

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS CAMPO MOURÃO  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MAYARA CINTIA CAVALCANTE SOUZA

**ELABORAÇÃO DE FILME BIODEGRADÁVEL A PARTIR DA GELATINA  
EXTRAÍDA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

MAYARA CINTIA CAVALCANTE SOUZA

**ELABORAÇÃO DE FILME BIODEGRADÁVEL A PARTIR DA GELATINA  
EXTRAÍDA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Campo Mourão como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Prof. Dra. Adriana  
Aparecida Droval

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Campo Mourão

Departamento Acadêmico de Alimentos  
Engenharia de Alimentos



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

ELABORAÇÃO DE FILME BIODEGRADÁVEL A PARTIR DA EXTRAÇÃO DE  
GELATINA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Por

MAYARA CINTIA CAVALCANTE SOUZA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 16 de novembro de 2016 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Adriana Aparecida Droval

Orientadora

---

Prof. M.<sup>a</sup> Maresa Custódio Molinari Ferreira

Membro da banca

---

Prof. Dr. Augusto Tanamati

Membro da banca

---

**Nota:** O documento original e assinado pela banca examinadora encontra-se no Departamento de Engenharia de Alimentos da UTFPR Campus Campo Mourão.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por todas as oportunidades dadas em minha vida, inclusive este curso.

Aos meus pais, Maria Aparecida e Martinho, pela criação que me deram, pelos ensinamentos, por nunca medirem esforços para que eu pudesse realizar meus sonhos e por serem meu porto seguro em todos os momentos, me incentivando e me encorajando principalmente nos momentos de angústias.

A minha irmã, Mirlany, pelo amor, pela união que temos e por estar sempre presente.

A minha tia Graça, ao meu tio Antônio e a minha prima Matilde, por sempre me apoiarem e me incentivarem.

A professora Adriana, pela paciência na orientação, incentivo e ensinamentos que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas que embora não tenham sido mencionados individualmente possuem todo o meu carinho e a minha gratidão.

As minhas companheiras de república que foram pessoas importantes nessa fase longe de casa.

Ao senhor Carlos Belini, proprietário do Pesqueiro Belini pelo apoio e doação da matéria-prima utilizada no desenvolvimento do trabalho.

*“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”*

*Theodore Roosevelt*

## RESUMO

SOUZA, Mayara Cintia Cavalcante. **Elaboração de filmes biodegradáveis a partir da extração de gelatina da pele de tilápia do Nilo**. 2016. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

A Tilápia apresenta destaque na aquicultura, representando aproximadamente 40% da produção do país. Após a filetagem o rendimento do filé chega em torno de 30%, os outros 70% são resíduos gerados e estas matérias-primas de alta qualidade podem ser transformada em diversos subprodutos, como por exemplo a gelatina. A produção da gelatina a partir da pele de tilápia mostra-se uma boa alternativa na utilização destes resíduos, já que a mesma possui uma grande quantidade de colágeno em sua composição. Neste estudo a gelatina foi extraída da pele da tilápia apenas com água na temperatura de 93°C e foram avaliadas a composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas e lipídeos) e rendimento. As gelatinas obtidas apresentaram baixo teor de umidade (7,26%), cinzas (2,13 %) e alto teor de lipídeos (4,19%) e proteínas (86,4%). Com essa gelatina extraída foram elaborados filmes biodegradáveis que apresentaram cor amarelada onde o valor de a\* foi (0,72) que representa a variação ao vermelho (+); b\*(38,03) variação ao amarelo (+) e L\* ( 75,39) luminosidade, alta solubilidade (100% solúvel) e 0,177mm de espessura. Não foi possível estabelecer a tensão de ruptura do filme, devido a sua alta elasticidade onde o texturômetro presente na universidade não conseguir atingir a distância necessária para o rompimento. Desta forma, foi concluiu-se que a pele de tilápia apresenta alto potencial como fonte para fabricação de gelatina utilizada para produção de filmes biodegradáveis e esses filmes apresentam boa homogeneidade e manipulação.

**Palavras chave:** Gelatina. Pele de Tilápia. Extração. Filmes Biodegradáveis.

## ABSTRACT

SOUZA, Mayara Cintia Cavalcante. **Preparation of biodegradable films from gelatin extraction of Nile tilapia skin.** 2016. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

The Tilapia has featured in aquaculture, representing approximately 40% of production in the country. After filleting the fillet yield reaches around 30%, the other 70% is generated waste and these high-quality raw materials can be processed into various products, such as gelatin. The production of gelatin from tilapia skin appears to be a good alternative in the use of waste, since it has a large amount of collagen in its composition. In this study, gelatin was extracted from tilapia skin with water only at 93°C temperature and were evaluated the proximate composition (moisture, ash, protein and lipids) and income. The gelatins obtained showed low moisture content (7.26%), ash (2.13%) and high lipid content (4.19%) and protein (86.4%). With this extracted gelatin were produced biodegradable films showed yellowish where the value of a \* is (0.72) which represents the change in the red (+); b \* (38,03) changes to yellow (+) and L \* (75.39) brightness, high solubility (100% soluble) and 0,177mm thick. Unable to make the film breakdown voltage, due to its high elasticity where texturometer this university can't achieve the necessary distance to the breakup. Thus, it was concluded that the skin of tilapia has high potential as a source for gelatin production used to produce biodegradable films and these films have good homogeneity and handling.

**Keywords:** Gelatin. Tilapia Skin. Extraction. Biodegradable films.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVO</b> .....	14
2.1. OBJETIVO GERAL .....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
3.1. TILÁPIA DO NILO ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	15
3.2. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA AQUICULTURA.....	16
3.3. COLÁGENO .....	18
3.4. GELATINA .....	21
3.4.1. GELATINA A PARTIR DE PELE DE PEIXES.....	22
3.5. FILMES BIODEGRADÁVEIS .....	24
3.5.1. FILMES BIODEGRADÁVEIS A BASE DE PROTEÍNAS .....	25
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	27
4.1. MATÉRIA-PRIMA.....	27
4.2. EXTRAÇÃO E SECAGEM DA GELATINA.....	27
4.3. GELATINA EM PÓ .....	29
4.4. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA GELATINA EM PÓ.....	29
4.4.1. RENDIMENTO.....	30
4.4.2. UMIDADE .....	30
4.4.3. CINZAS .....	30
4.4.4. PROTEÍNAS .....	31
4.4.5. LIPÍDEOS .....	31
4.5. ELABORAÇÃO DOS FILMES.....	31
4.7. TESTE DE TRAÇÃO DO FILME .....	33
4.8. ANÁLISE DE SOLUBILIDADE DO FILME .....	33
4.9. COR DO FILME .....	35
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	36
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	42
<b>7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	43
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tilápia do Nilo.....	14
Figura 2 - Esquema e Estrutura do Colágeno Tipo I.....	18
Figura 3 - Estrutura polipeptídica do colágeno.....	19
Figura 4 - Cocção das peles de tilápia.....	27
Figura 5 - Gelatina cortada após 24 horas de resfriamento.....	28
Figura 6 - Gelatina seca após 48 horas em estufa.....	28
Figura 7 - Gelatina em pó.....	29
Figura 8 - Filme após 48 horas em estufa.....	31
Figura 9 - Tiras do filme para teste análise de espessura.....	33
Figura 10 - Discos do filme com 2 cm de diâmetro.....	34
Figura 11 - Solução após 24 horas.....	35
Figura 12 - Filme biodegradável.....	40
Figura 13 - Gráfico de tensão de ruptura.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados do rendimento e composição centesimal da gelatina.....	36
Tabela 2 - Valores de cor para filmes de gelatina de tilápia.....	39

## 1. INTRODUÇÃO

A aquicultura vem se expandindo de forma sustentável, e atualmente é o segmento onde mais se implantam projetos, sendo o foco mais importante no setor pesqueiro mundial, representando como uma forma alternativa de maior viabilidade para o suprimento da crescente demanda por pescado, tanto de origem marinha, como de água doce. Com a queda do setor pesqueiro extrativo nas últimas décadas, o rápido crescimento da aquicultura tem sido a única forma de acompanhar esta alta demanda do consumo de pescado mundial (SEBRAE, 2013).

Em 2013, a aquicultura brasileira foi incluída pela primeira vez no relatório anual de Produção da Pecuária Municipal (PPM), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Entre as espécies cultivadas no Brasil, a tilápia do Nilo representa 41% da piscicultura nacional graças a sua fácil adaptação tanto na alimentação natural, quanto na artificial e a resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (SINDIRURAL, 2015).

A indústria de processamento de tilápias iniciou suas atividades no Brasil na década de 90, no Oeste do Paraná, priorizando a produção de filés “in natura” e congelado. Atualmente o estado do Paraná é maior produtor de tilápia, representando 28,8% da produção total (IBGE, 2015). Segundo a Indústria e Comércio de Produtos Derivados da Aquicultura (PISCES), localizada no município de Bragantina, atualmente são produzidos diariamente 2.500 kg de tilápia que resultam em aproximadamente 900 kg de filés. A produção de resíduos gerados de um frigorífico processadores de peixe está entre 62,5 e 66,5% da matéria - prima, sendo fundamental o processamento destes resíduos para a redução do impacto ambiental (BOSCOLO et al., 2001). O termo resíduo refere-se às sobras e aos subprodutos dos processamentos dos alimentos que são de valor comercial relativamente baixo (ARRUDA, 2004). Ou seja, caracteriza-se por resíduo a cabeça, as nadadeiras, pele, escamas e vísceras que, dependendo da espécie, pode chegar a 66% em relação ao peso total (CONTERAS-GUZMÁN, 1994).

Para a tilápia, a cabeça, carcaça e vísceras constituem 54% dos resíduos, a pele 10%, escamas 1% e as aparas dorsais e ventrais e do corte em “v” do filé, 5% (VIDOTTI e BORINI, 2006).

A pele representa de 4,5 a 10 % do peso corporal do peixe variando em função da espécie de peixe e forma de sua retirada (método de filetagem), portanto uma quantidade significativa de um resíduo que pode ser aproveitado para o processamento de curtimento do couro ou na utilização do processamento de outros derivados. Em Tilápia do Nilo foram observados valores que variavam de 6,30% a 6,71% quando feita a retirada da pele manualmente (SOUZA, 2004).

A pele apresenta 35% de proteínas, sendo 34% de proteínas fibrosas e 1% globulares. Dentre as fibrosas, estão colágeno, elastina e reticulina; e das globulares, as globulinas e albuminas (são solúveis em meio aquoso). As fibras colágenas representam 99% das fibrosas (HOINACKI, 1989).

O colágeno é a principal proteína estrutural do reino animal (COLE, 2006), e estima-se que no processamento de pescado, o resíduo após filetagem possui elevada quantidade desta proteína. O colágeno é caracterizado pelos altos teores de glicina, prolina e hidroxiprolina, sendo desnaturado na presença de padrões ácidos diluídos e convertido em proteína solúvel como a gelatina, quando solubilizado em soluções aquecidas (ALFARO et al., 2009). O colágeno trata-se de uma proteína pura e digestível, considerada pela maioria das legislações como um alimento (COELHO et al., 2001).

O processo de obtenção do colágeno é determinante para suas propriedades, pois sua qualidade depende das propriedades físico-químicas, as quais são fortemente influenciadas pela severidade do processo de manufatura (ALFARO et al., 2009). A obtenção de maiores rendimentos no processo de extração do colágeno da pele de tilápia é fundamental para viabilizar sua utilização como potencial fonte de produção.

A extração tradicional de gelatina é feita a partir da hidrólise parcial do colágeno animal contido na pele e ossos de mamíferos, principalmente suínos

e bovinos, porém, devido a problemas sanitários, doenças relacionadas a bovinos como a encefalopatia espongiforme bovina (BSE – conhecida popularmente pela doença da vaca louca) e também ao grande consumo em países onde o judaísmo e o islamismo são religiões predominantes, a busca por outras fontes de gelatina como de subprodutos de frango e de pescado tem aumentado grandemente (ALFARO, 2008; TRINDADE, 2010; SILVA, et al., 2011).

Segundo Sarantopóulos (2002) a gelatina tem capacidade de formar filmes flexíveis. Sendo um hidrocolóide extremamente versátil, produzido em abundância e de baixo custo, ele é atualmente o mais utilizado, pois possui propriedades funcionais interessantes.

Os filmes biodegradáveis são utilizados como um material de reforço aos alimentos, melhorando suas propriedades mecânicas, sendo necessárias menos embalagens para acondicioná-los, aumentando, assim, a eficiência econômica de materiais (KESTER; FENNEMA, 1986).

Geralmente, filmes biodegradáveis a base de proteínas apresentam propriedades mecânicas (resistência e principalmente flexibilidade) de considerável qualidade e baixa resistência ao transporte de vapor de água e gases. Estudos sobre filmes de gelatina foram propostos para a preservação de carnes e de outros produtos alimentícios com base nessas propriedades (HARVARD; HARMONY, 1869 e MORRYS; PARKER, 1895, apud KROCHTA, 1994).

## 2. OBJETIVO

### 2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo está na elaboração e avaliação das propriedades físico-químicas e mecânicas de filmes biodegradáveis obtidos a partir da gelatina extraída da pele de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extração da gelatina a partir da pele de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).
- Composição centesimal da gelatina: cinzas, umidade, proteínas e lipídeos.
- Obtenção de filmes biodegradáveis.
- Avaliação da propriedade mecânica: tensão de ruptura do filme.
- Avaliação das características físico-químicas do filme biodegradável obtido em relação a: solubilidade e cor.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Um grande avanço para a aquicultura mundial ocorreu com a rápida e crescente intensificação da tilapicultura, neste contexto destaca-se a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). A tilápia é classificada taxonomicamente na classe *Osteichthyes*, superordem *Teleostei*, ordem *Perciformes* e família *Chichlidae*. Ela apresenta coloração cinza azulada, corpo curto e alto, cabeça e cauda pequena, com listras verticais na nadadeira caudal. Apresenta de 16 a 26 rastros branquiais, o que a torna uma boa espécie filtradora de plâncton. Seu crescimento é bastante intenso podendo chegar até 5Kg. Tolerava grandes variações de temperatura desde 21°C até acima de 35°C, não é uma espécie muito exigente quanto ao oxigênio e vive bem em águas salobras, suportando até 18‰ de sal, apesar de seus hábitos alimentares a classificam como onívora (ORR 1986).



Figura 1: tilápia do Nilo

Segundo Castagnolli (1992), a primeira espécie do grupo das tilápias introduzida no Brasil foi a (tilápia rendalli), em 1953, a qual foi obtida no Congo, utilizada para povoamento da represa “Light”, no Estado de São Paulo, e do

lago Paranoá, em Brasília. No entanto, a primeira introdução de tilápias do Nilo em território nacional se deu no ano de 1971, através do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) em Pentecostes, Ceará (CASTAGNOLLI, 1992). Aproximadamente 100 animais foram importados de Bouaké, na Costa do Marfim. Tal linhagem ficou comumente conhecida como “Nilótica” ou “Bouaké”.

Na década de 1990, ocorreu um grande desenvolvimento de novas tecnologias de exploração e melhor orientação técnica, desde então sua criação vem se expandido, especialmente no Estado de São Paulo e Paraná (MOREIRA, 1999).

Apresenta-se hoje como uma das espécies mais importantes para o desenvolvimento da aquicultura nacional e mundial, uma vez que é a espécie mais produzida no país, responsável por 41 % da produção da aquicultura de água doce. Além disso, compõe o segundo grupo de espécies mais cultivadas em todo o mundo, ficando atrás apenas das carpas (SENAR-MA, 2016). Este destaque deve-se, em grande parte, às características apresentadas por estes peixes, como rápido crescimento, tolerância a uma ampla faixa de condições ambientais, precocidade sexual, rusticidade e capacidade de aproveitamento do alimento natural (ELSAYED, 2006). Possui ainda boas características organolépticas e ausência de espinhos na forma de “Y” no seu filé (HILDSORF, 1995).

### 3.2. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA AQUICULTURA

Grande parte do pescado produzido e processado por unidades de processamento termina em forma de resíduos industriais, que poderiam ser utilizados para a produção de alimentos nutritivos e de baixo custo, é uma alternativa viável de exploração comercial e reduzindo a geração de resíduos orgânicos (MIRANDA, 1997).

Há uma considerável quantia de resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva do pescado, que incluem os resíduos desde a produção do peixe até a comercialização do produto final (VIDOTTI e GONÇALVES, 2006). Durante a produção, em razão da heterogeneidade de crescimento dos peixes, no

momento da classificação e despesca, por não atingirem o peso comercial, podem ser descartados, e estes animais acabam sendo eliminados, conseqüentemente, gerando resíduos. No entanto um grande percentual de resíduos é gerado com o processo da filetagem, gerando um grande problema para o produtor bem como para a unidade de beneficiamento (VIDOTTI e GONÇALVES, 2006).

Os tipos e as quantidades de resíduos gerados na cadeia do pescado, desde a produção, seu beneficiamento ou industrialização, dependem do processamento empregado, espécie de peixe, tamanho do animal, produto final desejado pelo consumidor, entre outros. Dentre as espécies de peixes de água doce no Brasil a mais utilizada para beneficiamento, é a tilápia do Nilo, processada para obtenção de filés frescos ou congelados, sem peles (BORDIGNON, 2010). Para esta espécie, segundo Vidotti e Gonçalves (2006), o rendimento de filé chega em torno de 30% e os 70% restantes são os resíduos gerados que incluem: 14% de cabeça, 35% de carcaça, 10% de pele e 1% de escamas.

Os resíduos gerados, com a cadeia produtiva da piscicultura, principalmente em relação à tilápia após a filetagem, constituem uma diversidade de matérias-primas de alta qualidade que podem ser transformada em diversos subprodutos, destinados à fabricação de diferentes produtos com a aplicação tecnológica apropriada para obtenção de produtos de excelente qualidade nutricional, agregando valor econômico considerável a produção da tilapicultura (BORDIGNON, 2010).

Um subproduto bastante promissor dentre os produtos que já estão sendo elaborados, é a CMS (Carne mecanicamente separada) que é obtida através de desossa mecânica da carne que se encontra aderida à carcaça, ou espinhaço do peixe, e que pode ser separada dos ossos mediante processo de prensagem, apresenta uma grande variedade na linha de produtos que podem ser comercializados, tais como: "fishburger", salsichas, empanados e enlatados, tirinhas de peixe, nuggets, entre outros (MARCHI, 1997). A partir da cabeça pode-se desenvolver caldos (STEVANATO et al., 2007) e com a

carcaça e/ou carcaça com cabeça, desenvolver a farinha aromatizada para o consumo humano (SOUZA et al, 2008).

Além destes produtos mencionados, existe a possibilidade de utilizar todos os resíduos, independente do seu tipo, para a elaboração de silagem, farinha e óleo de peixe para ração, assim como, segundo Vidotti e Gonçalves (2006), utilizado como compostagem para adubação de solos. Dentre os resíduos de filetagem do pescado, as peles podem ser transformadas em couro, sendo atualmente uma fonte alternativa de renda que pode servir de matéria-prima para a fabricação de carteiras, bolsas, confecções de vestuários, entre outros artefatos (SOUZA, 2004).

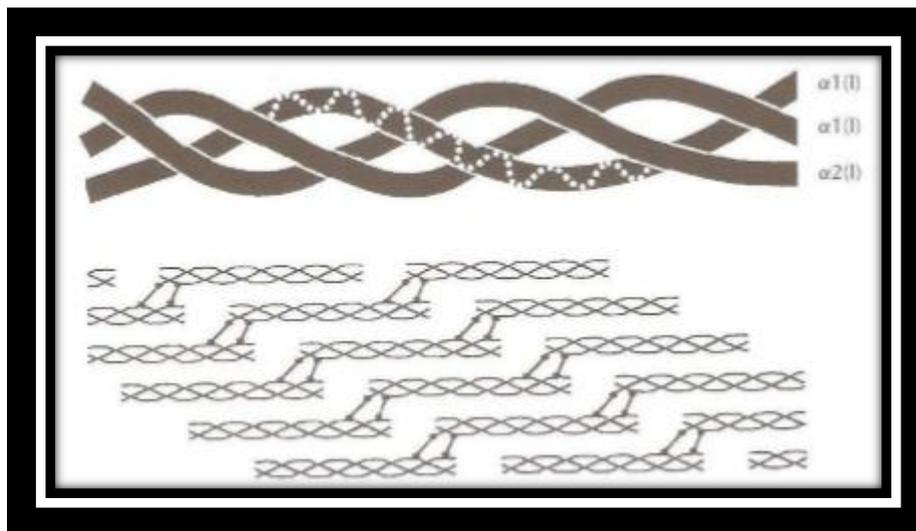
Também pode ser utilizada para a elaboração de gelatina que é uma proteína de origem animal, solúvel em água, para temperaturas acima de 60°C, resultante da hidrólise ácida ou básica do colágeno proveniente dos ossos, de peles bovinas e suínas e de tecidos conectivos. A gelatina esta sendo uma excelente forma de aproveitamento de subprodutos dos processamentos de tilápias. Porém, o processo ainda carece de estudos e desenvolvimento, que por sua vez irão determinar características inerentes quanto a espécie, métodos de conservação da matéria-prima (as peles são extremamente sensíveis à deterioração), métodos de extração do colágeno, pH, temperatura, tipo de reagentes que serão utilizados no processo de tratamento, tempo de tratamento bem como de extração, entre outros (BORDIGNON, 2010).

### 3.3. COLÁGENO

O termo colágeno é derivado do termo grego, em que KOLLA (cola) e GENO (produção), seu significado mais usual seria a produção de cola animal, a partir de diferentes matérias-primas. O colágeno constitui 1/3 do total de proteínas dos vertebrados, calcula-se que em mamíferos varia entre 20 a 30% dessa proteína corpórea. O colágeno está presente na maioria dos tecidos, encontrando-se principalmente em tendões, músculo, pele, cartilagens, ossos, córneas e sistema vascular (SHIMOKOMAKI, 1991).

O colágeno é a principal proteína do tecido conectivo (OGAWA e MAIA, 1999), uma escleroproteína baseada em uma cadeia de polipeptídeos que

compreende aproximadamente 1.050 aminoácidos. Possui três cadeias de polipeptídeos de cadeia- $\alpha$ , com rotação no sentido horário e se enovelam formando uma tripla hélice. A cadeia de polipeptídeos contém grandes quantidades de glicina, prolina, hidroxiprolina, e baixo teor de aminoácidos aromáticos (OGAWA e MAIA, 1999). O principal tipo de colágeno encontrado nos peixes é o do tipo I denominado de Tripocolágeno (Figura 2) (OGAWA e MAIA, 1999).

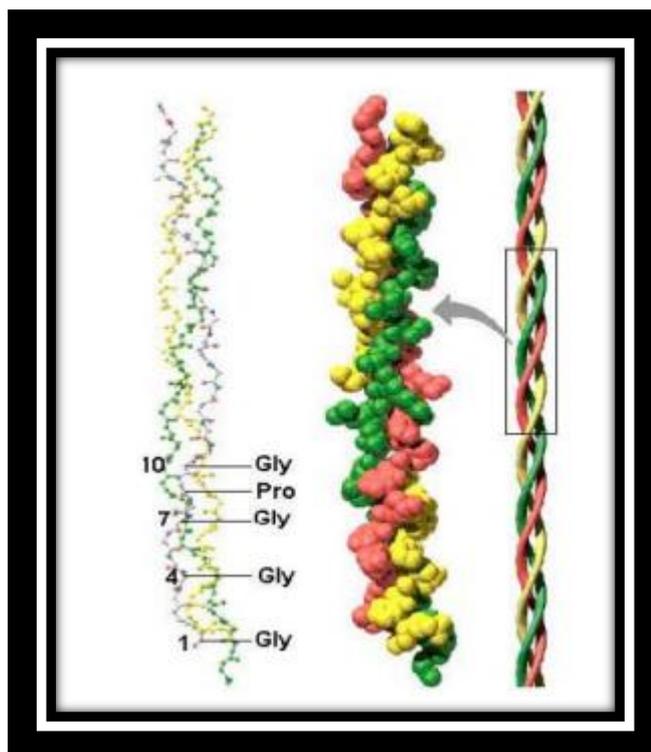


**Figura 2 - Esquema e estrutura do Colágeno Tipo I.**

Fonte: Darmodaran, Parkin e Fennema (2010).

O colágeno do tipo I é o mais abundante, e o maior constituinte da pele, cerca de 80% da base seca da pele de animais adultos, os tendões correspondem a 90% da base seca e ligamentos e ossos a 90% de matéria seca. Na pele, o colágeno apresenta uma camada flexível e disposta de forma entrelaçada aleatoriamente (SWAN e TORLEY, 1991).

A superposição de várias triplas hélices produz as fibras de colágeno que são estabilizadas por meio de ligações cruzadas e formam uma estrutura de rede tridimensional. Esta estrutura é a responsável pela insolubilidade do colágeno, que através de uma hidrólise parcial, bastante forte é transformado em colágeno solúvel, resultando a gelatina ou colágeno hidrolisado (Figura 3) (SHREVE e BRINK JR., 1980).



**Figura 3 - Estrutura polipeptídica do colágeno**

Fonte: Lenhinger (2002).

A extração do colágeno está diretamente relacionada com a rigurosidade do processo de extração e do pré-tratamento, em que o colágeno é parcialmente hidrolisado sem alterar a configuração original de tripla hélice, que depois é desestabilizada por um tratamento térmico subsequente por provocar o rompimento de ligações covalentes e de hidrogênio, o que leva à conversão do colágeno em gelatina (MONTERO e GÓMEZ-GUILLÉN, 2000).

O colágeno apresenta na sua estrutura a tripla hélice composta por três cadeias de polipeptídeos que se enovelam e formam uma estrutura em 3D. Esta geometria espacial é ideal para formar ligações de hidrogênio (JOHNSTON-BANKS, 1990; NIJENHUIS, 1997). A hélice de colágeno pode-se desdobrar e torna-se facilmente solúvel, isso depende da temperatura de desnaturação e da quantidade de prolina e hidroxiprolina presente. E a hidroxiprolina é o aminoácido mais importantes, pois ele possui a capacidade de estabelecer pontes de hidrogênio através de seus grupamentos OH (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002). Os iminoácidos são importantes, pois eles ajudam a estabilizar a conformação ordenada da rede formada pela gelatina (HAUG et.al., 2004).

A quantidade de hidroxiprolina no colágeno das peles de peixes difere entre as espécies, interferindo na temperatura de retração ou encolhimento da pele de forma a ocorrer a ruptura dos enlaces de hidrogênio da cadeia de colágeno de forma irreversível. Com isso, se dá a desnaturação protéica e, particularmente no colágeno, se verifica a gelatinização, que morfologicamente se manifesta por uma forte contração das fibras no sentido longitudinal tornando-se, as fibras transparentes e elásticas (PASOS, 2002). Engel (1987) relata que o colágeno bovino sofre desnaturação a 40°C. Segundo Bordignon (2010) no caso da tilápia, quando as proteínas são submetidas a temperaturas superiores à 43°C suas fibras colágenas são desnaturadas.

#### 3.4. GELATINA

A gelatina é uma proteína, ausente de triptofano, além de ser pobre em tirosina, cistina e metionina, sendo obtida industrialmente a partir da hidrólise controlada da estrutura organizada do colágeno de ossos, cartilagens e peles de animais, em geral imperfeitas e impróprias para a transformação em couro (BORDIGNON, 2010).

Segundo o RIISPOA entende-se por “gelatina comestível” o produto da hidrólise em água fervente de tecidos ricos em substâncias colagênicas (cartilagens, tendões, ossos, aparas de couro) concentrado e secado. De acordo com Montero e Gómez Guillén (2000), o colágeno e a gelatina, são diferentes formas da mesma macromolécula, sendo possível descrevê-la como colágeno hidrolisado.

A preparação industrial da gelatina envolve a hidrólise controlada para obter a gelatina solúvel através de um dos métodos de tratamento (alcalino ou ácido) da matéria-prima, seguido de desnaturação térmica que se obtém os diferentes tipos de gelatina, com diferentes aplicabilidades em função da necessidade do mercado consumidor e as espécies de matéria-prima e métodos aplicados para a extração. Quando ocorre a desnaturação do colágeno com o controle de temperatura, vai havendo a quebra em pequenos fragmentos e as triplas hélices são separadas umas das outras, onde as

massas moleculares variam em função do tipo de preparação e fonte da matéria-prima (BORDIGNON, 2010).

De acordo com Poppe (1997), com a hidrólise do colágeno pode ser formada três cadeias  $\alpha$  independentes, uma sendo cadeia  $\beta$ , uma  $\alpha$  ou apenas uma cadeia  $\gamma$ , sendo que a diferença entre as três formas da gelatina é a massa molar. Segundo o mesmo autor, para a gelatina  $\alpha$  a massa molar varia de 80 a 125 KDa, enquanto para  $\beta$ , de 160 a 250 KDa e a forma  $\gamma$  o valor de 240 a 375 KDa de massa molar, sendo que as massas molares maiores são características de melhores preparações.

Segundo Carvalho (2002), a extração da gelatina a partir do colágeno é realizada com diferentes temperaturas que variam desde 60°C até 90°C e com controle rigoroso de pH visando a maximização da extração e a manutenção de suas propriedades físicas. Também são realizadas extrações em diferentes tempos e são utilizados ácidos sulfúrico ou diferentes ácidos orgânicos (fórmico, acético, propiônico, láctico, málico, tartárico, cítrico em várias concentrações) e/ou adição de soluções salinas (NaCl, KCl, MgCl<sub>2</sub> e MgSO<sub>4</sub>), assim como, em função da técnica aplicada são utilizados também o fosfato de cálcio, carbonato de cálcio (nas extrações alcalinas) (BORDIGNON, 2010).

#### 3.4.1. GELATINA A PARTIR DE PELE DE PEIXES

A maioria das gelatinas comerciais é produzida a partir de mamíferos, principalmente bovinos e suínos, porém em razão algumas restrições sócio culturais de islamitas e judaístas; e doenças mundialmente conhecidas como a encefalopatia enpongiforme bovina (vulgarmente conhecida como mal da vaca louca) e febre aftosa, causaram muitos problemas para a saúde humana, assim limitando o uso de gelatinas derivadas (CHO et al., 2005).

Segundo Norland (1990), a gelatina de peixe tem sido alvo de pesquisas para esse público restrito, além da redução de resíduos de filetagem que seriam descartados para o meio ambiente, evitando a poluição ambiental. A elaboração da gelatina proporciona melhores condições de processamento às

indústrias de beneficiamento, agregando valor à cadeia produtiva do peixe, utilizando-se de resíduos do processamento do peixe (pele e ossos), convertendo-os em subprodutos de valor agregado. Mesmo, diante destes fatores, atualmente a produção de gelatina de peixe é insignificante, pois segundo Arnesen e Gildberg (2007), é de apenas 1% de toda a produção anual de gelatina no mundo.

O método de extração do colágeno para elaboração da gelatina a partir de peles de peixe é diferente dos métodos de extração do colágeno para peles de mamíferos, em virtude de suas diferenças nas propriedades físicas e químicas (Kolodziejska et al., 2008), necessitando utilizar temperaturas moderadas e depende do tipo de matéria-prima (espécie de peixe de águas tropicais ou frias), do pré-tratamento aplicado e das condições de extração.

A pele de bovinos contém aproximadamente 94 resíduos de hidroxiprolina e 138 resíduos de prolina, dentro de um total de 1000 resíduos de aminoácidos, enquanto à gelatina da pele do bacalhau contém aproximadamente 53 resíduos de hidroxiprolina e 102 resíduos de prolina (PIEZ e GROSS, 1960).

Gelatinas de peixes de água quente, como é o caso da tilápia contêm cerca de 70 resíduos de hidroxiprolina e 119 resíduos de prolina por 1000 resíduos de aminoácidos, e apresenta propriedades físicas bastante semelhantes à gelatina de mamíferos (SARABIA et al., 2000).

Quantitativamente, as gelatinas processadas com peixes de água fria provindos de capturas ainda são consideradas preferidas pelas indústrias por causa da maior disponibilidade dessa matéria-prima e a oferta de seus subprodutos como a pele e os ossos (SAKAGUCHI et al., 1999; HAMADA et al, 2001).

Segundo Norland (1990), as gelatinas feitas com peles de peixes de águas frias não formam gel à temperatura ambiente, pois sua temperatura de gelificação é de 8 a 10° C. Esta característica limita sua aplicação na indústria de alimentos como um componente de gelificação, caso não sejam efetuadas algumas modificações em suas propriedades (KOLODZIESKA et al., 2004).

### 3.5. FILMES BIODEGRADÁVEIS

Para suprir a crescente demanda de materiais com caráter renovável, biodegradável e sustentável, biomateriais estão sendo cada vez mais importantes para esse desenvolvimento, particularmente com adição de compósitos em sua formulação (GROS; KALRA, 2002 e MOHANTY et al., 2002 apud GINDL, 2006). Filmes biodegradáveis são utilizados para reforçar os alimentos, resultando na melhoria da durabilidade durante processamento, estocagem e distribuição (KESTER; FENNEMA, 1986).

Compósitos são partículas rígidas adicionadas aos polímeros ou outras matrizes filmogênicas para produzir algum efeito desejável ao filme como, por exemplo: aumento da resistência mecânica e fornecimento de resistência à elongação e a fratura (AHMED; JONES, 1990).

Embora o uso de filmes biodegradáveis em produtos alimentícios possa parecer recente, sua aplicação vem ocorrendo há muitos anos. Durante os séculos XII e XIII, praticou-se na China o recobrimento de laranjas e limões com ceras para retardar a perda de umidade (DONHOWE; FENNEMA, 1994). Um processo de recobrimento de alimentos envolvendo gelatina foi desenvolvido no início do século XIX (GUILBERT, 1986). As pesquisas em filmes e coberturas comestíveis têm sido intensas nos últimos anos na área alimentícia (MALI et al., 2006, LUKASIK; LUDESCHER, 2006, MARTELLI et al., 2006, GARCÍA; SOBRAL, 2005, VEIGA-SANTOS et al., 2005), além de motivações provenientes de diferentes direções para o desenvolvimento neste campo.

A maioria dos filmes ou coberturas comestíveis contém, no mínimo, um componente que, em geral, é um polímero de alto peso molecular. Estruturas poliméricas de cadeia longa são requeridas para formar uma matriz filmogênica com força de coesão apropriada quando dispersas em um solvente adequado.

A força de coesão de um filme é formada devido a estrutura química e polimérica natural do sistema e do solvente, a presença de aditivos, como os agentes de ligação cruzada (cross-linking), e as condições ambientes durante a formação dos filmes. Quando o comprimento da cadeia polimérica e sua

polaridade aumentam, a coesão é aumentada. Isso geralmente resulta na redução da flexibilidade do filme, da porosidade e, conseqüentemente, da permeabilidade aos gases, vapores e solutos. Uma distribuição uniforme dos grupos polares ao longo da cadeia polimérica aumenta a coesão por aumentar a probabilidade de pontes de hidrogênio intermoleculares e interação iônica (KESTER; FENNEMA, 1986).

### 3.5.1. FILMES BIODEGRADÁVEIS A BASE DE PROTEÍNAS

A habilidade de muitas substâncias de formar filmes tem sido utilizada em diversas aplicações industriais. A gelatina foi um dos primeiros materiais empregados na formação da parede de cápsulas poliméricas, em métodos de microencapsulação. Duas aplicações comerciais incluem a extrusão de colágeno reconstituído, para envoltório de produtos cárneos, e o uso de cobertura de zeína de milho para nozes e artigos de confeitaria (McHUGH; KROCHTA, 1994).

Dentre todas as proteínas, a gelatina tem atraído a atenção para o desenvolvimento de filmes comestíveis devido à sua abundância (BIGI et al., 2002). Os principais parâmetros que afetam as propriedades de filmes formados por gelatina são a fonte da matéria-prima, o método de extração, o peso molecular, o método de preparação do filme e o grau de hidratação ou presença de plasticizante.

Filmes protéicos melhoram as propriedades mecânicas dos alimentos e minimizam a perda de aromas voláteis (LEE et al., 2004). No entanto, de acordo com Bertan et al. (2005), os filmes feitos de proteínas são sensíveis à umidade. Desta forma, inúmeros estudos têm sido conduzidos com a intenção de melhorar a performance desses filmes. Um método extensivamente utilizado para aumentar a barreira ao vapor de água dos filmes tem sido a incorporação de compostos hidrofóbicos, como lipídeos, na solução formadora de filmes (CHAMBI; GROSSO, 2005).

Quando uma matéria-prima não preenche algum requisito para determinadas aplicações dos filmes que ela forma, existem duas alternativas a serem tomadas, a primeira é modificar sua cadeia estrutural e a segunda é

adicionar outras matérias-primas capazes de suprir as deficiências existentes. Neste segundo caso, onde o elemento adicionado tem como objetivo melhorar as propriedades mecânicas, os filmes formados recebem o nome de Filmes Compósitos. Fibras de celulose ou microfibrilas em matriz a base de amido aumentam a resistência à ruptura e melhoram a resistência à água em até 15% (ABDELMOULEH et al., 2005).

Lee et al. (2003) avaliaram a proporção de gelatina e a concentração de NaCl nas propriedades mecânicas dos filmes, encontrando uma diminuição da solubilidade em água e da força de tensão e um aumento da elongação para ruptura, durante o aumento da proporção de gelatina.

Wang e Pádua (2005) incorporaram óleo de linhaça e óleo de tungue em filmes de zeína e avaliaram as forças de tensão e propriedades de barreiras à água. Chamb e Grosso (2005) adicionaram transglutaminase em filmes de gelatina e caseína, variando a proporção dessas duas proteínas, e examinaram suas propriedades mecânicas e de barreira, encontrando diminuição na permeabilidade ao vapor de água.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. MATÉRIA-PRIMA

As peles de tilápia utilizadas para a extração da gelatina foram doadas pelo Pesqueiro Belini localizado na cidade de Peabiru – PR. As peles eram adquiridas frescas (no mesmo dia da pesca), lavadas em água corrente, colocadas em um saco plástico e pesadas em porções separadas de 250 g cada uma e mantidas congeladas à -18°C.

### 4.2. EXTRAÇÃO E SECAGEM DA GELATINA

Para extração da gelatina foi utilizado à metodologia proposta por Molinari (2014), onde as peles foram descongeladas e lavadas novamente em água corrente. Após a lavagem, cada porção contendo 250 g de pele foi colocada em um béquer de 600 mL e adicionou-se 250 mL de água destilada. Esses béqueres foram colocados em uma panela contendo água e levados ao fogo (Figura 4).



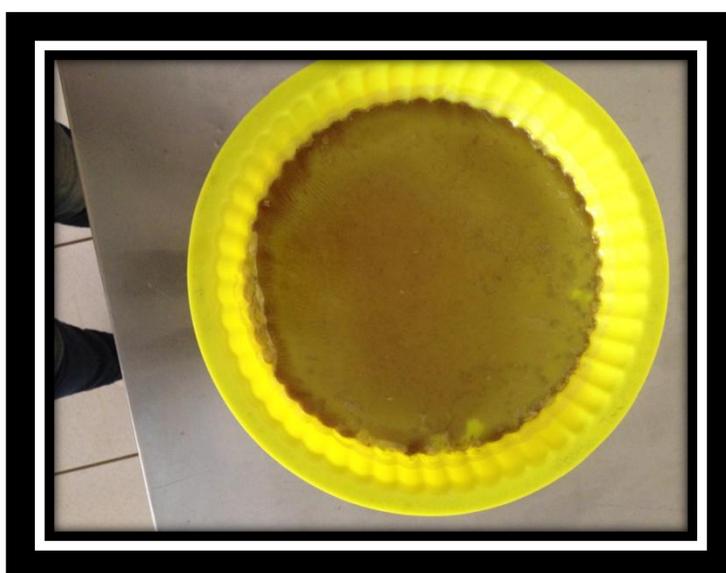
Figura 4: Cocção das peles de tilápia.

A temperatura da água na panela foi medida constantemente e assim que atingiu o valor de  $95 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , contabilizou-se então 30 min e os béqueres foram retirados. Os sólidos foram separados através de peneira, seguido por uma filtração e o sobrenadante foi resfriado em geladeira comum na temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

Após a gelificação, as gelatinas foram cortadas em cubos e colocadas em formas redondas de silicone (Figura 5), essas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a  $60^{\circ}\text{C}$  por 24 a 48h, até que a obtivessem aspecto de filme (Figura 6).



**Figura 5: Gelatina cortada após 24 horas de resfriamento.**



**Figura 6: Gelatina seca após 48 horas em estufa.**

#### 4.3. GELATINA EM PÓ

Depois de seca, as gelatinas foram trituradas em liquidificador industrial Metvisa – 10 L e peneiradas para que todas as partículas obtivessem o mesmo tamanho, como mostra a Figura 7.



Figura 7: Gelatina em pó.

#### 4.4. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA GELATINA EM PÓ

A composição centesimal é necessária para possibilitar a classificação dos alimentos, pois verifica a identidade e a pureza das substâncias de natureza orgânicas e inorgânicas (SILVA e QUEIROZ, 2009), em função dos teores de água, lipídios, proteínas e minerais. Essa informação auxilia na execução de objetivos como na padronização dos produtos alimentares com base nos critérios nutricionais, além de fornecer subsídio no caráter dietário. É importante também para acompanhar os processos industriais e as pesquisas com componentes químicos e na seleção de equipamentos certos para a otimização econômico-tecnológica do processo (CONTRERÁS-GUSMÁN, 1994).

#### 4.4.1. RENDIMENTO

Para o cálculo de rendimento foi utilizado 100g de amostra. Essa cálculo foi realizado a partir da relação entre o peso da gelatina seca e o peso da matéria-prima úmida de acordo com a Equação 1:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{peso da gelatina seca}}{\text{peso da pele umida}} \times 100 \quad (1)$$

#### 4.4.2. UMIDADE

A umidade da gelatina foi determinada de acordo com os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), a partir da secagem da amostra em estufa a 105°C durante 3 horas (obtenção de massa constante). Esta análise toma como base a perda de peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições em que a água é removida. Para esta análise foi utilizado 5 g de amostra e o cálculo realizado com a Equação 2:

$$\text{Umidade} = 100 \times \frac{N}{P} \quad (2)$$

Onde:

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n° de gramas da amostra

#### 4.4.3. CINZAS

A determinação de cinzas foi realizada de acordo com os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), onde a amostra foi aquecida em mufla a 550°C durante 4 horas (até a obtenção

de cinzas acinzentadas). Para esta análise foi utilizado 5 g de amostra e o cálculo foi feito com auxílio da Equação 3:

$$Cinzas = 100x \frac{N}{P} \quad (3)$$

Onde:

N = nº de g de cinzas

P = nº de g da amostra

#### 4.4.4. PROTEÍNAS

A análise de proteínas foi realizada a partir do método de Kjeldahl conforme descrito nos Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), composto por três etapas. Sendo a digestão a primeira etapa onde o nitrogênio orgânico é transformado em amônia e os componentes orgânicos são convertidos em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, a segunda a destilação, que consiste no recolhimento do gás amônia liberado em solução receptora (ácido bórico) e, por última, a titulação na qual é realizada a determinação quantitativa da amônia contida na solução receptora (ácido bórico).

#### 4.4.5. LIPÍDEOS

Considerando que umidade, proteínas, cinzas e lipídeos totalizam 100%, somou-se todos os valores encontrados e fez-se a diferença, encontrando assim o valor de lipídeos.

#### 4.5. ELABORAÇÃO DOS FILMES

Os filmes biodegradáveis foram preparados segundo uma técnica tipo *casting*. Para elaboração do filme, foi preparada uma solução contendo 6 g de

gelatina seca, 1,2 g de sorbitol e 300 mL de água destilada. Essa solução foi agitada com auxílio de um agitador a 640 rpm por 30 min. Em seguida foi adicionado 1,2 mL de glicerol na solução, o béquer foi colocado sobre uma placa aquecedora a 30°C com agitação constante por 10 min.

Essa solução foi despejada em uma forma redonda de silicone e colocada para secagem em estufa com circulação de ar a 40°C por 48 h até a formação do filme como mostra a Figura 8.



**Figura 8: Filme após 48 horas em estufa.**

#### 4.6. ANÁLISE DE ESPESSURA DO FILME

Para a análise de espessura, o filme foi cortado em 15 tiras, contendo 4,5 cm de comprimento e um “pescocinho” para auxiliar no teste de ruptura (Figura 9). A espessura dos filmes foi medida com o auxílio de um micrômetro de disco marca Pantec com escala de 0 a 0,25 mm com precisão de 0,001 mm. A espessura final do mesmo correspondeu à média aritmética de três pontos aleatórios de cada amostra (Oliveira, 1996).



**Figura 9: Tiras do filme para teste análise de espessura.**

#### 4.7. TESTE DE TRAÇÃO DO FILME

Para a análise de tração foi utilizado um texturômetro (TA.XT Express), onde utilizou-se uma célula de carga de 10kg N. As amostras do filme foram cortadas em formato retangular com um “pescocinho” e foram colocadas no texturômetro, fixando uma distância de 45 mm entre as garras, o texturômetro foi ajustado para atingir o limite de extensão até 25 cm.

#### 4.8. ANÁLISE DE SOLUBILIDADE DO FILME

A análise de solubilidade do filme foi realizado segundo a metodologia proposta por Gontard et al. (1992). Discos do filme, com 2 cm de diâmetro (Figura 10), previamente pesados, foram imersos em 50 mL de água destilada, contendo azida sódica (0,02% p/v) um agente antimicrobiano, a 25°C, e foram mantidos por 24 horas sob agitação de 63 rpm (Figura 11). A solubilidade foi calculada conforme a Equação 2:

$$\%MS = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (2)$$

onde: %MS: porcentagem de material solubilizado.

$m_i$ : massa inicial da amostra.

$m_f$ : massa final da amostra



**Figura 10: Discos do filme com 2 cm de diâmetro.**



**Figura 11: Solução após 24 horas.**

#### 4.9. COR DO FILME

Para a análise colorimétrica do filme, foi utilizado o equipamento Mini Scan ® EZ HunterLAB, as amostras foram colocadas de forma lisa e homogênea, na tampa branca do equipamento que é utilizada para fazer a calibração do mesmo, a fim de evitar a passagem de luz para que não ocorresse interferência. O equipamento faz leituras nos seguintes parâmetros:  $L^*$  que representa a porcentagem de luminosidade, 0= escuro e 100=claro),  $a^*$  (onde  $-a^*$  representa direção ao verde e  $+a^*$  direção ao vermelho) e  $b^*$  (onde  $-b^*$  representa direção ao azul e  $+b^*$  direção ao amarelo).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do rendimento e composição centesimal da gelatina podem ser verificados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Resultados do rendimento e composição centesimal da gelatina.

Análise	Resultados (%)
Rendimento	6,24
Umidade	7,26
Cinzas	2,13
Proteínas	86,4
Lipídeos	4,19

O rendimento da extração de gelatina foi realizado em triplicata seguindo a metodologia proposta por Molinari (2014) obtendo-se uma média com o valor de 6,24% (gramas de gelatina em pó por 100g de pele úmida). O valor encontrado está abaixo do valor de 18,1% descrito por Songchotikunpan et al. (2008) para a mesma matéria-prima, mas em contra partida esta dentro da faixa dos valores encontrado por Molinari (2014) que ficaram entre 6,21 e 12,08%

O rendimento pode variar com o método de extração empregado e com a idade e a espécie do peixe utilizado (MUYONGA et al., 2004; JONGIAREONRAK et al., 2006). Rendimentos de gelatina extraída da pele de diferentes espécies de peixes variando entre 5,5 e 21% foram obtidos anteriormente (GIMENÉZ et al., 2005; JAMILAH e HARVINDER, 2002).

Silva et al. (2011) realizou extração de gelatina de cabeça de carpa e obteve rendimento entre 1,50 e 2,3%. Segundo a literatura, o rendimento de extração de gelatina de pescado (6%) é inferior ao da gelatina de mamíferos (19%) (JAMILAH & HARVINDER, 2002).

O percentual de umidade foi de 7,26% obtido pela média dos três valores encontrados.

A umidade é um dos principais fatores para os processos microbiológicos, como o desenvolvimento de bactérias. O teor de umidade das matérias-primas é de fundamental importância para a conservação e armazenamento. Gelatinas comerciais apresentam umidade de 9-14% à temperatura ambiente (25 °C) (COLE, 2014). A gelatina obtida apresentou valor abaixo da faixa descrita para gelatinas comerciais.

Bordignon (2010) encontrou valores de umidade entre 11,68 e 11,92%. De acordo com a autora, essas diferenças podem estar relacionadas com os diferentes métodos de lavagem e conservação das peles antes do início do processo de extração e principalmente em relação ao tempo de secagem das gelatinas após o processo.

A análise de cinzas foi realizada em triplicata a fim de determinar a quantidade de matéria inorgânica presente nas amostras. O resultado foi de 2,13 % valor obtido através da média entre as três amostras. Esse valor está quase semelhante ao encontrado por Songchotikunpan et al. (2008) que foi de 2,1%. Bordignon (2010) encontrou valores de cinzas entre 2,37 e 2,51%, valores bem próximos dos citados nesse estudo.

Segundo Jones (1977) o teor máximo de cinzas recomendado para gelatinas é de 2,6%, apesar de usualmente gelatinas com conteúdo acima de 2% sejam aceitas para aplicações alimentícias (CHO et al., 2004).

A quantidade de cinzas presente em alimentos refere-se ao resíduo inorgânico restante da incineração da matéria orgânica. A composição das cinzas corresponde a minerais presentes nos alimentos, devido às perdas por volatilização e reação entre os componentes. São consideradas medida geral de qualidade e, geralmente, é utilizada como critério na identificação dos alimentos (CHAVES et al., 2004).

As amostras obtidas nesse estudo apresentaram teores de proteínas entre 85,12 e 87,65%, obtendo-se uma média de 86,4%. Bordignon (2010) obteve gelatinas com 84,47 e 85,65% de proteínas, valores bem próximos aos desenvolvidos neste estudo.

Songchotikupan et al. (2008) e Bueno et al. (2011), obtiveram valores superiores ao encontrado neste estudo sendo 89,40% e 88,90% de proteínas em sua composição, respectivamente.

O teor de lipídeos da amostra foi de 4,19%, valor relativamente alto quando comparado com os encontrados por Bordignon (2010), os quais ficaram em torno de 0,025% e 0,047% e Alfaro (2008) que foi 0,25%.

- ANÁLISE DE ESPESSURA DO FILME

A espessura determinada pela medição direta através de micrômetro foi de  $0,177 \pm 0,03$  mm. Esse resultado é considerado positivo, pois mostra a homogeneidade do filme formado, ou seja, ele apresentou poucas alterações em sua superfície apesar do processo de formação ser o *casting* que é difícil de controlar.

O valor encontrado neste estudo mostrou-se mais espesso que os valores encontrados por Silveira (2012) que variou entre 0,074 mm  $\pm$  0,02 para filmes produzidos com gelatina de tilápia do Nilo.

Gómez-Guillén et al. (2000) encontrou valores de 0,098- 0,101mm para filmes obtidos a partir de gelatina de atum com extratos de antioxidantes. A espessura pode variar de acordo com os componentes agregados aos filmes ou diferentes volumes de solução filmogênica adicionada as placas para a elaboração dos filmes.

- SOLUBILIDADE DO FILME

Todos os filmes testados solubilizaram-se totalmente após 24 horas de imersão em água, apresentando um valor de 100% de solubilidade. Este valor é superior aos relatados por Monterrey-Quintero (2000) que descreve valores de no mínimo 12,3% e máximo de 19,5% para filmes de tilápia do Nilo e superior aos filmes à base de proteínas miofibrilares de sardinha, com solubilidade na faixa de 33% a 47% em filmes com 35% de glicerol.

Filmes constituídos por polissacarídeos e proteínas normalmente apresentam alta resistência mecânica e permeabilidade seletiva a gases, mas

são sensíveis à umidade, sendo que os elaborados apenas com lipídios são resistentes à passagem de água, mas apresentam-se opacos e quebradiços. Deste modo, a combinação de compostos pode resultar em melhores propriedades funcionais dos filmes e tornaria o filme mais propício para ser utilizado como base na elaboração de revestimentos de embutidos cárneos.

YANG & PAULSON (2000) observaram que a adição de ceras, ácidos graxos saturados de cadeia longa e álcoois graxos apresentou-se efetiva na diminuição da permeabilidade ao vapor de água (PVA) de filmes à base de gelatina.

- COR DO FILME

A cor do biofilme varia sempre de acordo com a sua origem, composição, concentração ou até mesmo com a espessura do biofilme. Na Tabela 2 são apresentados os valores encontrados para cor.

**Tabela 2** - Valores de cor para filmes de gelatina de tilápia

	L	a*	b*
Média	75,39 ±0,10	0,72 ±0,74	36,93 ±0,43

Observou-se que o valor de a\* (0,72) que representa a variação ao vermelho (+); e b\*(38,03) ao amarelo estão acima dos valores encontrados por Silveira (2012) que foram de -0,11 e 3,03 respectivamente. Já o valor da luminosidade encontrado neste estudo (75,39) esta abaixo da encontrada por Silveira (2012) que foi 96, 70 e o valor encontrado por Bae et al. (2009) que foi 97,02.



Figura 12: Filme biodegradável.

- TENSÃO DE RUPTURA DO FILME

O ensaio de tração referente a tensão de ruptura ( $\sigma$ ) do filme esta apresentado na Figura 13.

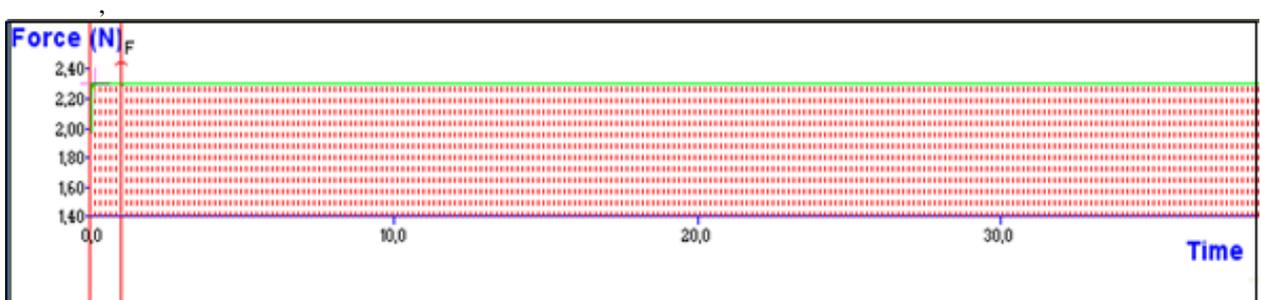


Figura 13: Gráfico de tração.

Através do gráfico pode-se observar que não foi possível obter a tensão de ruptura, isso ocorreu devido a não ruptura da amostra, visto que o filme obtido foi muito elástico. Uma alternativa para conseguir um resultado concreto, seria um texturômetro que pudesse ter as garras ajustadas para uma distância maior, porém esse equipamento não se encontra disponível na universidade.

A tensão de ruptura encontrado por Brazeiro et al. (2015) foi  $4,94 \times 10^7$  Pa para filme biodegradável de gelatina de peixe e  $13,50 \times 10^6$  Pa para o mesmo porém com adição de óleo da semente de uva (*Cabernet franc*), os valores

encontrados foram semelhantes ao (AHMAD et al., 2012), ao adicionar óleo essencial de bergamota e limão

Normalmente, a maior concentração de plastificante resulta em filmes com menor tensão na ruptura e maior alongação (Chen, 1995). Os valores da tensão e da deformação na ruptura também são fortemente influenciados pela umidade relativa e temperatura no momento das medições.

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que a pele de tilápia apresenta alto potencial como fonte para fabricação de gelatina utilizada para produção de filmes biodegradáveis.

Pode-se concluir que os filmes elaborados com essa gelatina apresentaram boa coesão e habilidade em serem manipulados, além de se apresentarem lisos e homogêneos.

Algumas considerações importantes sobre os filmes correspondem a sua alta capacidade de elasticidade se comparado a outros filmes de diferentes fontes, como o amido, onde estudos mostram que estes se rompem com facilidade. A alta solubilidade apresentada demonstra a necessidade de buscas de fontes que diminuam esse fator.

O presente trabalho apresenta resultados que podem ser utilizados em estudos futuros que visem a melhoria das características dos filmes biodegradáveis, assim como a sua utilização em alimentos.

Conclui-se também que a sua exploração da gelatina de tilápia poderia gerar lucros para as indústrias processadoras e minimizaria o impacto ambiental gerado pelo seu indevido descarte.

## 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados obtidos no desenvolvimento deste estudo sugerem a continuidade de pesquisas para que ocorram melhorias na elaboração do filme biodegradável. Algumas sugestões estão citadas a seguir:

- Realizar a desodorização dos filmes para eliminar odores residuais de pescado.
- Incorporação de compostos hidrofóbicos, como lipídeos, na solução formadora do filme, a fim de aumentar a solubilidade.
- Realizar estudo em relação à permeabilidade ao vapor de água.
- Analisar qual a melhor técnica para aplicação dos filmes: dipping, spraying ou casting.
- Realizar estudo em relação à isoterma de sorção de vapor de água.
- Estudar o potencial de utilização dos filmes produzidos em produtos comerciais.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELMOULEH, M.; BOUFI, S.; BELGACEM, M.N.; DUFRESNE, A.; GANDINI, A. Modification of Cellulose Fibers with Functionalized Silanes: Effect of the Fiber Treatment on the Mechanical Performances of Cellulose-Thermoset Composites. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 98, p. 974-984, 2005.
- AHMAD, M.; BENJAKULA, S.; PRODPRANB, T.; AGUSTINIC, T. W. Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils. **Food Technology**, v. 28, p. 189-199, 2012.
- AHMED, S. & JONES, F.R. , J. of Mater. **Science**, 25, 4933-4942, 1990.
- ALFARO, A. T. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*)**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas, 2008.
- ALFARO, A. T. et al. **Effect of extraction parameters on the properties of gelatin from King weakfish (*Macrodon ancylodon*) bones**. Food Science and Technology International, v. 15, p. 553-562, 2009.
- ARNESENN, J. A., GILBERG, A. Extraction and characterisation of gelatine from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 53-57, 2007
- ARRUDA, L. F. **Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo para obtenção de silagem e óleo como subprodutos**. 2004. 78f.
- BAE, HO.J.; DARBY, D. O.; KIMMEL, R. M.; PARK, H. J.; WHITESIDE, W. S. **Effects of transglutaminase-induced cross-linking on properties of fish gelatin-nanoclay composite film**. Food Chemistry, 2009.
- BERTAN, L.C.; TANADA-PALMU, P.S.; SIANI, A.C.; GROSSO, C.R.F. Effect of fatty acids and 'Brazilian elemi' on composite films based on gelatin. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 73-82, 2005.
- BIGI, A.; COJAZZI, G.; PANZAVOLTA, S.; Stabilization of gelatin films by crosslinking with genipin. **Biomaterials**, v. 23, n. 24, p. 4827-4832, 2002.
- BORDIGNON, A. C. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, 2010.
- BOSCOLO, W.R.; FEINDEN, A. **Industrialização de tilápias**. Toledo: GFM Gráfica & Editora, 2007. 272p.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 30, n 5, p 1391-1396, 2001.

BRAZEIRO, F. S.G; DUARTE. L.S.; SILVEIRA,S.M. **Biofilme de gelatina de pescado: efeito da fração lipídica nas propriedades mecânicas e de cor.** Mostra acadêmica Unimep, 2015.

BUENO, C. M.; ALVIM, I. D.; KOBERSTEIN, T. C. R. D.; PORTELLA, M. C.; GROSSO, C. Produção de gelatina de pele de tilápia e sua utilização para obtenção de micropartículas contendo óleo de salmão. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 65-73, 2011.

CARVALHO, R. A. **Elaboração e caracterização de filmes a base de gelatina modificada enzimática e quimicamente.** Campinas, 2002. 227p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189 p

CHAMBI, H.; GROSSO, C. Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase. **Food Research International**, v. 39, p. 458-466, 2006.

CHAMMAS, Marcelo Acácio. **Status da Aquicultura no Mundo e no Brasil em Sergipe.** Biblioteca on-line Disponível em: <<http://www.biblioteca.sebrae.com.br/>>. Acesso em: 15 de julho de 2016.

CHAVES, M. C.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco de acerola. **Revista Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n.2, 2004.

CHEN, H. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.11, p.2563-2583, 1995.

CHO, S. M.; GU, Y. S.; KIM S. B. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 221-229, 2004.

CHO S.M.et al. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids**, v.19, p.221-229, 2005.

COELHO, H. S.; MORANDINI, L. M. B.; SANTANA, A. M.; TERRA, N. N. **Características físico-químicas do salame tipo italiano contendo couro suíno cozido.** REVISTA NACIONAL DA CARNE. v. 278. ANO XXIV, 2001.

COLE, C. G. B. **Gelatine Clarity.** Dr. Bernard Cole's Home Page. Disponível em: <<http://www.gelatin.co.za/Gelatine%20Clarity.pdf> > . Acesso em: 16 de julho de 2016.

CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e derivados.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.

DONHOWE, G.; FENNEMA, O. Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions, and testing methods. In: KROCHTA, J.M.; BALDWIN,

- E.A.; NISPEROSCARRIEDO, M. (Eds.). **Edible Films and Coatings to Improve Quality**. Lancaster: Technomic Publishing Co.; p.1-24, 1994.
- EL-SAYED, A-F.M.; KAWANNA, M. Optimum water temperature boosts the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. *Aquaculture Research*, v. 39, p. 670-672, 2008.
- ENGEL, J. **Folding and unfolding of collagen triple helices**. *Adv. Meat Res.*, v.4, 1987.
- GIMÉNEZ, B.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; MONTERO, P. The role of salt of fish skins in chemical and rheological properties of gelatin extracted. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 951-957, 2005.
- GINDL, W.; MARTINSCHITZ, K.; BOESECKE, P. KECKERS, J. Changes in the Molecular Orientation and Tensile Properties of Uniaxially Drawn Cellulose Films. **Biomacromolecules**, v. 7, p. 3146-3150, 2006.
- GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; MONTERO P. **Extraction of gelatin from Megrim (*Lepidorhombus boscii*) skins with several organic acids**. *Food Chemistry and Toxicology*, v. 66, n .2, p. 213-216, 2001.
- GOMEZ-GUILLÉN M.C.; TURNAY J., FERNANDEZ-DIAZ M.D.; ULMO N. LIZARBE M.A.; MONTERO P. **Food Hydrocolloids**, v. 34, p. 16-25, 2002.
- GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; IHL, M.; BIFANI, V.; SILVA, A.; MONTERO, P. **Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae Turcz*)**. *Food Hydrocolloids*, v. 21, p. 1133–1143, 2007.
- GONTARD, N.; GUILBERT, S.; & CUQ, J.-L. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 1, p. 190-195, 1992.
- GUILBERT, S. Technology and application of edible protective films. In **"Food Packaging and Preservation. Theory and Practice"**, ed. M. Mathlouti, p.371. Elsevier Applied Science Publishing Co., London, England, 1986.
- HAUG J.I. ET. AL. **Physical and rheological proprieties of fish gelatin comparad to mammalian gelatin**. *Food hydrocolloids* v.18, p. 203-213, 2004.
- HILDSORF, A.W.S. **Genética e cultivo de tilápias vermelhas, uma revisão**. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, v.22, n.1, p. 73-78, 1995.
- HOINACKI, E., MOREIRA, M.V., KIEFER, C.G. **Manual básico de processamento de couro**. SENAI/RS. Estância Velha: Centro Tecnológico do Couro, 1989.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 14 de agosto de 2016.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4ªEd. São Paulo: IMESP, 2008.

JAMILAH, B.; HARVINDER, K. G. Properties of gelatins from skins of fish – black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). **Food Chemistry**, Oxford, v. 77, n. 1, p. 81-84, 2002.

JONES, N. R. Uses of gelatin in edible products. In: WARD, A. G.; COURTS, A. **The science and technology of gelatin**. London: Academic Press, p. 365-394, 1977.

JOHNSTON-BANKS, F. A. **Gelatin**. Food Gels, p. 233–289). Elsevier Applied Science, 1990.

JONGJAREONRAK, A.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; TANAKA, M. Skin gelatin from bigeye snapper and brownstripe red snapper: chemical compositions and effect of microbial transglutaminase on gel properties. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 8, p. 1216-1222, 2006.

KESTER, J.J.; FENNEMA, O.R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, p. 47-59, 1986.

KOŁODZIESJSKA, I. et al. Modification of the properties of gelatin from skins of Baltic cod (*Gadus morhua*) with transglutaminase. **Food Chemistry**, v. 86, p. 203209, 2004.

KOŁODZIESJSKA, I. et al. Effect of extracting time and temperature on yield of gelatin from different fish offal. **Food Chemistry**, p.700-706, 2008.

KROCHTA, J.M.; BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. **Edible Films and Coatings to Improve Quality**. Lancaster, PA: Technomic Publishing Co., 1994. 379p.

LEE, K.Y.; SHIM, J.; LEE, H.G. Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 51-54, 2004.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; GARCÍA, M.A.; MARTINO, M.N.; ZARITZKY, N.E. Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources. **Journal of Food Engineering**, v. 75, p. 453-460, 2006.

MARCHI, J. F. **Desenvolvimento e avaliação de produtos à base de polpa e surimi produzidos a partir de tilápia Nilótica, *Oreochromis niloticus* L.** 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Viçosa, MG, 1997.

McHUGH, T. H; KROCHTA, J. M. Sorbitol- vs glycerol – plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 4, p. 841-845, 1994.

MIRANDA, M. E. S. **Aceitabilidade do macarrão a base de Surimi destinado a alimentação institucional**. Santa Catarina, 1997. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)- Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

MOLINARI, Maresa Custódio. **Extraction and characterization of gelatin obtained from subproducts of Tilapia**. 2014. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

MONTERREY-QUINTERO, E.S. **Caracterização físico-química de proteínas miofibrilares e elaboração de biofilmes**. Pirassununga : USP, 1998. 83p. Dissertação de Mestrado.

MOREIRA H.L.M. **Análise da estrutura de populações e diversidade genética de estoques de reprodutores de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) estimadas por microssatélite**. 1999. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Celular)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

MUYONGA, J. H.; COLE, C. G. B.; DUODU, K. G. Extraction and physico-chemical characterization of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 18, n. 4, p. 581-592, 2004.

NORLAND, R.E. **Fish gelatin**. Advances in Fisheries Technology and Biotechnology for Increased Profitability. Publishing Lancaster, p.325–333, 1990.

OGAWA, N.B.P.; MAIA, E.L. **Manual de Pesca: ciência e tecnologia do pescado**. Varela, 1999.

ORR, R.T. **Biologia de Vertebrados**. Peixes e Vertebrados Semelhantes a Peixes. Editora Roca, 1986.

PASOS, L.A.P. Piel de pescado. Disponível em <http://www.cueronet.com/exoticas/pescado.htm>. Acessado em 15 de outubro de 2016.

PIEZ, K. A., GROSS, J. G. The amino acid composition of some fish collagens: The relation between composition and structure. **Journal of Biological Chemistry**, p.995–998, 1960.

POPPE, J. Gelatin, In: Thickening and gelling agents for food. **Food Hydrocolloids**, v.11, p.171-180, 1997.

REVISTA SINDIRURAL, 2015. Disponível em: <<http://revistasindirural.com.br/noticias/pag/8/ver/1094/piscicultura-pode-alcanar-960-mil-toneladas-em-2022>>. Acessado em 11 de julho de 2016.

SAKAGUCHI, M. et al. Reactivity of the immunoglobulin e in bovine gelatin-sensitive children to gelatins from various animals. **Immunology**, v.96, p.286–290, 1999.

SARABIA, A.I. et al. The effect of added salt on the viscoelastic properties of fish skin gelatin. **Food Chemistry**, v.70, p.71–76, 2000.

SARANTÓPOULOS, C. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. Campinas: CETEA/ITAL, 2002.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R. **Carnes: No Caminho da Pesquisa**. Imprint. p.155, 2001.

SHREVE, R.N. & BRINK Jr, J.A. - **Indústrias de Processos Químicos** - 4ª ed. Guanabara Koogan, S.A. Rio de Janeiro, 1980.

SHONGCHOTIKUNPAN, P.; TATTIYAKUL, J. SUPAPHOL, P. Extraction and electrospinning of gelatin from fish skin. **International Journal of Biological Macromolecules**. v.42, p.247-255, 2008.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ed. Viçosa: UFV, 2009. 235p.

SILVA, R. S. G.; BANDEIRA, S. F.; PETRY, F. C.; PINTO, L. A. A. Extração de gelatina a partir das peles de cabeças de carpa comum. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 904-909, 2011.

SILVEIRA, J.F. **Caracterização óptica e solubilidade de biofilme a partir de gelatina de pele de tilápia (Oreochromis urolepis hornorum)**. Seminário de iniciação científica e tecnológica da UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

SOBRAL, P.J.A.; SANTOS, J.S.; GARCÍA, F.T. Effect of protein and plasticizer concentrations in film forming solutions on physical properties of edible films based on muscle proteins of a Thai Tilapia. **Journal of Food Engineering**, v.70, p. 93-100, 2005.

SOUZA, M.L.R. **Tecnologia para processamento das peles de peixe**. Coleção Fundamentum, 11. Ed. da Universidade Estadual de Maringá. 2004

STEVANATO, F.B. et al. **Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 27, p. 567-571, 2007.

SWAN, J.E., TORLEY, P.J. **Collagen: structure, functions and uses**. Mirinz Meat Industry Research New Zealand Report, p.49, 1991.

TRINDADE, F. **Desenvolvimento de biofilmes de gelatina de pele de pescado e aplicação para conservação de frutas**. Relatório Final de Atividades (Programa Institucional de Iniciação Científica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão, 2010.

VIDOTTI, R.M. ; BORINI, M.S.M. Aparas da filetagem da tilápia se transformam em polpa condimentada. **Panorama da Aquicultura**. v. 16, n. 96, p. 38-41. 2006.

VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal. **Instituto de Pesca**, São José do Rio Preto, 2006. Disponível em: [ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao\\_caracterizacao.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao_caracterizacao.pdf). Acesso em 05 outubro. 2016.

WANG, Q.; PADUA, G.W. Properties of zein films coated with drying oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 3444-3448, 2005.

WOLF, K.L. **Propriedades Físico-Químicas e Mecânicas de Biofilmes Elaborados a Partir de Fibra e Pó de Colágeno**. Dissertação, Mestrado – UNESP, 2007.

YANG, L.; PAULSON, A.T. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. **Food Research International**, v. 33, n. 7, p. 571-578, 2000.