



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

PAULA JOSIELEN DOS SANTOS MOIA

**OBTENÇÃO DE BIOFILMES A PARTIR DA GELATINA DA PELE DE
TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) COM ADIÇÃO DE
PLASTIFICANTES**

Belém-Pará
2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

PAULA JOSIELEN DOS SANTOS MOIA

**OBTENÇÃO DE BIOFILMES A PARTIR DA GELATINA DA PELE DE
TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) COM ADIÇÃO DE
PLASTIFICANTES**

Dissertação de Mestrado IV
apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia
de Alimentos da Universidade
Federal do Pará, como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre
em Ciência e Tecnologia de
Alimentos.

Orientadora: Prof. Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço

Co-orientador: Prof. Dr. Eder Augusto Furtado Araujo

Belém-Pará
2015

PAULA JOSIELEN DOS SANTOS MOIA

**OBTENÇÃO DE BIOFILMES A PARTIR DA GELATINA DA PELE DE
TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) COM ADIÇÃO DE
PLASTIFICANTES**

Avaliada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço
(PPGCTA/ITEC/UFPA – Orientadora)**

**Prof. Dr. Eder Augusto Furtado Araujo
(PPGCTA/ITEC/UFPA – co-orientador)**

**Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues
(FEA/ITEC/UFPA – Membro)**

**Prof^a. Dra. Maria Regina Sarkis Peixoto Joele
(IFPA/CAMPUS CASTANHAL – Membro Externo)**

Dedico este trabalho a Deus em primeiro lugar e a minha família em especial a minha mãe que esteve do meu lado em todos os momentos e que me incentivou a cada momento que por instantes que fraquejei, sempre me dando a mão amiga, os abraços reconfortantes e o colo que por vezes foram o consolo para as lágrimas que teimavam cair.

Mãe esse trabalho é mais seu do que meu.

Amo-te minha riqueza.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me possibilitado chegar até aqui, por me dar forças mesmo quando nem eu mesma acreditei ter e por todas as vezes que me consolou nos momentos de cansaço e desespero. Toda minha vitória dedico a ti.

À minha família, em especial meus pais, Dorcas dos Santos e Pedro Moia e ao meu irmão Douglas Moia que sempre me apoiaram nas minhas escolhas e sempre dispostos a ajudar em todos os momentos difíceis.

Aos meus orientadores Lúcia de Fátima Henriques Lourenço e Eder Augusto Furtado Araujo, por me aceitarem orientar, pelos conselhos e pela amizade. Com toda certeza não conseguiria sem vocês.

Aos professores do PPGCTA que fizeram parte da minha formação durante os dois anos e a cada contribuição essencial para que eu chegasse até aqui.

Aos meus amigos de classe, de laboratório em especial (Cleidiane, Luana, Thayla, Bruno, Rafaela, Luã, Elen, Enrique, Natácia, Thaís, Glauce, Gleice, César, Jaqueline, Mayara, Luciana, Isabella) e todos os outros colegas e amigos dos outros laboratórios LAFAMI, LAMEFI, LAOS que me ajudaram no que puderam, seja na execução do trabalho ou nos momentos de descontração que não foram poucos.

Aos meus amigos irmãos que me acompanham desde a UEPA, já são parte da minha família (Débora, Thiago, Rafaela, Gleyca, Catarina, Mayara, Juliana, Warley, Wilton, Talles). Vocês me trouxeram leveza para esta vida. Enfim a todos que torceram por mim e que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho e fechamento deste ciclo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVO GERAL	13
1.2. OBJETIVO ESPECIFICO	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. TAMBAQUI (<i>Colossoma macropomum</i>)	14
2.2. BIOFILME	15
2.3. PROPRIEDADE DOS FILMES	17
2.4. PLASTIFICANTE	18
2.5. PROCESSO DE FORMAÇÃO DO BIOFILME	19
2.6. GELATINA	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. MATERIA-PRIMA	22
3.2. MÉTODOS	22
3.2.1. Preparação da pele	22
3.2.2. Extração da gelatina	22
3.2.3. Preparação do biofilme	23
3.2.4. Caracterização do filme	24
3.2.4.1. Espessura do filme	24
3.2.4.2. Cor	24
3.2.4.3. Propriedades mecânicas	24
3.2.4.4. Permeabilidade ao vapor de água	25
3.2.4.5. A análise estatística	26
4. Resultados e Discussão	27
4.1. Extração da gelatina	27
4.2. Elaboração dos Filmes	27
4.3. Espessura	29
4.4. Cor	30
4.5. Propriedades Mecânicas	33
4.6. Permeabilidade ao vapor de água	35
5. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espessura dos filmes contendo sorbitol e glicerol.....	29
Tabela 2. Diferença total de cor (ΔE) e brancura (WI) dos filmes contendo sorbitol e glicerol.....	31
Tabela 3. Tração (Ts) e Alongamento na Ruptura (EAB%).....	33
Tabela 4. Permeabilidade ao vapor de água dos filmes.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>).....	14
Figura 2. Filme de gelatina de pele de peixe.....	16
Figura 3. gelatina de peixe liofilizada.....	20
Figura 4. Ligação de hidrogênio (linha pontilhada) em cadeias de gelatina (a) e entre as cadeias de gelatina e moléculas de água (b).....	21
Figura 5. Processo de obtenção da gelatina e dos filmes.....	23
Figura 6. Aspecto visual das soluções filmogênicas com glicerol e sorbitol...	28
Figura 7. Filme de gelatina de pele de tambaqui, com adição de sorbitol como plastificante.....	28
Figura 8. Aspecto visual dos filmes obtidos a partir das soluções filmogênicas contendo glicerol e sorbitol.....	28

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo obter biofilme a partir de gelatina extraída da pele do tambaqui (*Colossoma macropomum*). Para elaboração dos biofilmes foram utilizados dois tipos de agentes plastificantes e para cada agente plastificante foram testados três volumes diferentes. Os filmes obtidos foram caracterizados através das análises de espessura, cor, propriedades mecânicas (resistência a tração e alongamento na ruptura) e permeabilidade ao vapor de água. Os resultados da espessura para os filmes adicionados de sorbitol FS 20, FS 30 e FS 40, foram $0,095\pm0,012\text{mm}$, $0,100\pm0,026\text{mm}$, $0,121\pm0,000\text{mm}$, respectivamente; e os resultados para os filmes adicionados de glicerol FG 20, FG 30 e FG 40, foram $0,092\pm0,003\text{mm}$, $0,138\pm0,046$, $0,129\pm0,009$, respectivamente. Os resultados de cor, foram similares para os filmes adicionados de sorbitol e glicerol, ambos apresentaram boa luminosidade, valores de a não influenciaram na cor, e os valores de b indicaram tendência para o amarelo fraco. Os resultados de diferença total de cor (ΔE) e para brancura (WI), apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) apenas para os filmes de glicerol, onde FG 20 diferiu significativamente para o FG 30 e FG 40. Os valores de resistência à tração apresentaram resultados com diferença significativa ($p<0,05$) para os filmes adicionados de sorbitol, onde FS 30 diferiu de FS 30 e FS 40 para os diferentes volumes e os filmes de glicerol diferiram significativamente ($p<0,05$) o FG 30 para com o FG 20 e FG 40 em relação aos plastificantes. Os resultados de alongamento na ruptura (EAB) foram significativos para o FS 30 para com o FS 20 e FS 40 em relação aos plastificantes, filmes adicionados de glicerol diferiram significativamente para o FG 30 para com o FG 20 e FG 40 em relação ao volume. A resistência a tração foi superior para os filmes com sorbitol, porém o alongamento na ruptura foi melhor para os filmes com glicerol. Para permeabilidade ao vapor de água apenas os filmes adicionados de glicerol apresentaram diferença significativa entre si, onde FG 20 diferiu do FG 30. Os valores de permeabilidade ao vapor de água foram superiores nos filmes adicionados de glicerol.

Palavras-chave: tambaqui; gelatina; plastificantes.

ABSTRACT

This study aimed to obtain biofilm from gelatin extracted tambaqui skin (*Colossoma macropomum*). For preparation of biofilms were used two types of plasticizers and plasticizer for each three different volumes were tested. The obtained films were characterized by analysis of thickness, color, mechanical properties (tensile strength and elongation at break) and permeability to water vapor. The results of the thickness to the movies added sorbitol FS 20, FS 30 and FS 40, were $0,095 \pm 0,012\text{mm}$, $0,100 \pm 0,026 \text{ mm}$, $0,121 \pm 0,000\text{mm}$, respectively; and the results for the movies added glycerol FG 20, FG 30 and FG 40, were $0,092 \pm 0,003\text{mm}$, $0,138 \pm 0,046$, $0,129 \pm 0,009$, respectively. The color results were similar to the movies added sorbitol and glycerol, both showed good light, the values had no effect on color, and b values indicated tendency to faint yellow. The overall color difference results (ΔE) and whiteness (WI), showed significant differences ($p < 0,05$) for the glycerol movies, where FG 20 differed significantly for the FG 30 and FG 40. The tensile strength values showed results with a significant difference ($p < 0,05$) for the movies added to sorbitol, which differed from FS 30 FS 30 and FS 40 for different volumes and glycerol films differed significantly ($p < 0\ 05$) towards the FG 30 and the FG 20 FG 40 with respect to plasticizers. The results of elongation at break (EAB) were significant for the FS 30 to FS 20 and to the FS 40 with respect to plasticizers, added glycerol films differed significantly with FG 30 for the FG 20 and FG 40 in relation to the volume. The tensile strength was higher for films with sorbitol, but the elongation at break was better for films with glycerol. For water vapor permeability of films only made glycerol showed significant differences between them, which differ from the FG 20 FG 30. The values of permeability to water vapor were added in excess glycerol films.

Keywords: tambaqui; gelatin; plasticizers.

Keywords: tambaqui; gelatin; plasticizers.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa de embalagem está recebendo uma atenção considerável devido ao desenvolvimento de materiais ecológicos feitos de polímeros naturais, muitas vezes a partir de resíduos de produtos provenientes da agricultura, pesca e pecuária. Tais polímeros podem ser de proteína, lipídeo, ou polissacarídeo (THARANATHAN, 2003).

Uma quantidade significativa de resíduos orgânicos é gerada nas diferentes etapas da cadeia produtiva da piscicultura, principalmente devido à percentagem elevada dos resíduos após filetagem, que se apresenta como um problema para o produtor ou para a indústria (BUENO et al, 2011). Os resíduos podem ser aproveitados para elaboração de novos produtos, como por exemplo, gelatina, cápsulas, filmes biodegradáveis, que podem ser utilizados em diversas áreas. Isso possibilitará a diminuição do impacto ambiental que os resíduos podem trazer se caso não utilizados na elaboração de novos produtos.

A gelatina é obtida por hidrólise de colágeno e as películas de gelatina podem ser produzidas por secagem termicamente reversível, formadas a partir da ligação cruzada entre o grupo amino e os componentes de grupos laterais de carboxila e resíduos de aminoácidos (KROCHTA e JANJARASSUKUL, 2010). A gelatina é amplamente utilizada como agente de encapsulação, cápsulas gelatinosas podem ser utilizadas como ingredientes alimentares de baixa umidade também são utilizadas para recobrir suplementos alimentares e produtos farmacêuticos (BALDWIN, 2007).

As propriedades funcionais, a termoestabilidade e capacidade de formação do filme de gelatina são dependentes das suas características, que estão relacionadas com a origem das espécies (de mamíferos, peixes de água fria, peixes de água quente) (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002; GÓMEZ-ESTACA et al, 2009).

Filmes de biopolímeros naturais podem melhorar vida comercial e a qualidade dos alimentos, servindo como barreira seletiva para transferência de umidade, consumo de oxigênio, oxidação lipídica e perdas de compostos aromáticos voláteis (CAMPOS, GERSCHENSON e FLORES, 2011).

A obtenção de biopolímeros naturais está na transformação de subprodutos através do uso de processos tecnológicos e uma das alternativas está na utilização da pele de peixe oriundos da região amazônica que são comumente processados na indústria e na aquicultura.

O tambaqui *Colossoma macropomum* (Characiformes, Serrasalminidae), nativo da Bacia Amazônica, tem despertado muito interesse para a piscicultura devido sua capacidade de aproveitar vários tipos de alimentos e se apresentar como excelente filtrador de plâncton, além de possuir um crescimento rápido até os oito meses. Os peixes de cultivo crescem em condições mais estáveis, tem a taxa de crescimento e a composição de sua dieta controlada, com isso podem ser mais facilmente utilizados na elaboração de produtos (ARBELÁEZ-ROJAS et al., 2002; IZEL; MELO, 2004).

A produção de gelatina de pescado produzido na região amazônica mostra-se uma alternativa para o uso da pele gerada e descartada no processamento na aquicultura e indústria pesqueira, e sua utilização para produção de filmes, auxiliando na redução de problemas ambientais, como o descarte de toneladas de peles para o ambiente.

1.1. OBJETIVO GERAL

Elaborar e caracterizar biofilmes obtidos a partir da gelatina extraída da pele de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com adição de glicerol e sorbitol como plastificantes e analisar suas propriedades tecnológicas.

1.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Extrair gelatina da pele de tambaqui;
- Elaborar biofilmes a partir da gelatina extraída da pele de tambaqui, com adição em diferentes percentuais de soluções filmogênicas.
- Caracterizar o biofilme através das determinações de espessura, cor, propriedades mecânicas e permeabilidade ao vapor de água.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)

Peixe típico da bacia amazônica possui populações naturais em equilíbrio genético com alta variabilidade em localidades ao longo de 2200 km do rio Solimões-Amazonas. Está presente também nos principais rios da Bacia do Orinoco na Venezuela. Na natureza pode atingir até 40 kg e 1m de comprimento, se alimentado de frutos e sementes, fazendo migrações para várzeas e lagos amazônicos para alimentação e reprodução. É um peixe que apresenta alta fecundidade, fato que facilita a produção de alevinos da espécie em cativeiro (INOUE e BOIJINK, 2011).



Figura 1: Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

Fonte: Vivaterra

É uma espécie largamente encontrada na América do Sul como peixe de cultivo, principalmente na região Norte e Nordeste, por apresentar características como rusticidade, alta produtividade e aceitar rações extrusadas e peletizadas. Esse onívoro tornou-se uma espécie chave em programas de criação sendo a espécie nativa mais cultivada na Amazônia brasileira e a mais frequente em pisciculturas de todo o país, pois está presente em 24 dos 27 estados do Brasil (LIMA e GOMES 2010; LOPERA-BARRERO et al. 2011).

As técnicas de manejo para a produção do tambaqui em piscicultura são relativamente recentes, sendo os primeiros trabalhos sobre a sua reprodução artificial da década de 80. O tambaqui atinge a maturidade sexual em piscicultura por volta dos 3-4 anos de idade, dependendo das condições de alimentação e estocagem. Os problemas mais comuns nos lotes de tambaquis cultivados tem sido o crescimento heterogêneo e a baixa resistência dos animais ao manejo, variações ambientais e doenças devido ao alto grau de consanguinidade (INOUE e BOIJINK, 2011).

A produção da aquicultura continental por espécie teve como destaque a tilápia e o tambaqui, pois foram às espécies mais cultivadas, as quais somadas representam 67,0% da produção nacional de pescado desta modalidade. A produção em toneladas do tambaqui no ano de 2011 foi de 111.084,1 toneladas (BRASIL, 2011).

2.2. BIOFILME

Biofilme é um filme fino preparado a partir de materiais biológicos, que age como barreira a elementos externos e, conseqüentemente, pode proteger o produto embalado de danos físicos e biológicos e aumentar a sua vida útil (HENRIQUE, 2008).

Os biofilmes são produzidos com materiais biológicos, como polissacarídeos, proteínas, lipídios e derivados. A obtenção dos mesmos, assim como a de coberturas biodegradáveis, está baseada na dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos) e acréscimo de aditivos (plastificantes ou agentes de liga) obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica. Após o preparo, estas coberturas devem passar por uma operação de secagem para a formação dos filmes ou coberturas tipo casting (GONTARD, 1992).



Figura 2: Filme de amido de pinhão
Fonte: Luchese et al. (2015)

Algumas possíveis propriedades funcionais dos filmes incluem retardar a migração de umidade, o transporte de gases (O_2 , CO_2), a migração de óleo ou gordura, o transporte de solutos, oferece integridade estrutural adicional aos alimentos, podendo também reter compostos aromáticos e carregar aditivos alimentícios ou componentes com atividade antibacteriana ou antifúngica, com liberação controlada sobre o produto onde foi aplicado (PALMU et al, 2002).

As coberturas e biofilmes proteicos (caseína, gelatina, soja, zeína, glúten e albumina de ovo) são boas barreiras ao O_2 e CO_2 em ambientes com baixa umidade relativa, mas não em alta umidade devido à susceptibilidade do filme em absorver umidade e se dissolver. Filmes e coberturas compostos ou de camada dupla estão sendo investigadas, a fim de melhorar as características de permeabilidade, força, flexibilidade (AMARANTE e BANKS, 2001).

Filmes comestíveis e revestimentos têm sido muito utilizados para proteger os produtos alimentícios, melhorando a qualidade dos alimentos, podem ser transportadores de agentes antimicrobianos, antioxidantes e outros conservantes que pode enriquecer a formulação do produto (FAMÁ, et al. 2005).

Há um crescente interesse em filmes comestíveis e revestimentos, devido às preocupações de ameaças ambientais, bem como os custos elevados para o fornecimento de petróleo (JANJARASSKU e KROCHTA, 2010). No Brasil, não há legislação específica para filmes e revestimentos comestíveis na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), porém são considerados como ingredientes ou aditivos, logo estão inclusos no DECRETO

Nº 55.871, DE 26 DE MARÇO DE 1965, devendo obedecer ao mesmo (BRASIL, 1965).

Os materiais utilizados na formação de embalagens comestíveis devem ser geralmente reconhecidos como seguro para o uso pretendido devem ser utilizados de acordo com a boa prática de fabricação BPF (preparado e tratado como um ingrediente alimentar) e dentro de todas as limitações especificadas pelo o FDA. Diversos materiais utilizados em formulações de embalagens comestíveis geralmente se enquadram nas categorias de polissacarídeos, proteínas, lipídios, e resinas. Muitas vezes, é adicionado um plastificante para aumentar a flexibilidade além de outros aditivos que podem ser combinados para modificar e melhorar as propriedades físicas ou a funcionalidade dos filmes (KROCHTA e JANJARASSKUL, 2010).

2.3. PROPRIEDADE DOS FILMES

As propriedades físicas e mecânicas dos filmes comestíveis são um assunto de grande importância devido à sua influência sobre o desempenho do produto e aceitação do consumidor (WISSET, et al., 2014). Os filmes ou coberturas comestíveis apresentam diferentes propriedades, variando conforme seu processo de obtenção. As propriedades são barreira ao vapor de água; barreira a gases; mecânicas; solubilidade em água; capacidade de alongamento e resistência à tração.

Embalagem comestível pode ser usada para inibir a troca de umidade entre produtos alimentares e atmosfera, mudanças na atividade de água (a_w) de alimentos embalados podem resultar no crescimento microbiano as alterações texturais indesejáveis, e deterioradores químicos. (KROCHTA e JANJARASSKUL, 2010).

Yamashita et al. (2012) no estudo da elaboração de biofilmes partir de fécula de mandioca e gelatina, observou-se a diferença na característica dos filmes. Valores de permeabilidade ao vapor de água, solubilidade em água, a espessura e a resistência mecânica do biofilme aumentou com o aumento da concentração de gelatina, as propriedades mecânicas dos filmes foram influenciadas pelo tipo de polímero (fécula de mandioca, gelatina) e plastificante (glicerol, sorbitol), filmes plastificados com glicerol apresentaram

característica de alongamento superiores aos que foram utilizados sorbitol, assim como o uso de gelatina para elaboração do filme resultou um biofilme com menor opacidade se comparado com o biofilme obtido com a fécula de mandioca.

De acordo com Baldwin (2007) e Menegalli (2012), outra propriedade do biofilme não menos importante é a baixa permeabilidade ao oxigênio (OP), pois se eficiente preserva a qualidade e prolonga a vida comercial dos alimentos sensíveis ao O₂. Filmes obtidos a partir de hidrocolóides geralmente têm propriedades de barreira a gás satisfatória, especialmente em baixa umidade relativa (RH). A utilização de biofilmes com uma boa barreira ao O₂ possibilita a redução do uso de plásticos não recicláveis, reduzindo assim o consumo e o descarte de plásticos não recicláveis. Além disso, o desenvolvimento de filmes comestíveis com permeabilidade a gás definido sob certas condições de armazenagem pode criar uma atmosfera modificada, suprimindo a taxa de respiração de produtos hortícolas e/ou a produção de etileno dos produtos do climatério fisiologicamente ativo durante o armazenamento e distribuição.

2.4. PLASTIFICANTE

Os plastificantes são componentes de baixo peso molecular adicionado às películas para reduzir a fragilidade, através do aumento do espaço entre as cadeias de polímero e, conseqüentemente, diminuir as forças intermoleculares e aumentar a flexibilidade e extensibilidade do material (SOBRAL, et al., 2001).

Podem melhorar as propriedades mecânicas do filme, situando-se na sua rede polimérica e competem para a cadeia H- cadeia de ligação ao longo das cadeias de polímeros. Plastificantes normalmente utilizados em embalagens comestíveis são mono, di ou oligossacarídeos (glicose, xaropes de frutose, glucose e sacarose), polióis (glicerol, sorbitol, derivados de glicerilo, e polietileno glicóis), e lipídios e seus derivados (fosfolipídios, ácidos gordos, e surfactantes). A seleção do plastificante requer compatibilidade com a matéria prima, eficiência na aplicabilidade e economia além de que sua concentração influencia as propriedades físicas do filme (SOTHORNVIT e KROCHTA, 2005; SOBRAL et al, 2004). A magnitude das propriedades mecânicas está

estritamente associada com a quantidade de plastificante presente na película. Geralmente o aumento da quantidade de plastificante tem como resultado películas com menor força de tensão e maior alongação (CHOI e HAN, 2001).

Estudos realizados por Chiumarelli e Hubinger (2012) na elaboração de filmes com cera de carnaúba mostrou que as propriedades mecânicas e solubilidade dos filmes foram influenciadas principalmente por conteúdo de glicerol.

2.5. PROCESSO DE FORMAÇÃO DO BIOFILME

As formulações de embalagens comestíveis incluem, pelo menos, um polímero natural, capazes de formar uma matriz estrutural suficientemente coesa e contínua. As propriedades funcionais dos filmes comestíveis e revestimentos apresentam diversas características que variam de acordo com as forças de coesão que são as ligações covalentes (pontes dissulfeto), ligações iônicas, e ligação de hidrogênio, entre o filme formando e as moléculas de polímero. A força coesiva depende da química e da estrutura do biopolímero (peso molecular, regularidade, ramificação, polaridade), os procedimentos de formação de película (moldagem em solução, extrusão), são influenciados por parâmetros de formação de película (temperatura, pressão, tipo de solvente, diluição, técnica de aplicação, técnica de secagem), e concentrações de agentes plastificantes e aditivos. Por outro lado, a formação de películas biopoliméricas comestíveis à base de hidrocolóide pode ser conseguida por duas tecnologias de base: processo seco e úmido que por sua vez é um parâmetro importante na formação do biofilme. (KROCHTA e JANJARASSKUL, 2010).

A formulação e as condições de revestimento da película deve ser otimizada para obter uma coesão suficiente da matriz e adesão adequada e cobertura sobre a superfície de alimentos para que o revestimento possa desempenhar as suas funções pretendidas. Embora a espessura dos revestimentos dependa principalmente da técnica de aplicação e da viscosidade das soluções de fundição, a aderência dos revestimentos sobre a superfície do produto alimentar é essencialmente governado por afinidade

química entre os revestimentos e as suas superfícies de apoio (BALDWIN, 2007).

A solução de moldagem degaseificado pode ser espalhada em uma fina camada sobre uma superfície do material de base adequado, que irá libertar a película após a secagem para produzir uma película pré-formada, ou aplicada de modo a formar um revestimento diretamente sobre os produtos alimentares ou comprimidos de drogas por pulverização ou imersão (KROCHTA 2002, BALDWIN, 2007).

2.6. GELATINA

A gelatina é um biopolímero natural obtido por degradação térmica do colágeno que pode misturar-se com várias biopolímeros, devido à sua grande compatibilidade (CAO, FU e HE, 2007). A gelatina tem peso molecular menor que o colágeno, pois a solubilização térmica hidrolisa algumas ligações de amina nas cadeias elementares (KOLODZIEJSKA et al. 2008).

As fontes mais abundantes de gelatina são pele de porco (46%), bovinos (29,4%) e da carne de porco e de gado, ossos (23,1%). A gelatina de peixe responsável por menos de 1,5% da produção total de gelatina em 2007, mas esse percentual era o dobro dos dados de mercado para 2002, indicando que a produção de gelatina a partir de alternativas espécies não mamífera tinha crescido em importância (GÓMEZ-GUILLÉN, et al., 2009).



Figura 3: gelatina de peixe liofilizada
Fonte: Henriques (2013)

Novas aplicações têm sido encontradas para a gelatina em produtos, tais como emulsionantes, agentes de formação de espuma, estabilizadores coloidais, materiais de embalagem biodegradáveis e agentes de microencapsulação. Outra fonte para colágeno ou extração da gelatina a partir pele e ossos peixe, no entanto, mais recentemente, foram também extraídas das nadadeiras, vísceras de peixe processado (GÓMEZ-GUILLÉN, et al., 2011).

As películas de gelatina podem ser produzidas por secagem de gel de gelatina termicamente reversível formada a partir da ligação cruzada entre a amina e componentes de grupos carboxila laterais de resíduos de aminoácidos (KROCHTA e JANJARASSKUL, 2010).

É amplamente utilizado como um agente encapsulante em disco e cápsulas gelatinosas moles para ingredientes alimentícios de baixa umidade ou à base de óleo, suplementos alimentares, e produtos farmacêuticos (BALDWIN, 2007).

Embora este biopolímero tenha sido objeto de numerosas publicações, a sua estrutura e composição não é bem definida. Na verdade, há muitas diferenças a partir de um estudo para outro (DUCONSEILLE, et al., 2015).

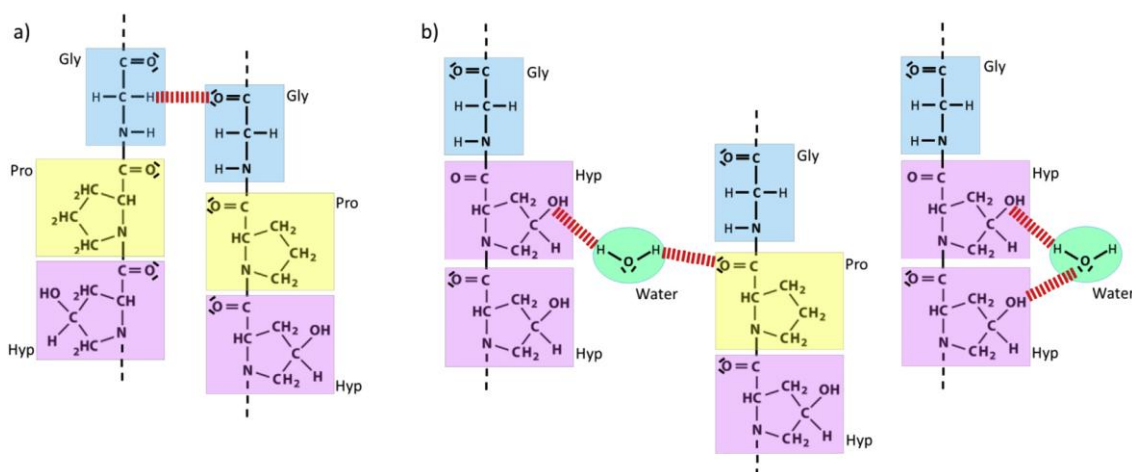


Figura 4: Ligação de hidrogênio (linha pontilhada) em cadeias de gelatina (a) e entre as cadeias de gelatina e moléculas de água (b).

Fonte: Duconseille, et al., (2015)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIA-PRIMA

Foram utilizadas peles de tambaquis (*Colossoma macropomum*), as peles foram retiradas de peixes oriundos de tanques de piscicultura localizados no município de Terra Alta/Pará.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Preparação da pele

As peles foram cortadas em pedaços com dimensões de (4 x 4 cm) de acordo com a metodologia descrita por Bueno et al. (2011). Em seguida foram acondicionadas em porções de 100g em sacos de polietileno, sob vácuo e congeladas a -22°C até o momento da extração.

3.2.2. Extração da gelatina

Gelatina foi extraída a partir da pele de tambaqui de acordo com método descrito por Bueno et al. (2011). As peles foram imersas nas seguintes soluções, respectivamente: solução salina de NaCl por 15 minutos, NaOH por 15 minutos e solução de ácido acético ($C_2H_4O_2$) por 60 minutos. Para cada solução utilizada foram realizadas 3 lavagens com água entre as soluções. Em seguida as peles foram colocadas em banho-maria a 40°C~50°C para recolhimento do sobrenadante. O material sobrenadante recolhido foi filtrado e liofilizado (Líotop, modelo L101) -50°C por 30 horas e armazenado em sacos plásticos.

O Rendimento da extração foi calculado através da equação 1 (HADDAR, et al., 2012).

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{peso da gelatina em pó (g)}}{\text{peso úmido da pele fresca (g)}} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

3.2.3. Preparação do biofilme

Os filmes foram elaborados de acordo com o método proposto por Gómez-Estaca et al. (2009). A gelatina obtida foi dissolvida em água destilada (4g/100 mL) e então adicionou-se os plastificantes. Foram utilizados dois plastificantes, sorbitol (0,15 g/g de gelatina) e glicerol (0,15 g/g de gelatina), para a obtenção de duas soluções filmogênicas distintas. As soluções filmogênicas foram aquecidas a 40°C e agitadas por 15 minutos para que os plastificantes pudessem se misturar de maneira uniforme na solução. Posteriormente cada solução foi distribuída em bandejas circulares de silicone em quantidades de (20, 30 e 40 mL) para realizar o processo de secagem em estufa DBO a 25°C por 14 horas. Após o período de secagem os filmes obtidos foram armazenados em sacos plásticos a vácuo e mantidos sob-refrigeração. A figura 5 mostra o processo de obtenção da gelatina e dos filmes de gelatina, adicionados de sorbitol ou glicerol.

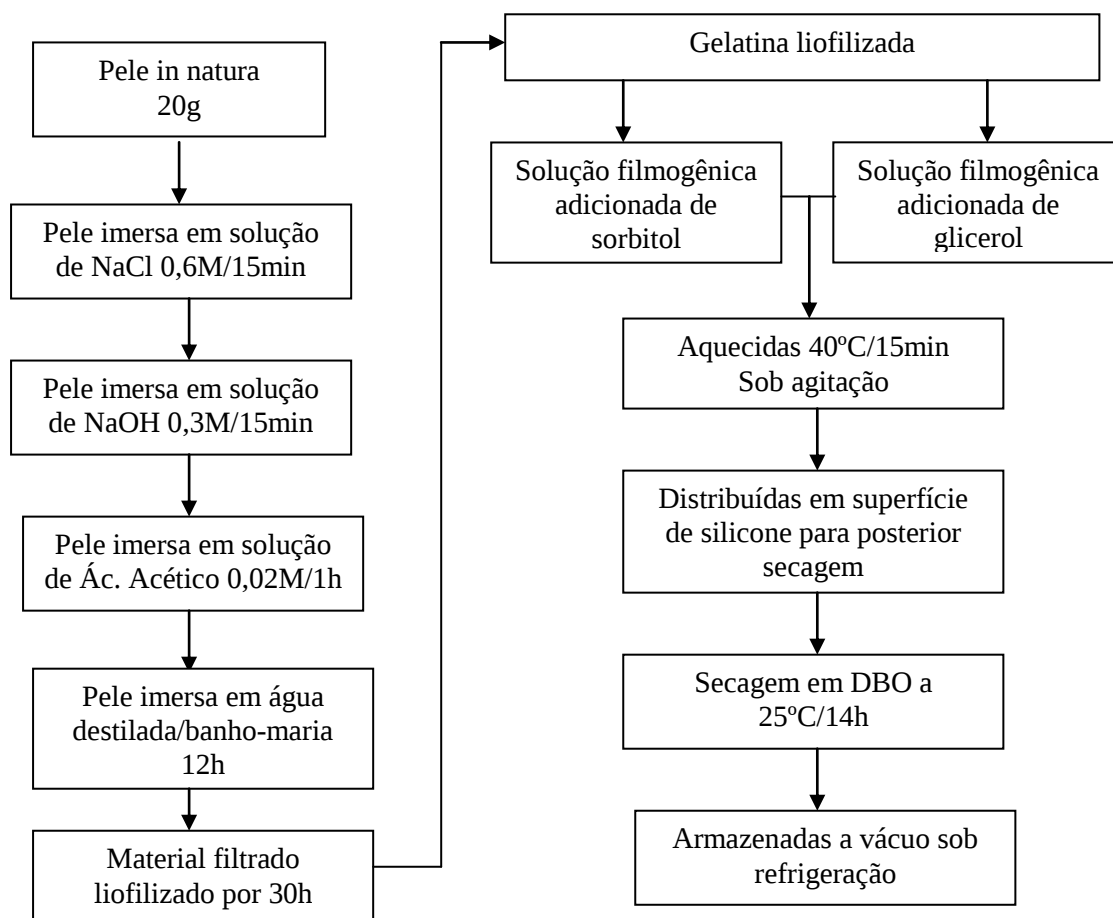


Figura 5: processo de obtenção da gelatina e dos filmes

3.2.4. Caracterização do filme

3.2.4.1. Espessura do filme

A espessura do filme foi medida utilizando um micrometro externo (Série 106 Mitutoyo) com aproximação de 0,001 mm. As medições foram realizadas em seis locais aleatórios em cada película, e o valor médio foi admitido como a espessura do filme. Este valor foi utilizado nos cálculos de propriedades de tração e alongamento na ruptura e testes de permeabilidade de vapor de água (PVA).

3.2.4.2. Cor

A cor dos filmes foi determinada de acordo a metodologia descrita por Jouki, et al., (2013) utilizando colorímetro (Konica Minolta CR-400). A luminosidade (L) e os parâmetros de cromaticidade a (vermelho-verde) e b (amarelo-azul) foram determinados. Três leituras foram registradas em locais diferentes de cada filme para cada tratamento. A diferença total de cor (ΔE) e brancura (WI) das amostras foram calculadas utilizando-se as equações 2 e 3, respectivamente:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2} \quad \text{Eq: (2)}$$

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^2 + a^2 + b^2)} \quad \text{Eq: (3)}$$

Onde:

L^* , a^* e b^* - valores dos parâmetros de cor do padrão são respectivamente: (95,56; -5,49; 8,15).

L , a , e b - valores dos parâmetros de cor da amostra.

3.2.4.3. Propriedades mecânicas

Foram determinadas a resistência à tração e alongamento na ruptura de filmes utilizando a norma técnica ASTM D882-09 em analisador de textura (TA.XT2i, Stable Micro System Ltd., Surrey, Inglaterra). Os corpos de prova para as análises foram cortados em formato de fita com dimensões de 8 mm de

comprimento e 20 mm de largura. Os parâmetros de configuração da análise dos filmes foram: velocidade pré-teste 0,8 mm seg⁻¹, velocidade de teste 0,8 mm seg⁻¹, velocidade pós-teste 10,00 mm seg⁻¹. A probe utilizada nas determinações foi a A/TG com distância das garras 50 mm. A resistência à tração foi calculada dividindo-se a força máxima pela área seccional do filme (largura do filme x espessura inicial) (Equação 4). O alongamento na ruptura foi calculado dividindo o diferencial de extensão pela separação inicial das garras (Equação 5).

$$Ts(\text{MPa}) = F/A \quad \text{Eq: (4)}$$

Onde:

F: é a carga máxima (N) necessária para puxar as amostras;

A: é a área da seção transversal da película (m²).

$$\text{EAB\%} = \Delta L/L \times 100 \quad \text{Eq: (5)}$$

Onde:

ΔL : alongamento no momento da ruptura (mm);

L: comprimento de aderência inicial.

3.2.4.4. Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes foi determinada de acordo com a ASTM (American Society for Testing and Materials) método descrito por Arfat et al (2014). Os filmes foram firmemente fixados sobre a abertura de células contendo gel de sílica e, em seguida, estas células foram colocadas em dissecadores com água destilada a 30°C. As células foram pesadas em intervalos de 1h durante um período de 7h. A permeabilidade do vapor de água do filme foi calculada conforme equação 6:

$$\text{WVP} (\text{gm}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}) = w/A \cdot t^{-1} (P_2 - P_1)^{-1} \quad \text{Eq: (6)}$$

Onde:

w - ganho de peso do copo (g);

l - espessura da película (m);

A - área exposta da película (m²);

t - tempo de ganho (s);

(P2 - P1) - diferença de pressão de vapor através da película (4244,9 Pa a 30°C).

3.2.4.5. A análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, quando necessário, ao nível de significância de 5%. Com o uso do programa Statistica® 7.0.

4. Resultados e Discussão

4.1. Extração da gelatina

A gelatina extraída da pele do tambaqui apresentou rendimento médio de 23,35%. Kasankala et al., (2007), no seu estudo com *Ctenopharyngodon idella* teve rendimento 10,5% e Bueno et al., (2011), no estudo com tilápia-do-nilo tiveram rendimento de 14,5% e Haddar et al., (2012), no estudo com gelatina da pele de atum tiveram rendimento 24,78%. A maioria dos valores é menor que deste estudo, porém no estudo de Haddar foi próximo.

4.2. Elaboração dos Filmes

A solução filmogênica não apresentou separação de fases, indicando uma boa homogeneização com os plastificantes. A coloração amarela (Figura 6) é devido aos pigmentos existentes na pele do tambaqui que são liberados durante o processo de extração da gelatina. A coloração dos filmes não apresentou os mesmos aspectos visuais das soluções filmogênicas, isso deve ter ocorrido devido ao uso de volumes pequenos que ao se espalhar na superfície de secagem, e formando filmes espessos. A formação dos filmes foi eficaz com tempo de 14 horas se comparando com outras metodologias descritas que utilizavam tempo superior ao de 14 horas, pois formou uma estrutura sólida e coesa (Figura 7). Os filmes adicionados de sorbitol e de glicerol apresentaram aw média de 0,484 e 0,466, respectivamente, após o processo de secagem. O aspecto visual dos filmes é bem diferente das soluções de origem e apresentam semelhanças na cor, pode ser observado na Figura 8.

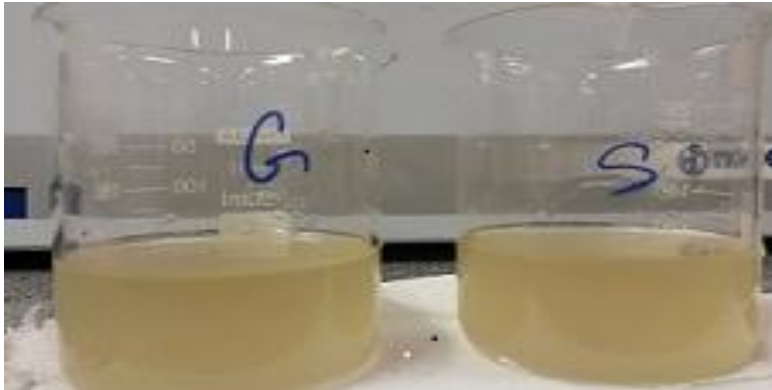


Figura 6: Aspecto visual das soluções filmogênicas com glicerol e sorbitol.



Figura 7: Filme de gelatina de pele de tambaqui, com adição de sorbitol como plastificante.

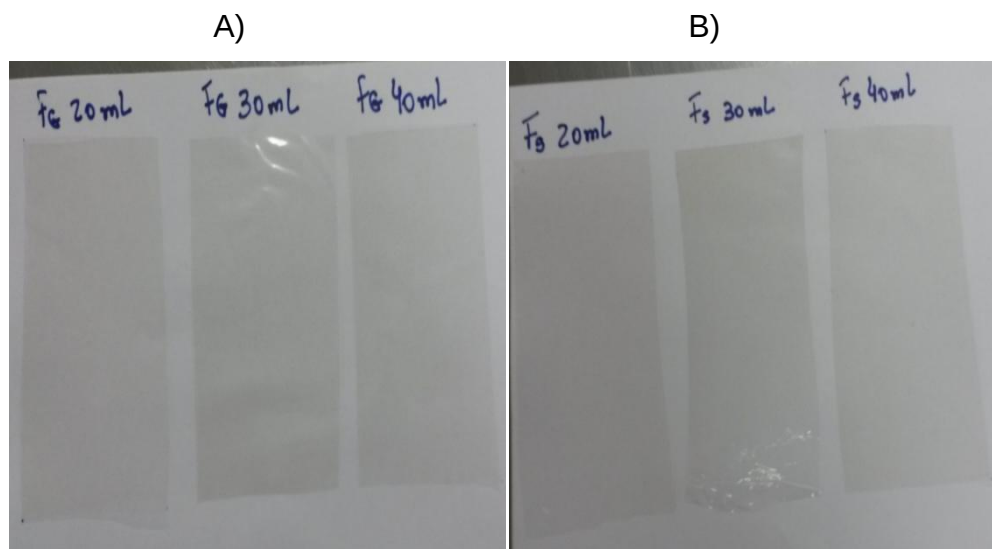


Figura 8: Aspecto visual dos filmes obtidos a partir das soluções filmogênicas contendo glicerol (A) e sorbitol (B).

4.3. Espessura

A Tabela 1 mostra as espessuras dos filmes obtidos para as diferentes quantidades de soluções filmogênicas.

Tabela 1. Espessura dos filmes contendo sorbitol e glicerol

Espessura mm	20mL	30mL	40mL
FS*	0,095 ± 0,012 ^{aA}	0,100 ± 0,026 ^{abB}	0,121 ± 0,000 ^{bA}
FG**	0,092 ± 0,003 ^{aA}	0,138 ± 0,046 ^{bA}	0,129 ± 0,009 ^{bA}

*FS: filme com sorbitol e **FG: filme com glicerol - Média e desvio das replicatas: médias com letras iguais na mesma linha não diferiram significativamente ao nível de ($p < 0,05$) para os diferentes volumes através do teste Tukey. E letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente ao nível de ($p < 0,05$) para os diferentes plastificantes.

Os resultados da espessura indicaram que os filmes adicionados de sorbitol apresentaram diferença significativa entre os filmes elaborados com 20mL e 40mL de solução filmogênica, porém não houve diferença significativa do filme elaborado com 30mL para os demais. Para os filmes adicionados de glicerol o filme elaborado com 20mL de solução filmogênica diferiu significativamente dos filmes elaborados com 30 e 40mL de solução. E apresentaram diferença significativa entre os plastificantes, apenas a formulação com 30mL.

No entanto estudo realizado por Arfat et al. (2014), afirmou que o glicerol pode distribuir-se uniformemente na rede do filme, devido o pequeno tamanho da molécula diminuindo a espessura. A eficaz interação da matriz principal com o plastificante formará filmes com menor espessura, porém outros fatores podem influenciar positiva e negativamente como tempo de secagem, temperatura de secagem, superfície de secagem, bem como outros fatores externos a elaboração dos filmes.

Hoque et al. (2011), observou que com filme obtido com gelatina de choco (*Sepia pharaonis*), os resultados das espessuras dos filmes variaram de 0,037 a 0,040 mm. Tongnuanchan et al. (2011), em outro estudo para obtenção de película à base de isolado proteico de tilápia, teve como resultados de espessura valores de 0,028 a 0,036 mm. E em outro estudo Nagarajan et al. (2012), com gelatina de pele de lula (*Loligo formosana*), para obtenção de

filmes tiverem resultados de espessura valores 0,033 a 0,038 mm, ambos os resultados menores que deste estudo. Dependendo de qual será a utilidade do filme uma baixa ou alta espessura será ponto de partida para determinar qual o melhor faixa de espessura para ser utilizado.

4.4. Cor

Os filmes adicionados de sorbitol apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), na luminosidade (L) as formulações com 20mL para com 40mL; para os valores de cromaticidade (a) não houve diferença significativa ($p < 0,05$); os valores de (b), também foram não significativos para os diferentes volumes. Os filmes adicionados de sorbitol não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos diferentes volumes, para os resultados de diferença total de cor (ΔE) e brancura (WI), conforme os valores presentes na Tabela 2.

Os filmes adicionados de glicerol apresentaram diferença significativa, para os valores de luminosidade (L), em relação aos volumes de 20 e 40 mL. Os valores de cromaticidade (a) não apresentaram diferença significativa para todos os filmes; os valores de cromaticidade (b) apresentou diferença significativa entre o filme elaborado utilizando 20mL e os filmes utilizando 30 e 40mL. Para os resultados de ΔE e WI, os filmes adicionados de glicerol com a formulação de 20mL apresentam diferença significativa em relação aos filmes com 30 e 40mL.

Os valores de (L) mostram que os filmes possuem uma boa luminosidade, pois os valores são positivos e próximos do valor máximo (100), Para os valores de cromaticidade (a) observou-se que os mesmos foram negativos e próximos do zero tendo pouca ou nenhuma influência na cor; enquanto que os valores de cromaticidade (b) foram positivos, indicando que os filmes tenderam para o amarelo, pois os valores se distanciam de zero. Logo este eixo tem influência na formação de cor dos filmes.

Tabela 2. Valores de cor (L, a e b), diferença total de cor (ΔE) e brancura (WI) dos filmes contendo sorbitol e glicerol

Volume	L(luminosidade)		a(vermelho-verde)		b(amarelo-azul)		ΔE		WI	
	*S	**G	S	G	S	G	S	G	S	G
20	93,66 $\pm$ 0,17 ^{aA}	93,39 $\pm$ 0,24 ^{aA}	-5,62 $\pm$ 0,03 ^{aA}	-5,47 $\pm$ 0,06 ^{aB}	10,48 $\pm$ 0,5 ^{aA}	10,20 $\pm$ 0,55 ^{bA}	7,51 $\pm$ 2,16 ^{aA}	6,53 $\pm$ 2,66 ^{aA}	86,51 $\pm$ 0,48 ^{aA}	86,66 $\pm$ 0,56 ^{aA}
30	93,50 $\pm$ 0,32 ^{abA}	92,82 $\pm$ 0,11 ^{abB}	-5,63 $\pm$ 0,01 ^{aA}	-5,47 $\pm$ 0,08 ^{aB}	10,77 $\pm$ 0,57 ^{aA}	10,73 $\pm$ 0,26 ^{aA}	9,23 $\pm$ 3,03 ^{aA}	9,84 $\pm$ 2,59 ^{bA}	86,21 $\pm$ 0,61 ^{aA}	85,94 $\pm$ 0,29 ^{bA}
40	93,35 $\pm$ 0,32 ^{bA}	92,75 $\pm$ 0,38 ^{bB}	-5,62 $\pm$ 0,12 ^{aA}	-5,48 $\pm$ 0,04 ^{aB}	10,78 $\pm$ 0,94 ^{aA}	11,04 $\pm$ 0,65 ^{aA}	9,38 $\pm$ 4,84 ^{aA}	11,36 $\pm$ 4,46 ^{bA}	86,14 $\pm$ 0,93 ^{aA}	85,69 $\pm$ 0,71 ^{bA}

*S: filme com sorbitol e **G: filme com glicerol – Média e desvio das replicatas: médias com letras iguais na mesma coluna não diferiram significativamente ao nível de ($p < 0,05$) para os diferentes volumes. E letras iguais na mesma linha não diferiram significativamente ao nível de ($p < 0,05$) para os diferentes plastificantes. Através do teste de Tukey.

Os plastificantes apresentaram diferença significativa na formulação de 20mL no parâmetro a(vermelho – verde), assim como na formulação de 30mL e 40mL apresentaram diferença significativa na luminosidade e no parâmetro a(vermelho – verde).

Trabalho desenvolvido por Hoque et al. (2011), com filme obtido com gelatina de pele de choco (*Sepia pharaonis*), encontraram resultados de cor com luminosidade (L) variando de 90,56 a 91,13; cromaticidade (a) variando de -1,28 a -1,37; cromaticidade (b) variando de 2,55 a 2,95, o parâmetro luminosidade foi inferior se comparado com os resultados deste estudo e foi igual no parâmetro (a), onde não teve influência. Nagarajan et al. (2012), com gelatina de pele de lula (*Loligo formosana*), para obtenção de filmes, tiveram como resultados de luminosidade (L), valores 68,30 a 76,92; para cromaticidade (a), 7,23 a 11,85 e valores de cromaticidade (b), 10,7 a 15,38. Os resultados de luminosidade dos filmes de pele de tambaqui são superiores a estes apresentados, e apenas o parâmetro (b) teve influência na cor.

Resultados encontrados por Arfat et al. (2014), para filmes a partir de gelatina e proteína miofibrilar de peixe mostraram que a adição de glicerol, não influenciou na cor dos filmes, sendo a mesma influenciada pela quantidade de gelatina ou proteína miofibrilar de peixe adicionados a solução filmogênica. Em estudos realizados por Hoque, (2011) o conteúdo de glicerol também não apresentou efeito significativo sobre a cor dos filmes de gelatina. E Vanin et al. (2005), relatou que nenhum tipo de plastificante (glicerol, polietileno glicol e sorbitol), nem concentração destes teve efeito sobre a diferença de cor de filmes de gelatina. Contudo neste estudo o volume de solução filmogênica influenciou na variação de cor (ΔE) e na brancura (WI) para os filmes adicionados de glicerol.

4.5. Propriedades Mecânicas

Os resultados dos ensaios de tração e alongamento na ruptura estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Tração (TS) e Alongamento na Ruptura (EAB%) dos filmes adicionados de sorbitol e glicerol

Volume	TS (MPa)		EAB%	
	*S	**G	S	G
20	1925±0,74 ^{bA}	1497±5,34 ^{aA}	3,92±1,12 ^{aA}	3,26±1,03 ^{bA}
30	4119±1,99 ^{aA}	1238±1,76 ^{aB}	3,88±0,03 ^{aB}	6,67±3,95 ^{aA}
40	1601±1,13 ^{bA}	1476±1,62 ^{aA}	5,77±2,95 ^{aA}	3,75±0,63 ^{bA}

*S: filme com sorbitol e **G: filme com glicerol - Média e desvio das replicatas: médias com letras iguais na mesma coluna não diferiram significativamente ao nível de ($p < 0,05$) para os diferentes volumes. E letras iguais na mesma linha não diferiram significativamente ao nível de ($p < 0,05$) para os diferentes plastificantes. Através do teste de Tukey.

Os filmes adicionados de sorbitol apresentaram valores elevados nos testes de tração com diferença significativa ($p < 0,05$) entre os filmes elaborados com 20mL e 40mL em relação ao filme com 30mL. Observou-se que os filmes elaborados com solução filmogênica com volume 30mL apresentou resistência à tração mais elevada que os filmes de maior volume 40mL.

Os filmes adicionados de glicerol tiveram valores de tração menores se comparados com os filmes adicionados de sorbitol e não apresentaram diferença significativa entre si. Já os valores de alongamento na ruptura foram maiores se comparados com os valores observados para os filmes adicionados de sorbitol, não apresentando também diferença significativa entre as amostras.

Os valores de alongamento na ruptura para os filmes de sorbitol não apresentaram diferença significativa, mas para os filmes adicionados de glicerol apresentou diferença significativa dos filmes elaborados com 20mL e 40mL para com o de 30mL.

Os resultados de resistência a tração para os diferentes plastificantes apresentou diferença significativa apenas para os filmes elaborados com 30mL, o mesmo comportamento foi observado para o alongamento na ruptura.

O trabalho desenvolvido por Hoque et al.(2001) com filme de gelatina da pele de *Sepia pharaonis* apresentou valores de TS 11,64 a 45,63 MPa e valores de EAB variaram 2,45% a 5,39%. No estudo de Arfat et al.(2011), com isolado de proteína de peixe e gelatina de peixe para elaboração de filmes, obteve resultados de TS 7,53 a 27,24 MPa e para EAB 25,64% a 98,83%. E Bourtoom et al. (2006), no estudo com filmes a partir de surimi obtiveram resultados de TS 0,891 MPa a 1,643 MPa e para EAB 8,41% a 14,72%.

Os resultados dos filmes plastificados com sorbitol apresentam maiores valores de TS com valores inferiores de EAB, do que as películas plastificadas com glicerol (Gráfico 1 e 2). Este mesmo comportamento foi observado por outros estudos conforme relatado por Bourtoom et al. (2006) ; Osako, et al. (2011). De acordo com Chiumarelli et al.(2012), o glicerol é utilizado em revestimentos ou filmes comestíveis para aumentar a sua flexibilidade, aumentando valores de alongamento. Fakhoury et al. (2012), observaram que a presença de sorbitol em bioplásticos tornou-os mais resistentes quanto comparado com o glicerol.

O glicerol melhora a flexibilidade dos filmes independente da matriz que é a base para solução filmogênica, seja ela de origem animal ou vegetal.

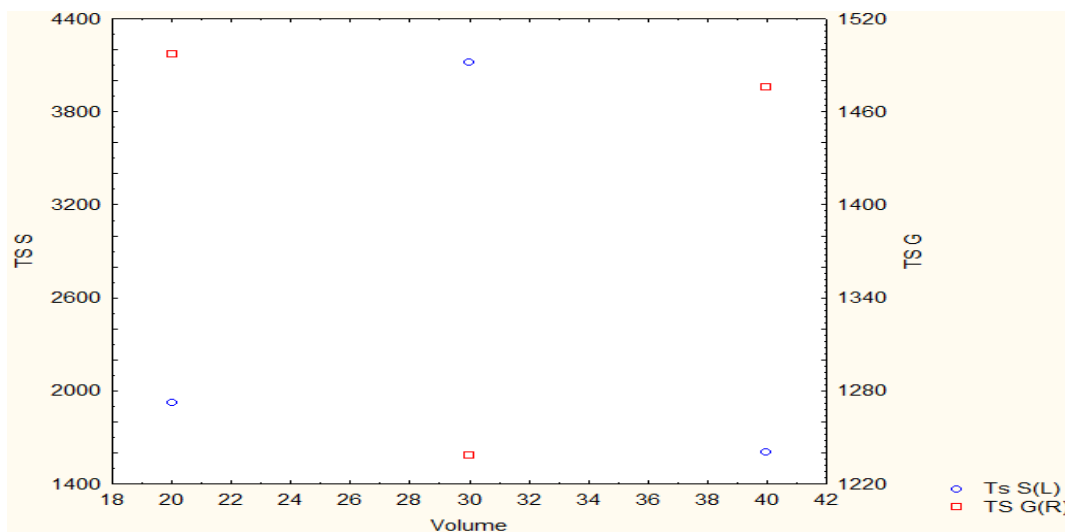


Gráfico 1: variação da resistência à tração em relação aos volumes dos filmes adicionados de sorbitol e glicerol.

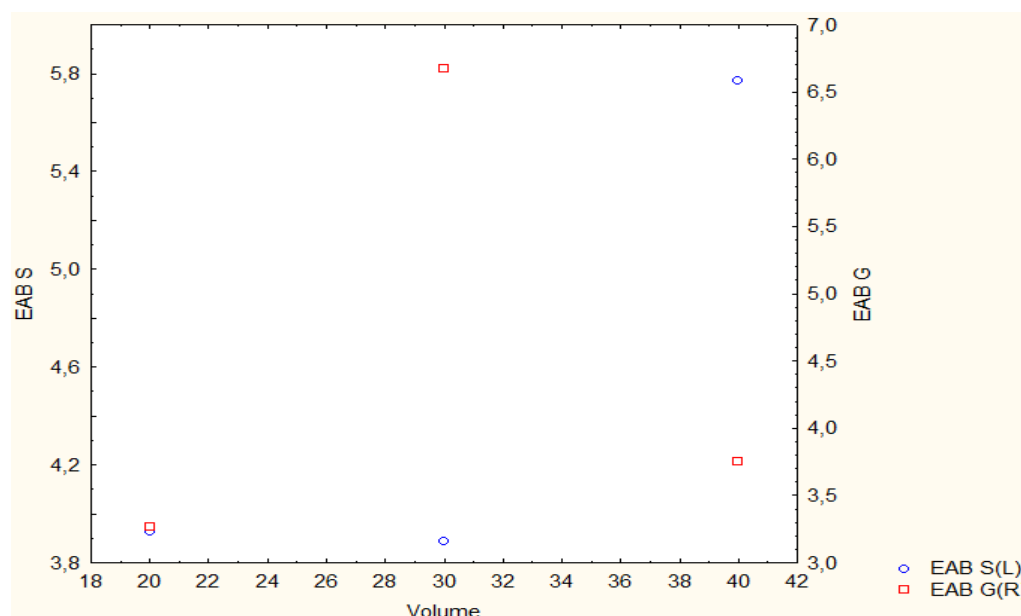


Gráfico 2: alongamento na ruptura em relação aos volumes dos filmes adicionados de sorbitol e glicerol.

4.6. Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água é um dos parâmetros que deve ser considerado para a escolha de filmes biodegradáveis, pois a alta ou baixa permeabilidade será o ponto de partida para a utilização do filme. Os resultados de permeabilidade ao vapor de água dos filmes elaborados contendo glicerol e sorbitol estão expostos na Tabela 4.

Tabela 4. Permeabilidade ao vapor de água dos filmes elaborados com sorbitol e glicerol

Filmes WVP ($\text{gm}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$)	20	30	40
*FS	$1,46 \times 10^{-12aA}$	$1,50 \times 10^{-12aA}$	$1,87 \times 10^{-12aA}$
**FG	$1,49 \times 10^{-12bA}$	$2,53 \times 10^{-12aA}$	$2,18 \times 10^{-12abA}$

*FS: filme com sorbitol e **FG: filme com glicerol - Média e desvio das replicatas: médias com letras iguais na mesma linha não diferiram significativamente para os diferentes volumes ao nível de ($p < 0,05$). E letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente para os diferentes plastificantes através do teste Tukey.

Os filmes adicionados de sorbitol apresentaram menor permeabilidade ao vapor de água se comparados com os filmes adicionados de glicerol; não foi observada diferença significativa entre os filmes de sorbitol para os diferentes volumes.

Os filmes adicionados de glicerol apresentaram diferença significativa sendo que o filme com 20mL de solução apresentou diferença significativa em relação ao filme com 30mL. E não apresentou diferença significativa na permeabilidade para os diferentes plastificantes.

No estudo desenvolvido por Hoque et al. (2011) com filme de gelatina da pele de *Sepia pharaonis* tiveram resultados de permeabilidade valores que variaram $0,66 \times 10^{-10}$ a $1,18 \times 10^{-10}$. Arfat et al.(2011), com isolado de proteína de peixe e gelatina de peixe para elaboração de filmes, obtiveram resultados $2,64 \times 10^{-11}$ a $5,34 \times 10^{-11}$. E Nagarajan et al. (2012), no estudo com filme a partir da gelatina da pele de *Loligo formosana* apresentaram resultados $3,34 \times 10^{-11}$ a $3,86 \times 10^{-11}$. Todos os valores de permeabilidade são maiores que deste estudo, logo a permeabilidade ao vapor de água dos filmes a partir da gelatina da pele do tambaqui são menores.

De acordo com estudos realizados por Arfat et al.(2014), filmes obtidos a partir de gelatina de peixe apresentam menor permeabilidade ao vapor de água que filmes elaborados com proteína miofibrilar de peixe, e a quantidade de plastificante (glicerol) neste estudo não influenciou nos resultados de permeabilidade ao vapor de água, isso pode ter acontecido devido a quantidade de plastificante utilizada e na interação eficaz entre matriz e plastificante. Porém no estudo proposto por. Kowalczyk, Baraniak (2011), concluíram no seu estudo que melhores propriedades a barreira ao vapor de água dos filmes comestíveis contendo sorbitol como agente plastificante em comparação com filmes contendo glicerol pode ser devido ao fato de que o sorbitol é menos higroscópico.

5. CONCLUSÃO

A gelatina extraída apresentou um rendimento satisfatório que possibilitou a sua utilização para obtenção de filmes com adição dos plastificantes sorbitol e glicerol. As espessuras dos filmes de sorbitol variaram de 0,095mm a 0,121mm e dos filmes adicionados de glicerol 0,092mm a 0,138mm, filmes com maior espessura influenciam negativamente na permeabilidade ao vapor de água, porém a maior espessura dará uma maior proteção ao alimento que será envolvido com esse filme.

A adição dos plastificantes não mostrou influencia significativa nos parâmetros de cor, entretanto mostrou influência significativa nos ensaios de resistência à tração, alongamento na ruptura e permeabilidade ao vapor de água, onde as melhores características tecnológicas foram perceptíveis nos filmes adicionados de sorbitol por apresentar maior resistência e menor permeabilidade ao vapor de água. E dentre as formulações a que continha 30mL de solução filmogênica foi a que apresentou melhores características tecnológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM. **Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting D882-09**. 2009

AMARANTE, C.;BANKS, N. H. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. In: JANICK, J. **Horticultural Reviews**. 26. 161-238, 2001.

ARBELÁEZ-ROJAS, GUSTAVO ALBERTO; FRACALOSS, DÉBORA MACHADO; FIM, JORGE DANIEL INDRUSIAK. Body composition of tambaqui, *Colossoma macropomum*, and Matrinxã, *Brycon cephalus*, when raised in intensive (igarapé channel) and semi-intensive (pond) culture systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31. 1059-1069. 2002.

ARFAT, YASIR ALI; BENJAKUL, SOOTTAWAT; PRODPRAN, THUMMANOON; OSAKO, KAZUFUM. Development and characterisation of blend films based on fish protein isolate and fish skin gelatin. **Food Hydrocolloids**. 39. 58-67. 2014.

BALDWIN, ELIZABETH A. Surface treatments and edible coatings in food preservation. In Handbook of Food Preservation, ed. MS Rahman. 21. 478–508. 2007.

BENJAKUL, SOOTTAWAT; JONGJAREONRAK, AKKASIT; VISESSANGUAN, WONNOP; TANAKA. MUNEHIKO. Effects of plasticizers on the properties of edible films from skin gelatin of bigeye snapper and brownstripe red snapper. **Eur Food Res Technol**. 229–235. 2006.

BOURTOOM, THAWIEN; CHINNAN, MANJEET S.; JANTAWAT, PANTIPA; SANGUANDEEKUL, ROMANEE. Effect of select parameters on the properties of edible film from water-soluble fish proteins in surimi wash-water. **LWT - Food Science and Technology**. 39. 405–418. 2006.

BRASIL. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011**. Disponível em:<<http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>>, acesso em 30 de outubro de 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em:<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home>>, acesso em 24 de outubro de 2013.

BUENO, CAMILA MARQUES; ALVIM, IZABELA DUTRA; KOBERSTEIN, TERESA CRISTINA RIBEIRO DIAS; PORTELLA, MARIA CÉLIA; GROSSO CARLOS. Produção de Gelatina de Pele de Tilápia E Sua Utilização Para Obtenção de Micropartículas Contendo Óleo de Salmão. **Brazilian Journal of Food Technology**. 14. 65–73. 2011.

CAMPOS, CARMEN. A., GERSCHENSON, LÍA. N., FLORES, SILVIA. K.. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. **Food and Bioprocess Technology**. 4. 849-875. 2011.

CAO, N.; FU, Y.; HE, J. Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films. **Food Hydrocolloids**. 21. 1153-1162. 2007.

CHIUMARELLI, MARCELA; HUBINGER, MIRIAM D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch e Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. **Food Hydrocolloids**. 28. 59-67. 2012.

CHOI, WON-SEOK; HAN, JUNG H.; Physical and Mechanical Properties of Pea-Protein-based Edible Films. JFS: **Food Engineering and Physical Properties**. 66. 2001.

DUCONSEILLE, ANNE; ASTRUC, THIERRY; QUINTANA, NAIRA; MEERSMAN, FILIP; SANTE-LHOUTELLIER, VERONIQUE. Gelatin structure and composition linked to hard capsule dissolution: A review. **FoodHydrocolloids**. 43. 360-376. 2015.

FAMÁ, LUCÍA; ROJAS, ANA M.; GOYANES, SILVIA; GERSCHENSON, LÍA. Mechanical properties of tapioca-starch edible films containing sorbates. **LWT - Food Science and Technology**. 38. 631–639. 2005.

FARAH TREMENTOZA. Propriedades de filmes comestíveis produzidos com diferentes concentrações de plastificantes e de proteínas do músculo de tilápia do nilo. **Pesq. agropec. bras**. 39. 255-262. 2004.

FANG, Y; TUNG, M.A.; BRITT, I.J.; YADA, S.; DALGLEISH, D.G. Tensile and Barrier Properties of Edible Films Made from Whey Proteins. **JOURNAL OF FOOD SCIENCE**. 67. 2002.

FAKHOURI, FARAYDE MATTA. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência Tecnologia. Alimentos**. 2007.

FAKHOURI, FARAYDE MATTA; MARTELLI, SILVIA MARIA; BERTAN, LARISSA CANHADAS; YAMASHITA, FABIO; MEI, LÚCIA HELENA INNOCENTINI; QUEIROZ, FERNANDA PAULA COLLARES. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin e Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. **LWT - Food Science and Technology**. 49. 149-154. 2012.

GONTARD, NATHALIE; GUILBERT, STÉPHANE; CUQ, JEAN-LOUIS. Water and glycerol as plasticers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. **Journal of Food Science**. 53. 206-211, 1992.

GÓMEZ-ESTACA, J.; MONTERO, P.; FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; ALEMÁN, A.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Physical and chemical properties of tuna-skin and bovine-hide gelatin films with added aqueous oregano and rosemary extract. **Food Hydrocolloids**. 23. 1334-134. 2009.

GÓMEZ-ESTACA, J.; GIMÉNEZ, B.; MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Incorporation of antioxidant borage extract into edible films based on sole skin gelatin or a commercial fish gelatin. **Journal of Food Engineering**. 92. 78–85. 2009.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; TURNAY, J.; FERNÁNDEZ-DÍAZ, M. D.; ULMO, N.; LIZARBE, M. A.; MONTERO, P. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. **Food Hydrocolloids**. 16. 25-34. 2002.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; PÉREZ-MATEOS, M.; GÓMEZ-ESTACA, J.; LÓPEZ-CABALLERO, E.; GIMÉNEZ, B.; MONTERO, P. Fish gelatin: a renewable material for the development of active biodegradable films. **Trends in Food Science and Technology**. 20. 3-16. 2009.

HADDAR, ANISSA; SELLIMI, SABRINE; GHANNOUCHI, RAOUIA; ALVAREZ, OSCAR MARTINEZ; NASRI, MONCEF; BOUGATEF, ALI. Functional, antioxidant and film-forming properties of tuna-skin gelatin with a brown algae extract. **International Journal of Biological Macromolecules**. 51. 477– 483. 2012.

HENRIQUE, CELINA MARIA; CEREDA, MARNEY PASCOLI; SARMENTO, SILENE BRUDER SILVEIRA. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 28. 231-240. 2008.

HENRIQUES, CAMILA. Pesquisa utiliza peixes amazônicos para produção de gelatina protéica. Disponível em: <<http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2013/08/pesquisa-utiliza-peixes-amazonicos-para-producao-de-gelatina-proteica.html>>, acesso em 10 dez. 2014.

HOQUE, MD. SAZEDUL; BENJAKUL, SOOTTAWAT; PRODPRAN, THUMMANOON. Effects of partial hydrolysis and plasticizer content on the properties of film from cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin gelatin. **Food Hydrocolloids**. 25. 82-90. 2011.

IZEL, ANTÔNIO CLÁUDIO UCHÔA; MELO, LUIZ ANTELMO SILVA. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no Estado do Amazonas. **Embrapa Amazônia Ocidental**. 2001.

INOUE, LUIS ANTONIO KIOSHI AOKI; BOIJINK, CHEILA DE LIMA. Manaus a capital do tambaqui. 2011. **Artigo em Hipertexto**. Disponível em:

<http://www.infobibos.com/Artigos/2011_1/tambaqui/index.htm>. Acesso em: 25 jul.2014.

JOUKI, MOHAMMAD; KHAZAEI, NAIMEH; GHASEMLOU, MEHRAN; HADINEZHAD, MEHRI. Effect of glycerol concentration on edible film production from cress seed carbohydrate gum. **Carbohydrate Polymers**. 96. 39– 46. 2013.

KASANKALA, L. M., XUE, Y., WEILONG, Y., HONG, S. D., HE, Q. Optimization of gelatine extraction from grass carp (*Catenopharyngodon idella*) fish skin byresponse surface methodology. **Bioresource Technology**. 98. 2007.

KIM, SEON-BONG; KIM, JU-YEON; KIM, DO-HYEONG; JUNG, CHEOL-KYUN. Properties of edible biofilm manufactured from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin. **J. Chem. Eng.** 2012.

KOŁODZIEJSKA, I., SKIERKA, E., SADOWSKA, M., KOŁODZIEJSKI, W., & NIECIKOWSKA, C. Effect of extracting time and temperature on yield of gelatin from different fish offal. **Food Chemistry**. 107. 700–706. 2008.

KROCHTA, JOHN M. Protein as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities. In **Protein-Based Films and Coatings**, ed. A Gennadios. 1. 1- 40. 2002.

KROCHTA, JOHN. M.; JANJARASSKUL, THEERANUN.. Edible packaging materials. **Annual Review of Food Science and Technology**. 1. 415–448. 2010.

KOWALCZYK, DARIUSZ; BARANIAK, BARBARA. Effects of plasticizers, pH and heating of film-forming solution on the properties of pea protein isolate films. **Journal of FoodEngineering**. 105. 295-305. 2011.

LIMA, ARAÚJO CALOS; GOULDING, MICHAEL. Os Frutos do Tambaqui: Ecologia, Conservação e Cultivo na Amazônia. **Sociedade Civil Mamiraúá**. Manaus. 186. 1998.

LIMA, A. C.; GOMES, L. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. **Santa Maria: UFSM**.175-204. 2010.

LOPERA-BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.P.; POVH, J.A.; VARGAS, L.D.M.; POVEDA-PARRA, A.R.; DIGMAYER, M. As principais espécies produzidas no Brasil, 143-215. In: LOPERA-BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.P.; POVH, J.A.; VARGAS, L.D.M.; POVEDA-PARRA, A.R.; DIGMAYER, M. Produção de organismos aquáticos: uma visão geral no Brasil e no mundo. **Agrolivros**. 2011.

LUCHESI, CLAUDIA LEITES; FRICK, JULIA MENEGOTTO; PATZER, VANESSA LAÍS; SPADA, JORDANA CORRALO; TESSARO, ISABEL

CRISTINA. Synthesis and characterization of biofilms using native and modified pinhão starch. **Food Hydrocolloids**. 45. 203-210. 2015.

MARIA, ALEXANDRE NIZIO; SANTOS, JADSON PINHEIRO; AZEVEDO, HYMERSON COSTA; CARNEIRO, PAULO CÉSAR FALANGHE. Hormonal induction and sêmen characteristics of tambaqui *Colossoma macropomum*. **Cambridge University Press**. 2011.

MENEGALLI, FLORENCIA CECILIA; MAHECHA, MARGARITA MARÍA ANDRADE; BLÁCIDO, DELIA RITA TAPIA. Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. **Carbohydrate Polymers**. 2012.

NAGARAJAN, MURALIDHARAN; BENJAKUL, SOOTTAWAT; PRODPRAN, THUMMANOON; SONGTIPYA, PONUSA. Properties of film from splendid squid (*Loligo formosana*) skin gelatin with various extraction temperatures. **International Journal of Biological Macromolecules**. 51. 489– 496. 2012.

OSAKO, KAZUFUMI; LEERAHAWONG, AKASITH; TANAKA, MUNEHICO; OKAZAKI, EMIKO. Effects of plasticizer type and concentration on the physicochemical properties of edible film from squid *Todarodes pacificus* mantle muscle. **Food Science and Technology**. 77. 1061–1068. 2011.

PALMU, PATRÍCIA TANADA; GROSSO, CARLOS R. F.; FAKHOURI, FARAYDE MATTA. Filmes biodegradáveis. **Rev. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. 26- 2002.

SANGUANDEEKUL, ROMANEE; JANTAWA, PANTIPA; CHINNAN, MANJEET S; BOURTOOM, THAWIEN, Effect of select parameters on the properties of edible film from water-soluble fish proteins in surimi wash-water. **Lebensm. Wiss. Technol**. 39. 406–19. 2006.

SILVA, JORGE ANTÔNIO MOREIRA; PEREIRA FILHO, MANOEL; PEREIRA, MARIA INÊZ DE OLIVEIRA. Valor nutricional e energético de espécies vegetais importantes na alimentação do tambaqui. **ACTA AMAZONICA**. 33. 687-700. 2003.

SOBRAL, P.J.A; MENEGALLI, F. C.; HUNBINGER, M. D.; ROQUES, M. A. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. **Food Hydrocolloids**. 15. 423–432. 2001.

SOBRAL, PAULO JOSÉ DO AMARAL; QUINTERO, EDNELÍ SORAYA MONTERREY; HABITANTE, ANA MÔNICA QUINTA BARBOSA; GARCÍA, SOTHORNVIT R, KROCHTA JM. Plasticizers in edible films and coatings. In **Innovations in Food Packaging**. 23. 403–33. 2005.

THARANATHAN, R.N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**. 14. 71-78. 2003.

TONGNUANCHAN, PHAKAWAT; BENJAKUL, SOOTTAWAT; PRODPRAN, THUMMANOON; SONGTIPYA, PONUSA. Characteristics of film based on protein isolate from red tilapia muscle with negligible yellow discoloration. **International Journal of Biological Macromolecules**. 48. 758–767. 2011.

VANIN, F. M., SOBRAL, P. J. A., MENEGALLI, F. C., CARVALHO, R. A., & HABITANTE, A. M. Q. B. Effects of plasticizers and their concentrations on thermal and functional properties of gelatin-based films. **Food Hydrocolloids**. 19. 899-907. 2005.

VIVATERRA, **Tambaqui**, Disponível em: <
http://www.vivaterra.org.br/tambaqui_13.2.jpg >. Acesso em: 27 de jul. de 2014.

VOILLEY, ANDRÉE; GALLO, JESÙS-ALBERTO QUEZADA; DEBEAUFORT, FRÉDÉRIC; CALLEGARIN, FRANCESCA. Lipid hydrophobicity, physical state and distribution effects on the properties of emulsion-based edible films. **Journal of Membrane Science**. 2000.

YAMASHITA, FABIO; QUEIROZ, FERNANDA PAULA COLLARES; MARTELLI; SILVIA MARIA; MEI, LÚCIA HELENA INNOCENTINI; FAKHOURY; FARAYDE MATTA; BERTAN, LARISSA CANHADAS. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin e Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. **LWT - Food Science and Technology**. 2012.