



Ministério da Educação – Brasil  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM  
Minas Gerais – Brasil  
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas  
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM  
ISSN: 2238-6424  
QUALIS/CAPES – LATINDEX  
Nº. 08 – Ano IV – 10/2015  
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

## **Taxa de Permeabilidade ao Vapor D'água: Influência da concentração de solução de quitosana aplicada como revestimento em folhas de papel Kraft.**

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Arlete Barbosa dos Reis  
Doutora em Engenharia Química pela UNICAMP  
Universidade Estadual de Campinas - Campinas/SP – Brasil  
Docente da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Campus JK - Diamantina/MG  
<http://lattes.cnpq.br/0225518466080582>  
E-mail: [arlete.reis@ict.ufvjm.edu.br](mailto:arlete.reis@ict.ufvjm.edu.br)

MSc. Ana Paula Reis Noletto  
Pesquisadora do CETEA/ITAL (Centro de Tecnologia de Embalagens para  
Alimentos/Instituto de Tecnologia de Alimentos)  
Mestre em Engenharia Civil pela UNICAMP  
Universidade Estadual de Campinas - Campinas/SP – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6323694547551707>  
E-mail: [anapaula@ital.sp.gov.br](mailto:anapaula@ital.sp.gov.br)

**Resumo:** Folhas de papel Kraft pardo foram revestidas com solução aquosa contendo 4,0% de quitosana (em massa). A quitosana é um polímero proveniente do aproveitamento de resíduo da indústria pesqueira e caracteriza-se por sua capacidade de formar filmes com propriedades antimicrobianas. O presente artigo investigou como a aplicação da solução filmogênica de quitosana pode influenciar na Taxa de Permeabilidade ao Vapor D'Água (TPVA) de materiais celulósicos. Para tanto, a solução de quitosana foi aplicada sobre o papel Kraft obtendo-se duas diferentes amostras, contendo respectivamente, teor de sólidos totais de 4 g/m<sup>2</sup> e 9 g/m<sup>2</sup>, que, por se tratarem de amostras revestidas com diferentes extensores (de 80 e 150 µm), foram intituladas: K80 e K150, respectivamente. Os resultados de TPVA obtidos para as amostras K80 e K150 apresentaram redução da TPVA na ordem de

34% e 35%, respectivamente, quando comparados ao papel controle (Kraft sem revestimento) e demonstraram que, para as gramaturas de revestimento avaliadas, não houve diferença significativa entre os resultados da TPVA.

**Palavras-chave:** Quitosana. Papel Kraft. Revestimento. Biopolímero.

## **Introdução**

O papel Kraft é amplamente utilizado na composição de embalagens, entre elas, sacarias multifoliadas e caixas de papelão ondulado. As propriedades físico-mecânicas, que tornam esse material interessante para o mercado de embalagens são, entre outras, sua elevada resistência a tração e ao rasgo obtidos principalmente pela presença de fibras celulósicas curtas e longas em sua composição.

Para ampliar o uso do papel Kraft em novos setores de embalagens, o mercado tem utilizado o recurso de revestir esse material com *coatings* que possam lhe conferir outras propriedades, como por exemplo, barreira ao vapor de água. Dentre os materiais utilizados o mais comum é o PEBD (Polietileno de Baixa Densidade) que é extrusado sobre o papel.

O desenvolvimento de novas opções de revestimentos à base de proteínas ou polissacarídeos têm se tornado foco de estudos devido a sua possibilidade de substituição parcial aos polímeros oriundos do petróleo que não são de fonte renovável.

Tal substituição pode ser alcançada com o uso de polímeros naturais com capacidade de formar coberturas capazes de envolver o produto a ser exposto ao consumidor, aumentando o tempo de vida de prateleira, mantendo suas características essenciais, como por exemplo, a quitosana.

A quitosana é um derivado da quitina, polissacarídeo proveniente do aproveitamento de resíduo da indústria pesqueira (cascas de camarões, carapaças de caranguejos). Classificada como biomassa, a quitosana é uma fonte de matéria prima relativamente barata e renovável, podendo ser utilizada para o desenvolvimento de novos materiais e produtos. No entanto sua produção depende do emprego de processos físicos e químicos que demandam energia e geram resíduos que devem ser considerados (Cardoso et al, 2008).

Uma das características da quitosana é sua capacidade de formar filmes com propriedades antimicrobianas e com excelente barreira ao oxigênio quando em

condições de baixa umidade (Gallstedt et al, 2006). Além dessas aplicações, estudos que vêm sendo desenvolvidos, para a aplicação de quitosana em papel, com o objetivo de melhoria do desempenho físico-mecânico do material e um efeito secundário dessa aplicação é o incremento da barreira ao vapor de água do papel revestido (Liu et al, 2004).

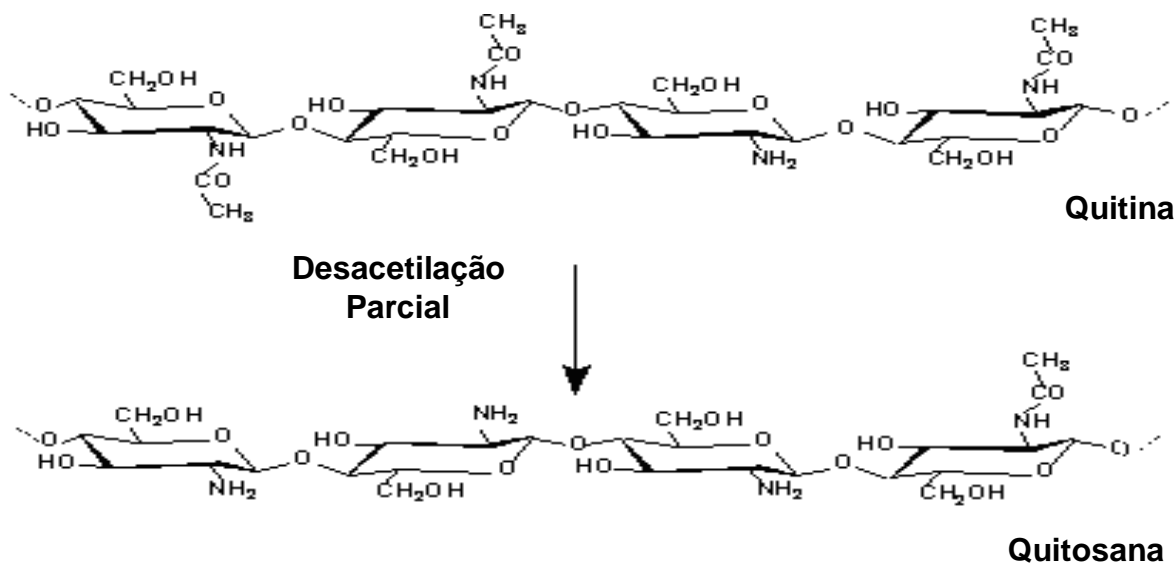
Produtos sensíveis ao ganho de umidade como alimentos, medicamentos e detergentes em pó que podem aglomerar ou biscoitos e *snacks* que podem perder crocância devido ao aumento de seu teor de umidade devem ser acondicionados em embalagens que proporcionem uma barreira à passagem de vapor d'água. Essa característica de barreira pode ser determinada através da obtenção da taxa de permeabilidade ao vapor d'água do material de embalagem.

O presente trabalho teve como objetivo investigar como a aplicação de solução de quitosana (4 g/m<sup>2</sup> e 9 g/m<sup>2</sup>) influenciou na taxa de permeabilidade ao vapor de água de uma amostra de papel Kraft.

## **Revisão Bibliográfica**

### **Quitina e Quitosana**

A quitina, precursora da quitosana, é uma fibra natural abundante na natureza, sendo o principal componente estrutural do exoesqueleto de invertebrados e da parede celular de fungos (Shahidi et al., 1999). É constituída por uma seqüência linear de açúcares monoméricos  $\beta$ -(1→4)2-acetoamido-2-deoxi-D-glicose (N-acetilglucosamina) e glucosamina, cuja desacetilação resulta em polímero com menor fração de acetilação denominado “quitosana” (Figura 1). Para diferenciar os dois biopolímeros, costuma-se definir como quitosana o polímero que é solúvel em solução de ácido acético 1% e com  $F_A$  (fração molar de N-acetilglucosamina) abaixo de 40%. Compreende-se geralmente que a quitina é um polímero pertencente a um grupo de GlcNAc (Glucosamina acetilada), e a quitosana pertence ao grupo GlcN, porém não acetilada.



**Figura 1:** Processo de desacetilação da quitina.

Outros termos às vezes também são confundidos na literatura, tais como o grau de acetilação (DA), grau de desacetilação (DD ou DDA) e fração residual acetilada ( $F_A$ ), por sua solubilidade em solução aquosa de ácido acético (1%). Assim, se o polímero contém GlcNAc em valores até 40% ou seja,  $F_A=0,4$ , é solúvel em ácido acético 1% (v/v), logo, é denominado “quitosana”, ao passo que, a quitina retirada da cutícula de insetos pode ser acetilada em até 100% ou  $F_A=1,0$ . A quitosana é produzida seguindo uma seqüência de processos tais como: desproteinização, desmineralização e desacetilação. Seu peso molar depende das condições do processo de desacetilação (Peter, 2002).

A quitosana é um polissacarídeo que exibe numerosas propriedades físico-químicas e biológicas, encontrando aplicações em diferentes campos: agricultura, cosméticos, alimentos, bioadesivos, filmes ou coberturas, hidrogéis, micropartículas e outros (Dodane et al., 1999), devido à sua biocompatibilidade, biodegradabilidade e bioatividade (Peter, 2002). A importância da quitosana consiste em suas propriedades antimicrobianas, inibição do desenvolvimento de alguns fungos, leveduras e bactérias, na característica catiônica e a capacidade de formar filmes ou coberturas (Bégin & Calsteren, 1999).

## **Coberturas/Revestimentos de Embalagens**

As coberturas e/ou revestimentos podem ser produzidas a partir de polímeros sintéticos, polímeros naturais (polissacarídeos, lipídios, proteínas) e outros. Filmes ou coberturas são classificados como uma camada fina ou película que envolve o produto com a finalidade de protegê-lo contra agentes agressores. As coberturas de material plástico transformaram-se em uma parte integrante do cotidiano devido às inúmeras vantagens. Embora sejam práticos e flexíveis, devido a praticidade e flexibilidade no entanto, devido a sua baixa biodegradabilidade, as coberturas plásticas se acumulam na natureza e são depositados em aterros sanitários municipais contabilizando um desperdício contínuo, tendo por resultado sérios problemas ambientais, uma vez que são facilmente degradados pelos microrganismos (Srinivasa et al., 2002).

De um modo geral, as coberturas devem manter a integridade do produto durante o manuseio, embalagem e transporte, sendo necessário que apresentem resistência mecânica e capacidade de deformação. As principais propriedades mecânicas das coberturas são a tensão na ruptura, estabilidade a mudanças de temperatura, resistência em diferentes condições ambiente e em situações com aplicação de força física (Debeaufort et al., 1998; Guilbert, 1986).

Coberturas compostas por celulose, amido, quitosana e proteínas (zeína do milho, proteínas do soro de leite, colágeno e outros) visam estender a vida útil e melhorar a qualidade de alimentos congelados e fabricados, além de serem úteis como alternativa às coberturas de polímeros sintéticos (Srinivasa et al., 2003).

## **Coberturas/Revestimentos de Quitosana**

Soluções aquosas ácidas de quitina formam filmes ou coberturas de quitosana, podendo ser usado para revestimento de superfícies (Muzzarelli, 2001). A formação das coberturas de quitosana é influenciada pelo pH, força iônica, tipo de solvente (ácido), adição de plastificante, sendo estas, variáveis controladas de acordo com as propriedades mecânicas e porosidade desejadas (Arvanitoyannis et al., 1998).

As coberturas de quitosana possuem boas propriedades mecânicas, entre as quais se destacam elasticidade, flexibilidade e difícil rompimento (Butler et al., 1996). Alguns autores as classificaram como antimicrobianas considerando-as como embalagens ativas por protegerem a superfície do produto (Chen et al., 1996). A presença de água neste polímero influencia no mecanismo de difusão. (Despond et al., 2001), destacando sua baixa barreira ao vapor d'água, resultado de sua natureza hidrofílica (Yang & Paulson, 2000).

Uma das propriedades interessantes do polímero quitosana é a capacidade de formar películas. Estudos comprovam que as películas de quitosana são excelentes barreiras ao  $O_2$ , quando comparadas com polímeros comerciais (Agulló et al, 2004).

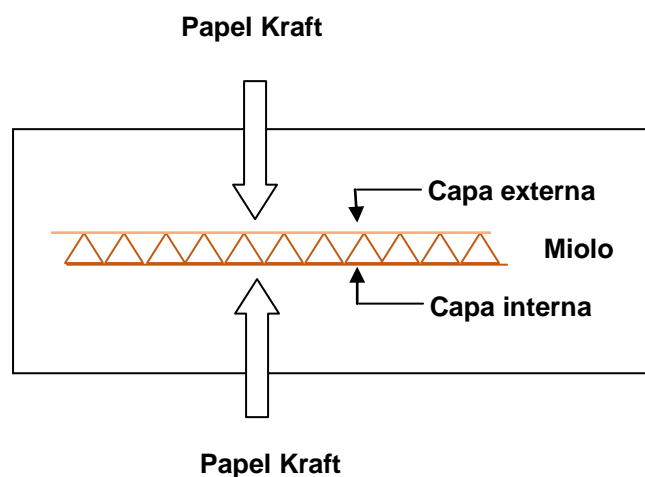
Kittur et al. (1998) estudaram a permeabilidade ao vapor d'água de coberturas de quitosana e concluíram que os valores moderados podiam ser explorados para aumentar o tempo de armazenagem de produtos alimentícios frescos com valores mais elevados de atividade de água ( $a_w$ ). A propriedade de barreira ao vapor d'água pode ser aumentada quando outros compostos são adicionados à solução filmogênica do polímero quitosana. Suyama et al. (2004) estudaram a permeabilidade ao vapor d'água de coberturas de quitosana, aos quais foram adicionados PLA (ácido polilático) em concentração de 10% (em massa) obtendo uma redução da ordem de 20-30% na permeabilidade ao vapor d'água.

## **Embalagens Celulósicas**

Um aumento na consciência ambiental do consumidor tem como resultado uma maior demanda pela substituição de embalagens sintéticas por materiais recicláveis e biodegradáveis. Diferentes materiais recicláveis vêm sendo estudados, mas poucos estão sendo comercializados. As embalagens recicláveis mais utilizadas são as obtidas a partir da celulose, incluindo papelão, papel e cartões (Gällsted & Hendenqvist, 2006).

O papel consiste em uma matriz de fibras de celulose interligadas por ligações de hidrogênio entre grupos hidroxilas nas fibras adjacentes. O tamanho e espessura das fibras variam em função da matéria-prima, do processo de polpeamento e do objetivo da aplicação (embalagem ou papel). A matriz celulósica

apresenta porosidade, geralmente reduzida pela incorporação de minerais (Johnston *et al.*, 2005). Em virtude da elevada higroscopicidade, o papel absorve umidade do ambiente, podendo causar perda das propriedades mecânicas originais. Para minimizar este problema, diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas com foco na impregnação de materiais não-higroscópicos e biodegradáveis (Narayan *et al.*, 1999). O desenvolvimento de materiais compostos, papelpolímero, pode combinar suas propriedades distintas (Johnston *et al.*, 2005) A produção de embalagens de papelão ondulado mostrou um rápido crescimento, acompanhando a revolução industrial e respondendo à elevação da demanda por mais embalagens de transporte, caminhando paralelamente às atividades econômicas. O papelão ondulado é produzido comercialmente em chapas, confeccionadas com papel Kraft, formando uma espécie de sanduíche, constituído de uma capa externa, capa interna e miolo (Figura 2).



**Figura 2** - Chapas de papelão ondulado composta por folhas de papel Kraft

### **Papel Kraft**

A embalagem de papelão ondulado protege o produto durante a movimentação, transporte, armazenagem e possibilita a exposição em sua própria embalagem de transporte. Dentro da produção anual de papel ondulado (35,9% do total, a maior fatia do mercado, é direcionada aos produtos alimentícios, obrigando o setor a investir em tecnologia e qualidade. No setor alimentício as embalagens são fundamentais em sua modernização pelas vantagens sanitárias, proteção aos produtos, redução de custos e facilidades de transporte. Embalagens adequadas agregam valor aos produtos, ampliam a segurança alimentar e beneficiam



produtores, atacadistas, varejistas e consumidores, que recebem produtos de maior qualidade (Peres, 2004). Outro fator de considerável importância é o custo da embalagem, deve-se evidenciar a diferença entre o preço da embalagem e o custo total do sistema em que está sendo usada.

O papel Kraft, por exemplo, é usado como material de embalagem devido ao baixo custo, elevada resistência mecânica ao rasgo e às forças de tensão, propriedades estas explicadas pelas fibras longas da celulose (Barroti, 1988).

A folha de papelão é composta por camadas de papel, por exemplo, Kraft, com cruzamento entre as fibras de celulose. Alguns autores visam aumentar essa ligação como, por exemplo, Kamel *et al.* (2004) avaliaram o efeito da adição de polímeros naturais na confecção de folhas de papel, concluindo que a quitosana era compatível com a fibra de celulose contendo grupos funcionais capazes de formar ligações iônicas ou hidrofóbicas com a superfície da fibra do papel. (Despond *et al.* (2005) concluíram que a baixa barreira à gases de papel pergaminho foi melhorada com a aplicação de uma camada de filme de quitosana (8%, em massa) de baixa massa molar, apresentando melhor eficiência em condições de baixa umidade relativa. A característica hidrofílica do sistema evidenciada pela quitosana foi reduzida pela aplicação de uma nova camada no sistema, de cera de carnaúba.

A eficiência de caixas de papelão com superfície superior revestida com filme de quitosana foi comparada com outras revestidas com filme de polietileno de baixa densidade, para armazenamento de mangas. Os sistemas foram mantidos a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 65%. Nas caixas de papelão com superfície superior revestida com polietileno de baixa densidade, após 9 dias de armazenamento, os frutos mostraram a ausência de sabor devido a fermentação e ao crescimento de fungos, ao passo que as mangas armazenadas em caixas de papelão com superfície superior revestida com filme de quitosana tiveram vida de prateleira aumentada em até 18 dias sem nenhum crescimento de microrganismos (Scrivasa *et al.*, 2003). Wieczoreck & Mucha (1997) estudaram a aplicação de uma solução de quitosana com grau de desacetilação igual a 86% em folhas de papel Canson (marca CO, France) e observaram aumento na resistência de propriedades mecânicas (tensão na ruptura e alongamento). O mesmo resultado foi obtido por Kamel *et al.* (2004), ao mergulhar folhas de papel em solução de quitosana, observando aumento na tensão na ruptura e no fator de rasgamento, resultados atribuídos ao maior número de



ligações interfibras e a compatibilidade entre a quitosana e as fibras das folhas de papel. Matsui *et al.* (2004) não encontraram diferenças estatisticamente significativas em papel Kraft revestido e não-revestido com acetato de amido. Resultados semelhantes foram obtidos por Bordenave *et al.* (2007) e Kjellren *et al.* (2006), para o papel revestido com quitosana e com ligeira redução do Módulo Young.

O papel Kraft é obtido a partir de polpa de madeira feita por processo químico sulfato. Possuindo cor marrom característica, esse tipo de papel é largamente utilizado em envoltórios, sacos multifoliados, caixas de papelão ondulado e fitas de papel gomado. A aplicação de revestimentos em papel Kraft para embalagens possibilita uma maior diversidade de sua aplicação.

Revestimentos com características hidrofóbicas reduzem a capacidade de absorção de água do papel e, conseqüentemente, reduzem a permeabilidade ao vapor de d'água do material. Como exemplos de revestimentos hidrofóbicos, podemos citar: parafinas, polietilenos de baixa densidade e poliésteres (PET) que têm sido amplamente aplicados em papel Kraft (Rhim *et al.*, 2007), (Gallstedt *et al.*, 2005).

A quitina é um polissacarídeo encontrado abundantemente em animais invertebrados e vários fungos. Através de sua desacetilação obtêm-se a quitosana. A quitosana vem sendo estudada como aditivo em sistemas de fabricação de papel para aumentar sua resistência, observando a sua compatibilidade. Ao ser aplicada, a quitosana é completamente adsorvida na superfície das fibras celulósicas e a adsorção aumenta proporcionalmente com a presença de grupos amino catiônicos. Este fenômeno foi associado às interações eletrostáticas entre a quitosana e a polpa aniônica da celulose. Mucha & Miskiewicz ( Mucha & Miskiewicz, 2000) observaram que blendas de quitosana, polivinilálcool (PVA) e amido gelatinizado, aplicadas como enchimento na fabricação de papel, levaram ao aumento na resistência também associada às interações iônicas (Liu *et al.*, 2004).

Caracterizada como um polímero hidrofílico, a quitosana não apresenta uma barreira eficiente à umidade. Polímeros hidrofílicos contêm grupos polares que permitem a formação de pontes de hidrogênio, absorvendo água do ambiente assim a presença de vapor d'água na matriz polimérica altera a permeação de gases, onde uma alta sorção de água provoca maior taxa de permeação, uma vez que a molécula de água atua como plastificante na matriz filmogênica e aumenta o volume

livre do polímero (Kim et al, 2001). Por outro lado, a solução filmogênica de quitosana quando aplicada às folhas de papel Kraft, apresentou redução da TPVA (Tabela 2), o que indica a possibilidade de que a junção papel+quitosana tenha atuado como uma barreira, impedindo que a umidade permeie o interior das embalagens.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material**

Para a realização desse estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- Quitosana (Primex, lote TM 2227, Islândia.);
- Ácido acético (Synth, Brasil);
- Folhas de papel Kraft (200g/m<sup>2</sup>), fornecidas pela empresa Klabin S/A;
- barras extensoras de 80µm (TKB Ericken, Brasil);
- barras extensoras de 150µm (TKB Ericken, Brasil).

### **Métodos**

#### **Caracterização da quitosana**

A quitosana foi caracterizada quanto à massa molecular, por cromatografia de permeação em gel no cromatógrafo Viscotek modelo VE7510 e injetor Rheodyne modelo 7715i com 3 detetores: viscosidade, índice de refração e SEC-RALLS ANGLE da Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP- Universidade Estadual de Campinas, utilizando duas colunas Ultrahydrogel Linear (7,8 x 300 mm) da Waters. A massa molar determinada (Mw) foi 171.492 g/mol. O grau de acetilação foi fornecido pelo fabricante (GA =18%).

#### **Preparo da solução filmogênica**

A solução filmogênica foi obtida pela dispersão de quitosana (4,0%, em massa) em solução aquosa ácida, sob agitação contínua (agitador magnético) por 60 minutos em temperatura ambiente. A quantidade de ácido acético foi calculada estequiometricamente, considerando o grau de acetilação (18%) e a massa de quitosana, sendo o suficiente para protonar todos os grupos NH<sub>2</sub> evitando o excesso

de ácido acético. Após a solubilização total da quitosana, a solução foi distribuída em suportes planos, placas plásticas Petri (diâmetro=7cm), para a etapa posterior de secagem em condições ambiente de temperatura e umidade relativa. Os filmes de quitosana foram obtidos somente para verificar a formação da matriz.

### **Revestimento das folhas de papel Kraft**

Folhas de papel Kraft (200g/m<sup>2</sup>), fornecidas pela empresa Klabin S/A, foram fixadas em suportes metálicos de secagem e, em seguida, 6mL da solução filmogênica foram distribuídos sobre as folhas e espalhada com o auxílio de duas barras extensoras de 80µm e 150µm (TKB Ericken, Brasil) formando duas amostras diferentes.

### **Secagem das folhas de papel Kraft**

A secagem consistiu na exposição das amostras em estufa à alta temperatura (200°C) e curtos períodos de tempo (1 minuto).

### **Análise de espessura**

A análise de espessura foi baseada nas normas NBR NM ISO 6738 (ABNT, 2001). As amostras foram cortadas em 10 x 10 cm e medidas por micrômetro (Mitutoyo, Japão-modelo 293-240). Foram utilizados 20 corpos-de-prova para a determinação e os resultados foram expressos em µm.

### **Análise de gramatura**

A análise de gramatura foi baseada nas normas ASTM D646-96 (ASTM, 1997) e NBR NM ISO 536 (ABNT, 2000), este ensaio avalia a massa por área de papel. As amostras foram cortadas em 10 x 10 cm e foram pesadas, obtendo-se a resposta em g/cm<sup>2</sup>. Foram utilizados 20 corpos-de-prova para cada determinação.

### **Análise da Taxa de Permeabilidade ao Vapor D'Água - TPVA**

A taxa de permeabilidade ao vapor d'água foi determinada conforme a norma ASTM E96/E96M-05 (ASTM, 2005), que corresponde à técnica gravimétrica, onde os corpos-de-prova foram fixados na parte superior de cápsulas de alumínio contendo um material higroscópico (carbonato de cálcio) que após um processo de vedação com material hidrofóbico, os sistemas foram acondicionados em câmara com temperatura e umidade relativa controladas (23±2°C e 75±2% UR). O ganho de peso

foi acompanhado por pesagens periódicas e, com o aumento de peso do material higroscópico, obteve-se a taxa de permeabilidade ao vapor d'água. Os resultados foram expressos em (gáguia/m<sup>2</sup>.dia) e calculados de acordo com a equação 1. Foram utilizados 5 repetições e um branco.

$$TPVA = \frac{\Delta m}{\Delta t} \times \frac{1}{A} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

TPVA = taxa de permeabilidade ao vapor d'água (gáguia/m<sup>2</sup>.dia).

$\Delta m$  = massa de água absorvida pelo material higroscópico no tempo "t" (g).

A = área de corpo-de-prova exposta (m<sup>2</sup>).

$\Delta t$  = tempo de permeação (dias).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Identificação das amostras

Para melhor visualização das amostras, foram criadas nomenclaturas distintas. Assim sendo, as amostras de papel Kraft revestidas com solução de quitosana (4% em massa), foram diferenciadas pela utilização de extensores de 80  $\mu\text{m}$  e 150  $\mu\text{m}$ , o que resultou nas diferentes gramaturas de revestimento: 4 g/m<sup>2</sup> e 9 g/m<sup>2</sup>, respectivamente. As amostras que foram revestidas com extensor de 80 $\mu\text{m}$ , correspondem a 4 gramas de sólidos por m<sup>2</sup> de área revestida, e estas foram intituladas como amostras K80. As amostras que foram revestidas com extensor de 150 $\mu\text{m}$ , correspondem a 9 gramas de sólidos por m<sup>2</sup> de área revestida, e estas foram intituladas como amostras K150 (Tabela 1).

**TABELA 1. Identificação das amostras**

<b>Amostras</b>	<b>Nomenclatura</b>
Papel Kraft sem revestimento	KSR
Papel Kraft revestido (extensor de 80 $\mu\text{m}$ )	K80
Papel Kraft revestido (extensor de 150 $\mu\text{m}$ )	K150

### Análise de espessura

A análise de espessura foi realizada nas folhas de papel Kraft revestidas com solução de quitosana 4% (em massa), nas amostras K80 e K150, com teor de sólidos totais de 4,00g/m<sup>2</sup> e 9,00g/m<sup>2</sup>, respectivamente, ambas em comparativo com o sistema de embalagem KSR conforme ilustra a Tabela 2.

**TABELA 2 – Análise de espessura**

Amostras	Espessura (µm)
KSR	0,290 ± 0,008 <sup>a</sup>
K80	0,295 ± 0,006 <sup>a</sup>
K150	0,296 ± 0,011 <sup>a</sup>

*\*Nota: letras diferentes (a-b) na mesma coluna representam diferença significativa (p>0,05) entre as médias obtidas pelo teste de Tukey; \*DP: Desvio Padrão.*

Conforme resultados apresentados na Tabela 2 e, de acordo com o teste de Tukey, é possível concluir que não houveram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras KSR, K80 e K150.

### Análise de gramatura

A análise de gramatura foi realizada nas folhas de papel Kraft revestidas com solução de quitosana 4% (em massa), nas amostras K80 e K150, com teor de sólidos totais de 4g/m<sup>2</sup> e 9g/m<sup>2</sup>, respectivamente, ambas em comparativo com o sistema de embalagem KSR conforme ilustra a Tabela 3.

**TABELA 3 – Análise de gramatura**

Amostras	Gramatura (g/m <sup>2</sup> )
KSR	206,03 ± 3,00 <sup>a</sup>
K80	210,41 ± 3,49 <sup>a</sup>
K150	215,03 ± 4,19 <sup>a</sup>

*\*Nota: letras diferentes (a-b) na mesma coluna representam diferença significativa (p>0,05) entre as médias obtidas pelo teste de Tukey; \*DP: Desvio Padrão.*

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram o incremento de gramatura

das amostras onde, de acordo com o teste de Tukey foi possível observar que as amostras não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para as amostras K80 e K150, respectivamente, ambas em relação à amostras KSR.

### **Análise da Taxa de Permeabilidade ao Vapor D'Água - TPVA**

A análise de TPVA foi realizada nas folhas de papel Kraft revestidas com solução de quitosana 4% (em massa), nas amostras K80 e K150, com teor de sólidos totais de 4g/m<sup>2</sup> e 9g/m<sup>2</sup>, respectivamente, ambas em comparativo com o sistema de embalagem KSR conforme ilustra a Tabela 4.

**TABELA 4. Análise de TPVA**

Amostras	TPVA (g água/(m <sup>2</sup> .dia))		
	Média	Intervalo de Variação	CV(%)
KSR	1074 <sup>a</sup>	1011 – 1134	4,8
K80	703 <sup>b</sup>	645 – 765	6,5
K150	713 <sup>b</sup>	601 – 778	9,4

*Nota: letras diferentes (a-b) na mesma coluna representam diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as médias obtidas pelo teste de Tukey*

*Resultados referentes a 5 determinações*

*CV: coeficiente de variação = (desvio padrão/média) x 100*

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que a aplicação de revestimento de quitosana proporcionou um incremento significativo, da ordem de 33,62% e 34,55% na barreira ao vapor de água oferecida pelas amostras K150 e K80, respectivamente, quando comparado ao papel sem revestimento.

Entre as amostras de K80 e K150 não houveram diferenças estatisticamente significativas da TPVA mostrando que, para a concentração utilizada de quitosana (4%), o aumento no teor de sólidos aplicados não proporcionou melhoria de barreira ao vapor de água.

## **CONCLUSÕES**

O revestimento a base de quitosana aplicado sobre as folhas de papel Kraft apresentaram diferenças estatisticamente significativas quando comparadas entre si após realizada a análise de gramatura .

A amostra de papel Kraft sem revestimento, intitulada KSR apresentou valor máximo de TPVA igual a 1074g água/m<sup>2</sup>dia e, as amostras revestidas com solução de quitosana, apresentaram TPVA igual a 703g água/m<sup>2</sup>dia e 713g água/m<sup>2</sup>dia intituladas, K80 e K150, respectivamente.

Com a realização do presente estudo, foi possível concluir que houve redução da TPVA nas amostras K80 e K150, tal redução foi da ordem de 34,55% e 33,63%, respectivamente, quando comparadas às amostras KSR.

Dessa forma, pode-se também concluir que, o aumento do teor de sólidos na solução de quitosana, aplicada como revestimento, nas amostras K80 e K150 não influenciou na redução da TPVA das amostras com revestimento contendo teor de sólidos igual a 4g/m<sup>2</sup> e 9g/m<sup>2</sup>, respectivamente.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Fapesp, CNPq, CAPES, pelo suporte financeiro e ao CETEA/ITAL.



## REFERÊNCIAS

AGULLÓ, E.; RODRÍGUEZ M. S.; MATO, R.; TAPIA, C.; VALENZUELA, F.; PENICHE, C.; CABALLERO, Á.H.; ROMÁN, J.S.; ARGÜELLES, W.; GOYCOOLEA, F.; HIGUERA, I.; NAKAMATSU, J.; MAYORGA, A.; ABRAM, A.P. Quitina y Quitosano: obtención, caracterización y aplicaciones. Editora: Ana Pastor de Abram Pontificia Universidad Católica del Perú/Fondo Editorial, 2004.

ARVANITTOYANNIS, I.; NAKAYAMA, A. E AIBA, S. Chitosan and gelatin based edible films: state diagrams, mechanical and permeation properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 37, p. 371-382, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Papel e cartão – **ABNT. NBR NM-ISO 6738** – Determinação da espessura, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Papel e cartão – **ABNT NBR NM-ISO 536** – Determinação da gramatura, 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **Standard test method for water vapor transmission of materials. ASTM E 96-05**. Philadelphia, ASTM, 2005. 8p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM Book of Standards, Philadelphia, PA. **ASTM E96/E 96M-05**. Standard Test Methods for water vapor transmission of materials, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM Book of Standards, Philadelphia, PA. **ASTM D646-96** - Standard test method for grammage of paper and paperboard (weight per unit area), 1997.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM Book of Standards, Philadelphia, PA. **ASTM D 685-93**- Conditioning paper and paper products for testing, 1997.

BÉGIN A. E; CALSTEREN, M-R.V. Antimicrobial films produced from chitosan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 26, p. 63-67, 1999.

BUTLER, B. L. ; VERGANO, P. J. ; TESTIN, R. F. ; BUNN, J. M. E WILES, J. L. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v.61, n.5, p. 953-955, 1996.

BARROTI, S.L.B. Celulose e Papel – tecnologia de Fabricação do Papel-**Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT)**, p. 848-849, 1988.

BORDENAVE, N.; GRELIER, S.; PICHAVENT, F.; COMA, V. Water and moisture susceptibility of chitosan and paper-based materials: Structure-property relationships. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 55, n.23, p. 9479-9488, 2007.

CARDOSO, Márcia B. **Contribuição ao estudo da reação de desacetilação de quitina**: estudos da desacetilação assistida por ultra-som de alta potência. 2008. 48 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

CHEN, M-C.; YEH, G.H-C.; CHIANG, B-H. Antimicrobial and physicochemical properties of methyl cellulose and chitosan films containing a preservative. **Journal of Food Processing and Preservation**. Trumbull, v.20, p. 379-390 , 1996.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J.A . E VOILLEY, A . Edible films and coating: tomorrow's packagings: a review . **Critical reviews in Food Science and nutrition**, Boca Raton, v.38, n.4, p. 299-313, 1998.

DESPOND, S., ESPUCHE, E., CARTIER, N., DOMARD, A. Barrier properties of paperchitosan and paper-chitosan-carnauba wax films. **Journal of Applied Polymer Science**, v.98, p.704-710, 2005.

DESPOND, S.; ESPUCHE, E.; DOMARD, A. Water sorption and permeation in Chitosan films : Relation between gás and permeation and reactive humidity. **Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics**, v.39, p. 3114-3127, 2001.

DODANE, V.; KHAN, M. A; MERWIN, J.R. Effect of chitosan on epithelial permeability and structure. **International Journal of Pharmaceutics**, v.182, n.1, p. 21-32, 1999.

GUILBERT, S. Technology and application of edible protective films. In: MATHLOUTHI, M. **Food Packaging and Preservation: Theory and practice**. London: Elsevier H. Science Publishers, p. 371-395, 1986.

GÄLLSTEDT, M.; BROTTMAN, A.; HEDENQVIST, M.S. Packaging-related properties of protein- and chitosan-coated paper. **Packaging Technology and Science**, 18, pp 161-170, 2005.

GALLSTEDT, M.; HEDENQUIST, M.S. Packaging-related mechanical and barrier properties of pulp-fiber-chitosan sheets. **Carbohydrate Polymers**, v.63, p. 46-53, 2006.

JOHNSTON, J.H., MORAES, J., BORRMANN, T. Conducting polymer on paper fibres. **Synthetic Metals**, v.153, p. 65-68, 2005.

KAMEL, S.; EL-SAKHAWY, M. NANDA, A.M.A. Mechanical properties of the paper sheets treated with different polymers. **Thermochimica Acta**, v.421, n.1-2, p. 81-85, 2004.

KIM, S-J.; USTUNOL, Z. Solubility and moisture sorption isotherms of whey-protein-based edible films as influenced by lipid and plasticizer incorporation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington**, v. 49, n.9, p. 4388-4391, 2001 b.

KJELLGREN, H.; GÄLLSTEDT, M.; ENGSTRÖM, G.; JÄRNSTRÖM, L. Barrier and surface properties of chitosan-coated greaseproof paper. **Carbohydrate Polymers**, v.65, p. 453-460, 2006.

KITTUR, F. S.; KUMAR, K. R.; THARANATHAN, R.N. Funcional packaging properties of chitosan films, **Z. Lebensm Unters Forsch A**. v.206, p. 44-47, 1998.

LIU, X.D.; DU, Y.; XU, Y. Adsorption and complexation of chitosan wet-end additives in papermaking systems. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 91, p. 2642-2648, 2004.

MATSUI, K.N.; LOROTONDA, F.D.S.; PAES, S.S.; LUIZ, D.B.;PIRES, A.T.N. LAURINDO, J.B. Cassava bagasse-Kraft paper composites: Analysis of influence of impregnation with starch acetate on tensile strength and water absorption properties. **Carbohydrate Polymers**, v.55, p. 237-243, 2004.

MUCHA, M.; MISKIEWICZ, D. Chitosan blends as fillers for paper. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 77, p. 3210-3215, 2000.

MUZZARELLI, R. A. A.; BIAGINI, A.; MENGUCCI, P.; MAJNI, G.; TOSI, G. Chitosan-oxychitin coatings for prosthetic materials. **Carbohydrate Polymers**, v. 45, p. 35-41, 2001.

NARAYAN, R.; BLOEMBERGEN, S.; LATHIA, A. **US Patent nº 5,869,647**. Method of preparing biodegradable modified-starch moldable products and films, 1999.

PERES, P.S. Vendas de Papelão ondulado acumula crescimento de 1,4% até setembro. **www.abpo.org.br**, 2004. acessado em 18.10.2008.

PETER, M. G. chitin and chitosan from animal sources. In: Biopolymers, Polyssaccharides II: Polissaccharides from Eukaryotes, (A. Steinbüchel series ed.; E.J. Vandamme, S. De Baets and A. Steinbüchel volume eds), v.6, p. 481-574. **Weinheim: Wiley-VCH**, 2002a.

PETER, M. G. Chitin and chitosan in Fungi . In: Biopolymers, Polyssaccharides II: Polissaccharides from Eukaryotes, (A. Steinbüchel series ed.; E.J. Vandamme, S. De Baets and A. Steinbüchel volume eds), v.6, p. 123-157. **Weinheim: Wiley-VCH**, 2002b.

RHIM, J.W.; LEE, J.H.; HONG, S.I. Increase Water Resistance Paperboard by Coating with poly(lactide). **Packaging Technology and Science**, v.20, p.393-402, 2007.

SCRINIVASA, P.C.; BASKARAN, R.; RAMESH, M.N.; PRASHANTH, K.V. H.; THARANATHAN, R.N. Storage studies of mango packed using biodegradable chitosan film,. Eur. **Food Res. Technol**, v.215, p.504-508, 2002.

SCRINIVASA, P.C.; RAMESH, M.N.; KUMAR, K.R.; THARANATHAN, R.N. Properties of chitosan films prepared under different drying conditions. **Journal of Food Engineering**, 2003.

SHAHIDI, F.; ARACHCHI, J.K.V.; JEON, Y.J. Food applications of chitin and chitosans. **Trends in Food Science and Technology**, v.10, n.2, p.37-51, 1999.

YANG, L. & PAULSON, A . T. Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. **Food Research International**, v. 33, p. 563-570, 2000.

WIECZOREK, A .; MUCHA, M. Application of chitin derivatives and their composites to biodegradable paper coatings. Faculty of process and environmental engineering. **Technical University of Wólezanska**, p. 890-896, 1997.

Texto científico recebido em: 07/10/2015

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - [www.ufvjm.edu.br/vozes](http://www.ufvjm.edu.br/vozes) em: 24/11/2015

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

[www.ufvjm.edu.br/vozes](http://www.ufvjm.edu.br/vozes)

[www.facebook.com/revistavozesdosvales](https://www.facebook.com/revistavozesdosvales)

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424

Periódico Científico Eletrônico divulgado nos programas brasileiros *Stricto Sensu*

(Mestrados e Doutorados) e em universidades de 38 países,

em diversas áreas do conhecimento.