycetos possui em maior quantidade.

Em termos de aplicabilidade as oportunidades e áreas de inserção desses polímeros são amplas, podendo ser utilizadas para aplicação na produção de medicamentos que auxiliam no combate a obesidade, atuando como espojas de absorção de gordura no estomago, nas indústrias alimentícias na confecção de fibras dietéticas, fungicida e bactericida, recobrimento de frutas com biofilmes e no tratamento de efluentes como precursor da floculação. Deste modo as grandes potencialidades de destes polímeros necessitam uma série pesquisas que visam cada vez mais propiciar a produção de bioprodutos que possam ser utilizados nas mais diversas áreas.

O uso de polímeros naturais à base de quitina-quitosana para aplicações diversificadas têm sido de vital importância para os avanços biotecnológicos e apresentam várias vantagens como a sua fácil obtenção, biocompatível e biodegradável. Contudo os polissacarídeos, como uma classe de macromoléculas naturais, têm sua propensão extremamente bioativa, e são geralmente derivados de produtos agrícolas ou de crustáceos (Azevedo et al., 2007).

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre a as origens, utilização e

caracterização de quitina e quitosana e suas principais aplicações em bioprodutos nas diversas áreas da biotecnologia.

HISTÓRICO

Os relatos de isolamento da quitina pela primeira vez são do ano de 1811 pelo professor francês Henri Braconnot quando trabalhava com fungos, denominando-a inicialmente como fungina (Matsui, 2007). Outro pesquisador, Odier, em 1823, denominou uma substância insolúvel que conseguiu isolar da carapaça de insetos de quitina. Odier também percebeu que esta mesma substância encontrava-se na carapaça de caranguejos e suscitou que este poderia ser um material básico presente no exoesqueleto de insetos (Danczuk, 2007). E foi Payen quem detectou a presença de nitrogênio na quitina em 1823 (Antonino, 2007).

Um fato importante a ser destacado é que os pesquisadores daquela época, Odier e Children, descrevem que o isolamento da quitina foi feito a partir de tratamentos múltiplos com uma solução de hidróxido de sódio concentrado. Mas, é provável que o material obtido tenha sido quitosana, pois, como se sabe, ao submeter quitina a meio alcalino concentrado promove-se desacetilação, obtendo-se quitosana. Entretanto, relatos sobre quitosana só são descritos por Rouget em 1859, tendo seu nome, quitosana, proposto por Hoppe-Seyler em 1894 quitina em razão de ter quantidade de nitrogênio igual à quitina original (Antonino, 2007).

Até o início do século XX houve confusão entre quitina, quitosana e celulose em virtude de serem muito semelhantes. A quitina foi objeto apenas de pesquisa básica, enquanto a celulose era alvo de investimento científico e tecnológico em razão de ser bastante explorada na área têxtil (Danczuk, 2007). A intensificação de estudos e aplicação de quitina passou a ser observada somente por volta de 1970, quando percebeu-se o potencial vasto de aplicação de suas duas formas, tanto original como desacetilada (Matsui, 2007). Já sua produção industrial só ocorreu pela primeira vez em 1971 no Japão. Em 1986 o Japão já dispunha de quinze indústrias produzindo os dois polímeros comercialmente (Antonino, 2007).

ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE QUITINA E QUITOSANA

A quitina tem como características ser polímero natural, linear e insolúvel, sendo o segundo polímero mais abundante na natureza, perdendo apenas para a celulose (FRANCO, 2005). Entretanto, os biopolímeros quitina e quitosana são similares à celulose, tendo como única diferença o substituinte no carbono 2 do anel glicopiranosídeo, isto é, enquanto na celulose há um grupo hidroxila (OH), na quitina há um grupo acetamida (NHCOCH₃) e na quitosana há um grupo amino (NH₂) (Danczuk, 2007).

Assim, a quitina é um polímero de cadeia linear constituído por unidades de N-acetil-2-dioxi-D-glicopiranosose, unidas por ligações glicosídicas β(1,4) (Nitschke, 2011). Algumas características são ser biodegradável, ser insolúvel em água e em alguns solventes orgânicos e não apresentar toxicidade (Antonino, 2007). Por apresentar cadeias polissacarídicas diferentes, a quitina apresenta diferenças em relação à porcentagem e posição dos grupos acetamida na cadeia e em relação ao tamanho, sendo a única exceção conhecida à quitina obtida a partir de algas diatomáceas em que as unidades monoméricas são iguais.

A quitina se une em microfibrilas de forma espontânea, sendo as microfibrilas unidas por meio de pontes de hidrogênio. A partir de análise utilizando difração de raios X, percebe-se o polimorfismo da quitina, tendo três estruturas cristalinas: a, b e c (Silva, 2007) ou α, β e γ (Antonino, 2007), sendo que as três formas diferem por número de cadeias por célula, grau de hidratação e tamanho das unidades (Silva, 2007). Como pode ser vista na Figura 1.

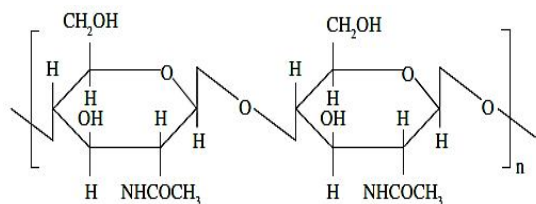


Figura 1- Estrutura química da quitina (Spin-Neto, 2008).

A α-quitina é a forma mais abundante e mais estável, sendo encontrada no exoesqueleto dos artrópodes onde confere maior rigidez, nessa forma as cadeias poliméricas apresentam-se em disposição antiparalela. Na β-quitina a disposição é paralela e encontrada nas lulas apresentando flexibilidade e resistência. Já a γ-quitina apresenta um misto das duas posições. Se desejado, podem-

se converter as formas β e γ na forma α por meio de tratamento químico adequado, entretanto esta transformação é irreversível (Matsui, 2007). Como é exemplificado na Figura 2.

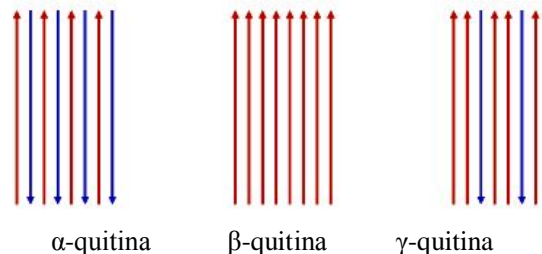


Figura 2- Estruturas polimórficas da quitina (Antonino, 2007).

Segundo Streit (2004), a quitosana é um copolímero biodegradável formado a partir de unidades

β(1,4)-2-amino-2-desoxi-D-glicopiranosose e β(1,4)-2-acetamido-2-desoxi-D-glicopiranosose, sendo derivada da quitina. Prepara-se a quitosana através de soluções muito concentradas de hidróxido de sódio (NaOH, 40-50%), o que promove a sua degradação. Nesta reação de hidrólise são removidos todos ou somente alguns grupos acetila da quitina, ocorrendo à liberação de grupos amino que ajudam na natureza catiônica da quitosana resultante. São empregados alguns parâmetros na reação de desacetilação que podem influenciar na distribuição da massa molar, que são: concentração, tempo, temperatura e outras condições da atmosfera (Oliveira, 2006).

A quitosana tem três tipos de grupos funcionais reativos, que são dois grupos hidroxil (um primário e um secundário) e um grupo amino, nas posições C-2, C-3 e C-6 respectivamente (Figura 3), sendo que os grupos amino livres tem importante papel em relação à solubilidade da quitosana. O grau de desacetilação apresenta-se como uma característica muito importante, rotulando o polímero como quitínico ou quitosânico. Deste modo, à medida que aumenta o grau de desacetilação, aumenta também a solubilidade da quitosana em meio aquoso, atribuindo carga positiva a quitosana, o que favorece as reações com polímeros aniônicos e em superfícies com carga negativa (Torres, 2009).

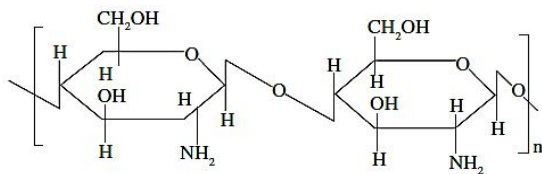


Figura 3 - Estrutura química da quitosana (Spin-Neto, 2008).

As propriedades biológicas da quitosana estão no fato de serem biocompatíveis e biodegradáveis, sendo degradada por várias enzimas proteolíticas. Além disso, outras atividades biológicas são características deste polímero como: atividade antioxidante, permitindo complexação com metais e antimicrobiana; anti-colesterolêmica, promovendo interação eletrostática com ácidos gordos no aparelho digestivo; analgésica, removendo prótons da área inflamada e aumentando o pH e coagulante, sendo apta a parar hemorragias (Maricato, 2010).

FONTES DE QUITINA E QUITOSANA

A quitina tem vasta distribuição na natureza constituindo como o principal elemento do exoesqueleto de invertebrados marinhos, podendo ser encontrada na estrutura de celenterados, anelídeos, moluscos e artrópodes. Relatos apontam que toda quitina comercial produzida na atualidade provém de carapaças de camarões e caranguejos, resultantes de resíduos da indústria pesqueira (Matsui, 2007; Antonino, 2007). A Tabela 1 mostra as principais fontes de extração de quitina:

Tabela 1. fontes de extração de quitina.

Animais Marinhos	Insetos	Microrganismos
Anelídeos	Escorpiões	Algas Verdes
Moluscos	Aranhas	Leveduras
Celenterados	Formigas	Fungos
Lagosta	Besouros	Esporos
Camarão		Algas Marrons
Caranguejo		
Krill		

Fonte: Fontes de quitina e quitosana adaptado de (BrangeL, 2011).

O Brasil possui grande potencial hídrico que favorece a indústria de processamento de crustáceos. Somente a produção de camarão, por exemplo, estima-se que seja de 22 mil toneladas por ano (Assis, 2008). Entretanto, apesar da

grande quantidade de quitina nesses crustáceos e de ser a fonte tradicional, algumas limitações são encontradas, como problemas sazonais, poluição causada pelo descarte de seus resíduos e custos elevados de produção (Silva, 2007).

Uma alternativa a estes empecilhos de produção é a extração de quitosana de fungos que contêm grandes quantidades deste polímero em sua parede celular, extraído tanto de quitina como quitosana em produção intensiva e em larga escala, independentemente de fatores sazonais (Fai et al., 2008).

De modo geral a maioria dos fungos possui quitina em suas estruturas da parede celular, destacando a classe Zygomycetes, divisão Zygomycotina e mais especificamente, a ordem Mucorales que possui maiores quantidades deste polímero (Franco et al., 2005). Alguns exemplos que podem ser citados como estudos com *Rhizopus arrhizus* (SILVA, 2007), *Mucor rouxii*, *Gongronella butleri* e *Rhizopus microsporus* var. *oligosporus* (Streit, 2004) e *Cunninghamella elegans* (Franco, 2004).

A parede celular dos Zygomycetes é composta de quitina e quitosana simultaneamente, com o objetivo de promover funções de suporte, além de proteção. Apesar disso, a fonte mais comum é a desacetilação da quitina proveniente do exoesqueleto de crustáceos, mesmo sendo um processo que agride e degrada a cadeia polimérica de quitosana (Streit, 2004).

OBTENÇÃO DE QUITINA E QUITOSANA

A obtenção da quitina baseia-se em três etapas: desproteínização, desmineralização e despigmentação. No processo de desproteínização há a utilização de solventes como Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , Na_2S , NaHCO_3 , Na_3PO_4 , NaHSO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{HSO}_3)$, K_2CO_3 , KOH , porém o mais utilizado é o NaOH (Antonino, 2007). Já os minerais são retirados a partir de concentrações diversas de ácidos como HCl em sua maioria, mas também de H_2SO_3 , HCOOH , H_2SO_4 e HNO_3 . Por fim, os pigmentos encontrados nos crustáceos são retirados por extração utilizando acetona ou etanol depois de passar pelo processo de desmineralização, ou então submetê-los a tratamentos com NaHSO_3 , NaClO , H_2O_2 , KMnO_4 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ou SO_2 . Após este processo, caracteriza-se a quitina a partir de seu grau de acetilação (GA) ou desacetilação (1-GA) (Matsui, 2007).

Para se obter a quitosana de forma tradicional, efetua-se a desacetilação da quitina. Neste processo, os grupamentos acetamido (-NHCOCH₃) são transformados em grupamentos amino (-NH₂). Quando há remoção dos grupos acetamido, os grupos amino liberados auxiliam na natureza catiônica da quitosana obtida, que se apresenta como uma mistura de polímeros de tamanhos variados (Oliveira, 2006). Já na obtenção da quitosana fúngica, em razão de haver contato com pH alcalino, há remoção de componentes celulares, inclusive proteínas. Após este processo, separa-se a quitosana de outros componentes estruturais, quitina e β-glucana. Uma vantagem em se extrair quitosana a partir de fungos é que esse processo produz menos resíduos que o tradicional, além de provocar menos agressões à quitosana (Streit, 2004).

APLICAÇÕES DE QUITINA E QUITOSANA

Em razão de suas características e propriedades tão relevantes, os polissacarídeos quitina e quitosana abrangem uma grande área de aplicação (Matsui, 2007). Algumas das características que tornam esses polímeros alvos de interesse são, por exemplo, solubilidade em soluções de ácidos orgânicos com pH menor que seis e insolubilidade em água, álcool, acetona e ácidos concentrados (Dallan, 2005), e ainda propriedades antimicrobianas, biocompatibilidade e biodegradabilidade (Assis et al., 2005). A tabela 2 mostra algumas aplicações do uso de quitina e quitosana.

Tabela 2. Aplicações de quitina e quitosana.

Área	Utilização
Indústria de Alimentos	Aditivos alimentares Nutrição animal Embalagens
Farmacêutica	Agente cicatrizante Aditivo Liberação controlada de drogas Controle de colesterol Lente de contato
Biomédica	Biomembranas artificiais Sutura cirúrgica
Cosmética	Umectante Fungicida Bactericida
Indústria Têxtil	Tratamento de Superfície
Biotecnologia	Imobilização de enzimas células Separação de proteínas Cromatografia Antibactericida

Fonte: Antonino, (2007).

Uma aplicação que se pode citar é no tratamento de efluentes industriais, o que se apresenta como uma alternativa viável para problemas ambientais (Oliveira, 2006).

Franco et al. (2004), realizaram uma pesquisa utilizando quitina e quitosana extraídas da parede celular do fungo *Cunninghamella elegans* e perceberam que a taxa de bioadsorção era dependente da concentração do metal, mas que para os devidos fins, quitina e quitosana

apresentaram potencial relevante de biorremediação de metais pesados em ambientes poluídos.

Outra aplicação na produção de fármacos nas formas de comprimidos, hidrogéis, filmes, microesferas e nanopartículas e também no tratamento de queimaduras, onde esses polímeros atuam formando filmes permeáveis ao oxigênio e à água; onde este biofilme cicatrizante é degradado por uma enzima presente na pele denominada

lisoizima, não havendo a necessidade de retirada, evitando novas lesões à nova pele sintetizada (Maricato, 2010). Outra aplicação da quitosana é na área odontológica, onde pode apresentar-se na forma de gel pra tratamento de bolsas periodontais, defeitos infra-ósseos e sítios fechados; terapia periodontal não cirúrgica e em sítios cirúrgicos (Spin-Neto, 2008). Na oftalmologia, podem ser utilizados na recuperação de tecidos que passaram por cirurgias intraoculares, com a vantagem de ser biodegradável não precisando ser removido em casos de comprometimento da córnea (Shi & Tan, 2004).

Potencialmente eficaz na absorção e remoção de gordura no organismos, os polímeros diminuem os níveis de triglicerídeos no sangue e o colesterol ao absorver as gorduras. Sua atuação baseia-se na dissolução no sistema digestivo formando um gel de carga positiva; assim, ao entrar em contato com as gorduras ingeridas, que são de carga negativa, formam um complexo que posteriormente é eliminado intacto pelo organismo que não absorve essas gorduras (Streit, 2004).

Em outro caso, para manter a qualidade dos alimentos oferecidos tem-se substituído os aditivos químicos pelos polímeros quitina e quitosana, que apresentam baixa toxicidade, sendo seguras e benéficas para os seres humanos (Fai, 2008). São importantes para manter a qualidade dos alimentos, retardar a perda de água e o amadurecimento, além de não alterar o sabor e ter baixo custo (Maricato,2010). Desse modo, existem algumas aplicações na indústria alimentícia, tais como: clarificação de sucos, aromas, recuperar subprodutos; atuando como agente antimicrobiano, estabilizante, emulsificante e antioxidante (Assis, 2008).

CENÁRIO ATUAL

O Japão e Estados Unidos são considerados os principais países produtores e consumidores desses polímeros, entretanto, outros países já mostraram interesse e passaram a desenvolver pesquisas e produção dos polímeros. No Brasil ainda existem poucas publicações na área.

A produção comercial destes polímeros concentram-se na Polônia, Noruega, Índia e Austrália além de Estados Unidos e Japão. O preço é elevado, cerca de US\$ 7,5/10g, entretanto a produção mundial só vem aumentando a cada ano, em decorrência ao grande potencial de aplicação observado (Streit, 2004). Em virtude da grande

aplicação destes polissacarídeos, considera-os como os materiais do século XXI, isso é dos motivos pelo quais o Japão aplica tantos investimentos em âmbitos científicos e tecnológicos (Danczuk, 2007). Pelas vantagens apresentadas por esses polímeros, tais como: biodegradabilidade, abundância na natureza e menor custo, acreditam-se que estes biopolímeros tomarão o espaço ainda ocupado por outros materiais, e isso em um curto espaço de tempo (Matsui, 2007).

CONCLUSÕES

São inúmeras as vantagens no investimento em pesquisas voltadas aos polímeros quitina e quitosana. Estes polissacarídeos podem ser utilizados em diversas aplicações tecnológicas, tanto as que são conhecidas quanto às quais ainda não estão elucidadas e que ainda necessitam de pesquisas aprofundadas. Outro fator importante a ser observado é que em comparação com outros materiais, estes polímeros apresentam um custo menor de produção, por utilizar materiais mais baratos e não necessariamente importados. Além disso, a disponibilidade de fontes para extração destes polissacarídeos é enorme como se pode observar, facilitando ainda mais sua manipulação. Um fator importantíssimo que não pode ser deixado de lado é o fato da baixa toxicidade apresentada por quitina e quitosana, o que viabiliza ainda mais as pesquisas, na área médica ou alimentícia, por exemplo. Desse modo, os benefícios obtidos a partir da extração, produção e comercialização devem ser levados em conta e as pesquisas devem aumentar a cada dia mais, pois é um potencial que não se pode deixar de lado, e sim ser estudado e aprofundado para trazer soluções para os problemas existentes e melhorar a qualidade de vida das gerações atuais e futuras.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V.S.; NETO, B.B.; SOUSA, W.; CAMPOS-TAKAKI, G.M.A Factorial desing analysis of chitin production by *Cunninghamella elegans*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 11, p. 1042-1045, 2000.
- ANTONINO, N. de A. **Otimização do processo de obtenção de quitina e quitosana de exoesqueletos de camarões oriundo da indústria pesqueira paraibana**. Dissertação (Mestrado) UFPB/CCEN. 88p. : il. – João Pessoa, 2007.

- SHI X. Y.; TAN T. W. New Contact Lens Based on Chitosan/Gelatin Composites”, **Journal of Bioactive and Compatible Polymers**, v. 19, p. 467, 2004.
- BRANGEL, L. M. **Desenvolvimento de hidrogéis a base de quitosana e ácido lactobiónico com adição de nanoelementos**. Instituto de Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.
- DALLAN, P. R. M. **Síntese e caracterização de membranas de quitosana para aplicação na regeneração de pele**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas, SP: [s.n.], 2005.
- DANCZUK, M. **Eletrólitos sólidos poliméricos a base de quitosana**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos. São Carlos, SP: 2007.
- FAI, A. E. C.; STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, T.L.M. Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. Quitosanos em alimentação. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 9, n. 5, p.435-451, 2008.
- FRANCO, L. O.; STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, N.P.; CAMPOS-TAKAKI, G.M. *Cunninghamella elegans* (IFM 46109) como fonte de quitina e quitosana. **Revista Analytica**, n. 54, p. 52-56, 2005.
- FRANCO, L. O.; MAIA, R.C.C.; PORTO, A.L.F.; MESSIAS, A.S.; FUKUSHIMA, K.; CAMPOS-TAKAKI, G.M. Heavy metal biosorption by chitin and chitosan isolated from *Cunninghamella elegans* (IFM 46109). **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 35, n. 3, p. 243-247, 2004.
- JAYAKUMAR, R. PRABAHARAN, M.; SUDHEESH KUMAR P.T.; NAIR, S.V.; TAMURA, H. Biomaterials based on chitin and chitosan in wound dressing applications. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 3, p. 232-335, 2011.
- KUMAR, M.N.V.R. A review of chitin and chitosan applications. **Reactive and functional polymers**. Department of Chemistry, University of Roorkee. Roorkee 247-667, India, 2000.
- MARICATO, E. S. O. **Desenvolvimento de filmes de quitosana insolúveis em meio ácido com atividade antioxidante**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Departamento de Química. Universidade de Aveiro: 2010.
- MATSUI, M. **Correlações entre estrutura química, superestrutura macromolecular e morfologia das blendas e redes poliméricas à base de quitina e poliuretano**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Pós-graduação em engenharia, Área de concentração: Engenharia e Ciências dos materiais, Setor de tecnologia. Curitiba, PR: 2007.
- NITSCHKE, J.; ALTENBACH H.J.; MALOLEPSZY, T.; MÖLLEKEN, H.A new method for the quantification of chitin and chitosanin edible mushrooms. **Carbohydrate research**,v. 346, n. 11, p. 1307-1310, 2011.
- OLIVEIRA, J. L. **Fotodegradação de corantes têxteis e aplicação da quitosana como tratamento terciário destes efluentes**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Química. Departamento de Química - Centro de Ciências Exatas. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2006.
- RINAUDO, M. Chitin and chitosan: Properties and applications. **Progress in polymer science**, Science Direct, 2006.
- SILVA, A. C. **Produção de quitina e quitosana em culturas submersas de *Rhizopus arrhizus* nos meios milhocina e sintético para Mucorales**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco. 97f – Recife, 2007.
- SILVA, H. S. R. C.; SANTOS, K. S. C. R.; FERREIRA, E. I. Quitosana: Derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 776-785, 2006.
- SPIN-NETO, R.; PAVONE, C.; FREITAS, R.M.; MARCANTONIO, R.A.C.; MARCANTONIO-JÚNIOR, E. Biomateriais à base de quitosana com aplicação médica e odontológica: revisão de literatura. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 37, n2, p. 155-161, 2008.

STREIT, F. **Estudo do aproveitamento do bagaço de maçã para produção de quitosana fúngica**. Dissertação (Mestrado) em Engenharia de Alimentos. Florianópolis, 2004.

SYNOWIECKI, J.; AL-KHATTEB, N.A.A.Q. Mycelia of *M. rouxii* as a source of chitin and chitosan. **Food Chemistry**, v.60, n. 4, p. 605-610, 1997.

TOEI, K. e KOHARA, T. A. Conductometric method for colloid titrations. **Analytica Chimica Acta**, v. 83, p. 59-65, 1976.

TORRES, A. A. F. N.; SOUZA, J.M.O.; AMORIM, A.F.V.; LIMA, M.L.M.; ARAÚJO, R.S. Microesferas de quitosana para utilização como sistemas de liberação controlada de fitoterápicos. **IV CONNEPI - Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica**. Belém-PA, 2009.

Recebido: 08/05/2013
Received: 05/08/2013

Aprovado: 29/07/2013
Approved: 07/29/2013