



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS



MILENE DE ANDRADE VOGT COSSA

**POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL PARA
CONSERVAÇÃO DE PESCADO CONGELADO**

Dissertação

Pato Branco

2020

MILENE DE ANDRADE VOGT COSSA

**POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL PARA
CONSERVAÇÃO DE PESCADO CONGELADO**

**POTENTIAL FOR APPLICATION OF BIODEGRADABLE PACKAGING FOR THE
PRESERVATION OF FROZEN FISH**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Prof^a Orientadora: Dr^a. Marina Leite Mitterer-Daltoé
Prof^a Co-orientadora: Dr^a. Ana Paula Bilck

Pato Branco

2020



Atribuição – Uso Não Comercial (CC BY-NC) - Permite que outros remixem, adaptem e criem obras derivadas sobre a obra licenciada, sendo vedado o uso com fins comerciais. As novas obras devem conter menção ao autor nos créditos e também não podem ser usadas com fins comerciais. Porém as obras derivadas não precisam ser licenciadas sob os mesmos termos desta licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco



MILENE DE ANDRADE VOGT COSSA

POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL PARA CONSERVAÇÃO DE PESCADO CONGELADO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos.

Data de aprovação: 14 de Dezembro de 2020

Prof.a Marina Leite Mitterer Daltoe, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Ana Paula Bilck, Doutorado - Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Prof Juliano Zanela, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Monica Oliveira Reis, Doutorado - Instituto Federal Catarinense

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/02/2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus.

Ao meu marido, Diego Ricardo Cossa, pelo seu amor, carinho, compreensão e cumplicidade, estando sempre ao meu lado me amparando nos momentos difíceis e não deixando desanimar. A minha família por todo apoio para concretização dos meus sonhos.

À minha orientadora, Professora Doutora Marina Leite Mitterer-Daltoé, pela oportunidade de realizar esse trabalho sobre sua orientação. Obrigado por toda dedicação, amizade, atenção, ensinamentos e paciência durante todo esse tempo.

À minha coorientadora, Professora Doutora Ana Paula Bilck, por ter apresentado o mundo dos polímeros biodegradáveis, pelo conhecimento, dedicação e paciência para concluir esse trabalho.

As meninas do laboratório N008 - a Alana Roberta da Silva Barreto, a Viviane Miki Ohtaki e a Carla Cristina Lise por todo conhecimento e ajuda para realizações das análises.

Enfim, aos técnicos e estagiários de laboratório (Central de Análise, LAQUA, Laboratório de Química), por ajudar com relação a equipamentos, materiais e espaço para realização das análises.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

RESUMO

COSSA, Milene A.V. **Potencial de aplicação de embalagem biodegradável para conservação de pescado congelado**. 2020, 81f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, PR, 2020.

O pescado se destaca como alimento com grande importância nutricional, entretanto essa riqueza em sua composição o torna altamente perecível, o que acaba comprometendo sua disponibilidade e, portanto, o consumo. O Brasil é um país caracterizado pelo baixo consumo de pescado, mas que no entanto, apresenta a intenção de consumi-lo. A falta de hábito provocada pela indisponibilidade de pescado em regiões não litorâneas ou com baixa produção é um dos fatores relevantes para o baixo consumo. Para atender toda a população, solução estratégica é a oferta de pescado congelado afim de prevenir a deterioração e aumentar a vida útil. Paralelo à necessidade de oferta de pescado congelado para toda a população destaca-se também a importância da preocupação ética no uso de embalagens ecologicamente corretas. Misturas de amido termoplástico e poliéster biodegradável são opções interessantes devido ao baixo custo do amido e pelas propriedades dos produtos resultantes, além de proporcionar decomposição de forma natural em um curto espaço de tempo. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo geral verificar o potencial de aplicação de embalagem biodegradável para conservação de pescado congelado visando a substituição das embalagens de polietileno. Em um primeiro momento o objetivo foi avaliar as variações no teor de lipídios do pescado pacu capturados ao longo de um ano. E em um segundo momento do trabalho os objetivos foram acompanhar a estabilidade da embalagem biodegradável durante o armazenamento congelado e comparar a qualidade dos filés de pescado pacu congelados em embalagem biodegradável e de polietileno, durante os 360 dias sob congelamento. Os resultados do teor lipídico do pacu, o classificaram como um peixe gordo em todas as épocas de captura ao longo do ano. Além disso, diferenças significativas entre a captura de períodos mais quentes (14,7-16,4%) e frios (20,7-21,5%) foram registradas. Os filmes biodegradáveis armazenados por 360 dias sob congelamento apresentaram estabilidade em sua estrutura química e mecânica, com resistência a tração superior a 3,5MPa e bandas características do PBAT e amido no comprimento de onda 1710 cm^{-1} , 1270 cm^{-1} e 1018 cm^{-1} . Quanto a avaliação da qualidade dos filés de pescado embalados com filme de polietileno e biodegradável não foi verificado efeito do tipo de embalagem e sim do tempo de estocagem. Os parâmetros de frescor apresentaram dentro dos limites de tolerância durante os 360 dias, com valores abaixo de $30\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para NBVT e 6,8 de pH, com 90 dias houve diferença significativa para os parâmetros de CRA (redução em torno de 8-10%) e TBARS (aumentou para $0,53\text{-}0,57\text{ mg de MDA}\cdot\text{kg}^{-1}$) e com 45 dias pode ser notado a olho nu diferença total de cor ($>3,0$). Diante dos resultados verificou-se o potencial de aplicação de filmes biodegradáveis em filés de pescados congelados por um longo período de tempo, uma vez que o filme se manteve estável e garantiu a mesma qualidade na carne que a embalagem padrão amplamente utilizada, além de reduzir impacto ambiental e, portanto, apresentar também apelo favorável ao consumidor.

Palavra-chave: Biodegradabilidade. Congelamento. Peixe. Oxidação Lipídica. Polietileno. Estabilidade.

ABSTRACT

COSSA, Milene A.V. **Potencial for applying biodegradable packaging for preserving frozen fish.** 2020, 81f. Dissertation (Master in Chemical and Biochemical Process Technology) - Postgraduate Program in Chemical and Biochemical Process Technology. Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, PR, 2020.

The fish stands out as a food with great nutritional importance, however this richness in its composition makes it highly perishable, which ends up compromising its availability and, therefore, consumption. Brazil is a country defined by the low consumption of fish, although there is an intention to consume it. The lack of habit caused by the unavailability of fish in non-coastal regions or with low production is one of the relevant factors for low consumption. To supply the entire population, the strategic solution is an offer of frozen fish in order to prevent deterioration and increase the shelf-life. Equivalent to the need to offer frozen fish to the entire population, the importance of ethical concern in the use of environmentally friendly packaging also stands out. Mixtures of thermoplastic starch and biodegradable polyester are interesting options due to the low cost of the starch and properties of resulting products, in addition to provide natural decomposition in a short time. Therefore, the present work had the general objective of verifying the potential of applying biodegradable packaging for fish conservation combined with the replacement of polyethylene packaging. At first, the objective was to evaluate variations in the lipid content of pacu fish captured for over a year. And in a second stage of the work, the objectives were to monitor the stability of the biodegradable packaging during frozen storage and to compare the quality of frozen pacu fish fillets in biodegradable and polyethylene packaging, during the 360 days under freezing. The results of the pacu lipid content classified it as a fat fish in all the seasons of capture throughout the year. In addition, significant differences between the capture of warmer (14.7-16.4%) and cold (20.7-21.5%) periods were recorded. Biodegradable films stored for 360 days under freezing showed stability in their chemical and mechanical structure, with tensile strength greater than 3.5MPa and characteristic bands of PBAT and starch in the wavelength 1710 cm^{-1} , 1270 cm^{-1} and 1018 cm^{-1} . In relation to the quality evaluation of fish fillets packed with LDPE and biodegradable film, the effect of the type of packaging was not verified, but the time of storage. The freshness parameters showed within the tolerance limits during the 360 days, with values below 30 mg.100g⁻¹ for TVB-N and 6.8 pH, with 90 days there was a significant difference for the WHC parameters (reduction around 8-10%) and TBARS (increased to 0.53-0.57 mg of MDA.kg⁻¹) and with 45 days, total color difference (> 3.0) can be noticed with the naked eye. According to the results, it was verified that there is a potential application of biodegradable films in frozen fish fillets for a long period of time, since the film remained stable and guaranteed the same quality in meat as the standard packaging widely used, besides reducing environmental impact and, therefore, also presenting favorable appeal to the consumer.

Keywords: Biodegradability. Freezing. Fish. Lipid oxidation. Polyethylene. Stability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de ácidos graxos do tecido muscular do filé de pacu, expressos em % de área relativa ao total.....	22
Tabela 2 - Medidas biométricas e teor de lipídeos dos pacus capturados no período de outubro/2018 a novembro/2019.	43
Tabela 3 - Coeficiente de correlação entre o peso total, comprimento total, peso do filé, rendimento do filé e lipídio.	46
Tabela 4 - Acompanhamento das Propriedades Mecânicas dos filmes biodegradáveis durante o armazenamento sob congelamento.	52
Tabela 5 - Acompanhamento das Propriedades Mecânicas dos filmes de polietileno durante o armazenamento sob congelamento.	54
Tabela 6 - Parâmetros de frescor dos filés de Pacu embalados com embalagens de polietileno e biodegradável armazenados sob congelamento por 360 dias	57
Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos dos filés de Pacu embalados com embalagens de polietileno e biodegradável armazenados sob congelamento por 360 dias.	59
Tabela 8 - Análise de cor dos filés de Pacu embalados com embalagens de polietileno e biodegradável e armazenados sob congelamento por 360 dias.	62
Tabela 9 - Resultados da análise de variância multivariada (MANOVA).....	65

LISTA DE FÍGURA

Figura 1- Produção de pescado em toneladas por região no Brasil. Fonte: Peixe BR, 2020.	18
Figura 2 - Peixe de água doce Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>). Fonte: VivaTerra, 2012.	21
Figura 3 Representação da cadeia de amilose (A) e de amilopectina (B). Fonte: WILMO,2008.	29
Figura 4 Estrutura química do PBAT. Fonte: AL-ITRY et al., 2012.	31
Figura 5 - Fluxograma das etapas do projeto.	32
Figura 6 - Pescado pacu embalado em embalagem biodegradável. Fonte: Autora, 2020.	35
Figura 7 - Filme biodegradável (A) e filme de polietileno (B) utilizados no presente trabalho. Fonte: Autora, 2020.	36
Figura 8 (A e B) - Representação dos meses e parâmetros biométricos e teor lipídico	48
Figura 9 - Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier e módulo de refletância total atenuada (FTIR-ATR) para filme biodegradável com filé de Pacu durante 360 dias sob congelamento.	50
Figura 10 - Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier e módulo de refletância total atenuada (FTIR-ATR) para filme de polietileno com filé de Pacu durante 360 dias sob congelamento.	51
Figura 11 - Acompanhamento da microscopia eletrônica de varredura de filmes biodegradáveis durante o armazenamento.	55
Figura 12 (A e B) - Representação do tempo de armazenagem e parâmetros físico-química do pescado congelado.	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
ASTM	American Society for Testing and Material
CRA	Capacidade de retenção de água
DMA	Dimetilamina
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FDA	Food and Drug Administration
FTIR-ATR	Espectroscopia Infravermelha com Transformada de Fourier
MANOVA	Análise de Variância Multivariada
MDA	Malonaldeído
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
MUFA	Ácidos graxos monoinsaturados
NBVT	Nitrogênio de bases voláteis totais
PBAT	Poli(butileno-adipato-co-tereftalato)
PCA	Análise de componentes principais
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PEIXE BR	Associação Brasileira da Piscicultura
pH	Potencial Hidrogeniônico
PUFA	Ácidos graxos poliinsaturados
SFA	Ácidos graxos saturados
TBA	Ácido tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias reativas de ácido tiobarbitúrico
TCA	Ácido tricloroacético
TMA	Trimetilamina
TPS	Amido termoplástico
ΔE	Diferença total de cor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 CONSUMO DE PESCADO NO BRASIL.....	17
3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PESCADO	19
3.3 PACU (<i>PIARACTUS MESOPOTAMICUS</i>)	20
3.4 INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE EM PESCADOS	22
3.5 PARÂMETRO DE FRESCOR	24
3.6 OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM CARNES.....	25
3.7 CONGELAMENTO DE ALIMENTOS	26
3.8 EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 AVALIAÇÃO BIOMÉTRICA E DO TEOR DE LIPÍDIOS DO PESCADO PACU (<i>PIARACTUS MESOPOTAMICUS</i>) CAPTURADOS A CADA 45 DIAS DURANTE UM ANO.	32
4.1.1 <i>Captura das amostras de pescado e avaliação do teor lipídico</i>	32
4.1.2 <i>Avaliação estatística</i>	33
4.2 APLICAÇÃO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL PARA CONSERVAÇÃO DE PESCADO CONGELADO DURANTE 360 DIA DE ARMAZENAMENTO	33
4.2.1 <i>Produção dos filmes pelo processo de extrusão</i>	33
4.2.2 <i>Captura e embalagem dos pescados</i>	34
4.2.3 <i>Caracterização dos filmes congelados</i>	35
4.2.3.1 <i>Propriedades mecânicas</i>	36
4.2.3.2 <i>Microscopia eletrônica de varredura (MEV)</i>	36
4.2.3.3 <i>Espectroscopia infravermelha com transformada de Fourier (FT-IR)</i>	37
4.2.4 <i>Caracterização físico-química dos pescados</i>	37
4.2.4.1 <i>Avaliação do frescor dos pescados</i>	37
4.2.4.2 <i>Determinação de substâncias reativas de ácido tiobarbitúrico – TBARS</i>	38
4.2.4.3 <i>Teor de umidade e lipídios</i>	38
4.2.4.4 <i>Análise de cor</i>	39
4.2.4.5 <i>Textura do pescado</i>	40
4.2.4.6 <i>Capacidade de Retenção de água (CRA)</i>	40
4.2.5 <i>Avaliação estatística</i>	40
5 RESULTADOS	42
5.1 AVALIAÇÃO DAS VARIAÇÕES NO TEOR DE LIPÍDIOS DO PESCADO PACU (<i>PIARACTUS MESOPOTAMICUS</i>) CAPTURADOS A CADA 45 DIAS DURANTE UM ANO	42
5.1.1 <i>Caracterização biométrica e teor de lipídios do pescado</i>	42
5.2.1 <i>Avaliação da estabilidade da embalagem biodegradável durante o armazenamento congelado</i>	49

5.2.1.1 Espectroscopia infravermelha com transformada de Fourier e módulo de refletância total atenuada (FTIR-ATR)	49
5.2.1.2 Propriedades mecânicas	52
5.2.1.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	54
5.2.2 Avaliação da qualidade dos filés de pescado armazenados em embalagem biodegradável e de polietileno, durante os 360 dias de congelamento	56
8 CONCLUSÃO	66
9 REFERÊNCIA	67

1 INTRODUÇÃO

O mercado consumidor está cada vez mais preocupado com as consequências trazidas ao meio ambiente em decorrência do lixo gerado pelas embalagens de alimentos (NGUYEN et al., 2020; KETELSEN et al., 2020). A preocupação ética ambiental provou ser motivo importante na escolha por alimentos com embalagem ecologicamente correta em diferentes populações (STEPTOE, POLLARD, 1995; FOTOPOULOS et al., 2009; JANUSZEWSKA et al., 2011). E embora estudos tenham revelado que os consumidores têm percepções diversas a respeito das embalagens conhecidas como ecológicas, seus conhecimentos estão voltados diretamente ao conceito de embalagem biodegradável (NGUYEN et al., 2020).

O emprego das embalagens nos alimentos é essencial e tem como principal objetivo proteger o produto quanto a contaminações físicas, químicas e microbiológicas mantendo suas características durante o armazenamento. Existem inúmeras opções de embalagens no mercado, porém a mais utilizada no setor alimentício são as embalagens plásticas flexíveis, que apresentam um custo relativamente baixo e de fácil produção, porém não são biodegradáveis, levando anos para sua degradação. Desta forma, novas alternativas vêm sendo amplamente estudadas para redução do impacto ambiental como a utilização de embalagens biodegradáveis (BARREDA et al., 2020, MALHERBI et al, 2019, XIONG et al., 2020, MARSH, BUGUSU, 2008; LANDIM et al.,2016).

No mercado existem diversos polímeros biodegradáveis, que podem ser utilizados para produzir embalagens com ótimas propriedades, porém seu custo ainda é muito alto comparado com polímeros convencionais como o polietileno de baixa densidade (PEBD). Para minimizar os custos e aumentar a capacidade de produção destes filmes com polímeros biodegradáveis incorporou-se biopolímeros no processo, como o amido. O amido é um polissacarídeo biodegradável, renovável e atóxico, composto por amilose e amilopectina que variam conforme a fonte botânica (BRANDELERO, 2013; AVÉROUS, 2004). Dentre os amidos naturais, o amido de mandioca apresenta potencial de utilização na produção de filmes biodegradáveis (SILVA et al., 2020; BARREDA et al., 2020; MEDEIROS et al., 2019; CAMPOS et al., 2019).

Só em 2019 o Brasil teve uma produção de fécula de mandioca em torno de 1,9 milhões de toneladas (ABAM,2020). Além do amido, outros componentes

presentes em embalagens biodegradáveis exercem função importante, como glicerol e poli (butileno adipato-co-tereftalato) PBAT. As blendas poliméricas são formadas através de mistura física de dois ou mais polímeros e/ou copolímeros, tendo como vantagem o poder de promover uma melhoria nas propriedades dos polímeros e reduzir custos de um material (UTRACKI et al., 2003; BARLOW et al., 1984).

A utilização de amido juntamente com um plastificante como o glicerol é formar o amido termoplástico (TPS), cuja função é melhorar as propriedades mecânicas, tornando os polímeros mais elásticos (MALI et al., 2005). Porém, as desvantagens são a sensibilidade a água, as mudanças nas propriedades mecânicas com o tempo, a baixa resistência mecânica à tração, que podem contribuir para a degradação das embalagens, bem como do alimento embalado (VAN SOEST, 1999). Para reduzir a afinidade do amido pela água pode ser adicionado substâncias hidrofóbicas que iram melhorar a barreira a vapor de água, como o PBAT. O PBAT é um polímero hidrofóbico biodegradável que apresenta boa compatibilidade com o amido, podendo ser incorporado em blendas poliméricas com a intenção de melhorias nas propriedades mecânicas, a permeabilidade ao vapor de água, e o aumento a degradação no meio ambiente através da ação de enzimas naturais (BASTARRACHEA et al., 2010).

A utilização de embalagens biodegradáveis em alimentos é crescente, entretanto, pouco se conhece a respeito do comportamento destas em baixas temperaturas, principalmente no que diz respeito à temperatura de congelamento (PIETROSANTO et al., 2020). Em estudo recente Pietrosanto et al. (2020) avaliaram e verificaram a resistência de embalagens biodegradáveis a partir de diferentes blendas de poli (lático) (PLA) e poli(butileno-adipato-co-tereftalato) (PBAT) em condições de refrigeração e congelamento para aplicação em alimentos, os resultados encontrados mostraram que conforme a temperatura foi diminuindo houve um aumento no módulo de elasticidade e tensão de escoamento, e uma diminuição no alongamento na ruptura, caracterizando maior rigidez nas blendas devido ao frio.

O pescado é apontado como alimento com grande importância nutricional, no entanto o baixo consumo prevalece em diversos países. No Brasil o baixo consumo pode estar relacionado com vários fatores, como o preço, pouca variedade do produto no mercado, a renda familiar, odores característicos, fatores culturais e até mesmo a falta de informação no preparo da carne (PEIXE BR, 2020; MITTERER DALTOÉ et al., 2013; CHALITA, 2014; TRONDSEN et al., 2003).

Apesar do baixo consumo, estudos foram feitos e detectados que a população brasileira tem a intenção de consumir o pescado, mostrando que essa intenção é influenciada pela pressão social, afim de proporcionar aos familiares uma alimentação saudável (MITTERER DALTOÉ et al.,2013). Para estimular a população a inserir regularmente o pescado em sua dieta e mudar a percepção em relação a este produto, estratégia a ser aplicada é a transformação da carne em novos produtos como nuggets, hambúrgueres e patês (MITTERER DALTOÉ et al., 2014).

O pescado em razão de sua alta perecibilidade é uma classe de alimentos comumente comercializada congelada, pois proporciona a inibição da ação de microrganismos na degradação do pescado (OETTERER, 2002; PEREIRA, 2009). Essa condição de conservação se faz ainda mais necessária em regiões não litorâneas ou com baixa produção de pescado pela piscicultura, promovendo assim a oferta desses alimentos nessas regiões pelo aumento da vida útil.

O peixe pacu é um pescado classificado como gordo, por apresentar uma quantidade de teor lipídico acima de 8%, em alguns trabalhos foram encontrados valores de teor de lipídios em torno de 15-20% (GUINAZI et al. 2006; RAMOS FILHO et al., 2008). Com esse elevado teor lipídico característico do peixe pacu, a oxidação lipídica é mais suscetível de ocorrer, interferindo na qualidade do pescado e aceitação do consumidor.

A captura de pescados em certa época do ano pode mostrar variações na composição de ácidos graxos em uma mesma espécie, esse fato pode ocorrer por alguns fatores como a alimentação, a idade e o período de desova (AIDOS et al., 2002; PETENUCCI et al., 2016). A variação de composição de lipídios no pescado conforme a sazonalidade, pode impactar na qualidade do pescado congelado.

Ao nosso conhecimento, não há dados disponíveis na literatura sobre o efeito do congelamento em embalagens biodegradáveis produzidas com amido de mandioca, glicerol e PBAT e o seu efeito na conservação em pescado. Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo verificar o potencial de aplicação de embalagem biodegradável para conservação de pescado congelado visando a substituição das embalagens de polietileno.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar o potencial de aplicação de embalagem biodegradável para conservação de pescado congelado visando a substituição das embalagens de polietileno.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i) Avaliar as variações no teor de lipídios do pescado pacu capturados a cada 45 dias durante um ano.
- ii) Acompanhar a estabilidade da embalagem biodegradável durante o armazenamento congelado (-18 °C) de filé de pescado Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) durante 360 dias por meio das análises de propriedades mecânicas, Espectroscopia Infravermelha com Transformada de Fourier (FTIR-ATR) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
- iii) Comparar a qualidade dos filés de pescado pacu congelados em embalagem biodegradável e de polietileno, durante os 360 dias, com relação a frescor, capacidade de retenção de água (CRA), determinação de substâncias reativas de ácido tiobarbitúrico (TBARS), umidade, lipídios, cor e textura instrumental.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONSUMO DE PESCADO NO BRASIL

A produção de pescados pode ser realizada de duas maneiras, pela pesca extrativa e a aquicultura. A pesca extrativa consiste no uso de recursos naturais, não atendendo as premissas de um mercado competitivo, e a aquicultura é o cultivo de várias espécies aquáticas em um ambiente controlado, possibilitando a entrega de produto homogêneo e com rastreabilidade em toda a cadeia produtiva, garantindo assim uma maior qualidade e segurança alimentar (VIANA, 2013).

A aquicultura está sendo praticada em vários países principalmente pelo apelo político de entregar um produto com segurança e qualidade, tornando um setor de alimentos com grande potencial de crescimento (FAO, 2011). O relatório do Banco Mundial (2013), mostra que cerca de 62% dos peixes para o consumo humano virão da aquicultura até 2030.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) o consumo de pescado de água doce no Brasil tem uma média anual *per capita* em torno de 9,6 Kg de pescado, enquanto o recomendado é o consumo de 12 Kg/*per capita*. O Brasil tem potencial de crescimento até 2025, aumentando a exportação de pescado em torno de 20% no período de 2013 a 2025, e um aumento do consumo médio da população de 12,6 Kg/*per capita* em pescado (FAO,2016).

A produção mundial de pescado chegou a um total de 179 milhões de toneladas em 2018, dos quais 82 milhões de toneladas vieram da produção da aquicultura, sendo o responsável por 46% da produção total. Foram destinados ao consumo humano 156 milhões de toneladas de pescados, o que equivale a um consumo anual estimado de 20,5 kg/*per capita*. Dentre os países produtores de pescado, a China continua na liderança, sendo responsável por 35% da produção total. Os continentes contribuíram na produção total da seguinte forma: a Ásia (34%), Américas (14%), Europa (10%), África (7%) e Oceania (1%) (FAO,2018).

O Brasil ocupa no ranking mundial a 13ª posição na produção de pescado, a sua produção aumentou 4,9% em 2019 relação ao ano anterior, com 758.006 toneladas. Nos últimos seis anos a produção de peixes de cultivo saltou no país de:

578.800 t (2014) para 758.006 t (2019). Segundo Francisco Medeiros presidente executivo da Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR), quase toda produção de peixes de cultivo é direcionada ao mercado doméstico (PEIXE BR, 2020). Na Figura 1 mostra a quantidade de pescado produzido em 2019 por região no Brasil, destacando a região sul como o maior produtor.

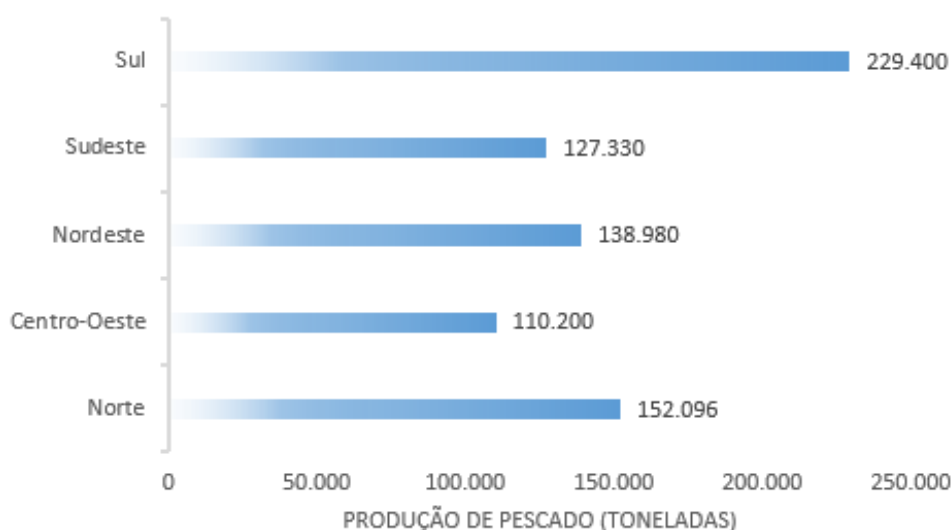


Figura 1- Produção de pescado em toneladas por região no Brasil. Fonte: Peixe BR, 2020.

Trondsen et al. (2003) mencionam alguns aspectos para o baixo consumo de pescado, como a sua distribuição e comercialização, relacionado com o nível de preço e dificuldade de encontrar uma vasta variedade de pescado no mercado. Já Chalita (2014) relata que o baixo consumo de pescados está ligado à renda familiar do brasileiro, faixas de renda maiores consomem mais pescado e a preços mais elevados.

Segundo Mitterer-Daltoé et al., (2013) a variável mais importante no baixo consumo de pescado no Brasil, é o hábito de consumo. Além disso, destacam diversas outras barreiras, como a cultura, a pouca disponibilidade e variedade nos mercados, o preço de oferta, os odores acentuados provenientes deste tipo de alimento e até o mesmo a falta de informação de como preparar essa carne.

A apesar do baixo consumo de pescado no Brasil, a população tem a intenção de consumir o pescado em suas refeições. Para estimular a população a inserir regularmente em sua dieta o pescado e mudar a percepção em relação a este produto,

uma estratégia a ser aplicada seria a transformação da carne em novos produtos como nuggets, hambúrgueres e patês. Outra estratégia importante é ressaltar o valor nutricional do produto, pois o pescado é rico em nutrientes, principalmente em alto teor de proteína e gordura de boa qualidade (CORBO et al., 2008; MITTERER-DALTOÉ et al., 2014; MITTERER-DALTOÉ et al., 2013).

A inserção do hábito do consumo de pescado pode ser outra estratégia para o aumento da demanda desse alimento, obtendo respostas positivas em inserir este tipo de produto em redes escolares através da merenda, e informando os benefícios de ingerir alimentos nutritivos diariamente para que recomendem o consumo em casa, já que o hábito leva tempo para ser adquirido (MITTERER-DALTOÉ et al., 2013b).

3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PESCADO

Os peixes possuem alto valor nutricional, ricos em proteínas e gordura de boa qualidade, sua composição química é constituída de água (50 a 85%), proteína (12 a 24%) e lipídios (0,1 a 22%), os restantes são constituídos por minerais (0,8 a 2%), glicídios (0,1 a 3%) e vitaminas (BRITTO et al., 2014; OGAWA; MAIA, 1999).

O teor de lipídios do pescado pode ser dividido como: magro com teor menor que 2% de gordura, baixo teor de gordura com 2 a 4% de gordura, semi gordo com teor de 4 a 8% de gordura e gordo com teor maior que 8% de gordura (ANDRADE; BISPO; DRUZIAN, 2009; CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). A composição do músculo do pescado pode sofrer muitas variações principalmente no teor lipídico, estas alterações ocorrem por diversos fatores, como: a época do ano, a dieta, a temperatura da água, a espécie, o sexo, o tamanho, a idade e a parte do corpo analisado, podendo haver variações de lipídios até nas mesmas espécies (ORDÓÑEZ et al., 2005; CORRÊIA et al., 2012; CORRÊA et al., 2013).

O pescado fresco é um produto altamente perecível em função de sua composição biológica. A principal causa de sua deterioração é a ação de micro-organismos de deterioração de pescado principalmente pela grande quantidade de água, provocando essencialmente a perda de ácidos graxos, vitaminas lipossolúveis, funcionalidade das proteínas e a formação de odores indesejáveis (CICERO et al., 2014; SOARES; GONÇALVES, 2012).

O “rigor mortis” é a fase que acontece algumas horas após a morte do peixe, onde ocorre a redução do pH da carne, resultado das reações bioquímicas que utilizam do glicogênio muscular como energia e produzem ácido láctico. Quanto mais tempo se prolongar o “rigor mortis”, mais se mantém o pescado em boa qualidade, pois quanto maiores as reservas de glicogênio maior é a acidificação do músculo e maior a proteção do mesmo contra o ataque bacteriano (FERREIRA et al., 1987).

A liberação do muco, que é constituída de mucina, ocorre de forma natural na pele do pescado após a morte facilitando a proliferação de microrganismos. Outro fator envolvido na decomposição do pescado, está relacionado as estruturas de tecido muscular e conjuntivo que são muito frouxas, tornando facilmente deterioráveis pelas bactérias. O pescado apresenta tecido rico em proteínas, fosfolipídios e ácidos graxos poliinsaturados que servem de substrato para as bactérias e, conseqüentemente sua deterioração (FERREIRA et al., 1987).

O “pos rigor” se instala a partir do momento em que a actomiosina é degradada por enzimas proteolíticas digestivas. Há o amolecimento da carne e com a degradação protéica vão aparecendo os peptídeos, aminoácidos livres, amidas, imidas, etc. (OETTERER, 1998). Estes compostos formados pela autólise, são fontes de substratos para as bactérias.

Os teores de lipídios do pescado em sua maioria são compostos por ácidos graxos poli-insaturados, que interagindo com o oxigênio sofrem o processo de oxidação, ocasionando ao pescado alterações em sua coloração, textura, odor e sabor (FERREIRA et al., 1987; HUSS et al., 1995). O cuidado na captura, abate e a rapidez no armazenamento sob refrigeração faz com que retarde as reações bioquímicas de deterioração do pescado.

3.3 PACU (*Piaractus mesopotamicus*)

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma espécie da família Characidae e subfamília Myleinae (Figura 2). Esta espécie pode ser encontrada em vários países da América do Sul, sendo eles, o Paraguai, a Argentina e o Brasil. Possui uma produção facilitada, especialmente pelas suas características que incluem o crescimento rápido e a alimentação, que consiste basicamente de frutos, crustáceos

e vegetais, e a fácil adaptação à alimentação artificial (OLIVEIRA et al., 2004; ASSIS et al., 2004; BORGES et al., 2013a).



Figura 2 - Peixe de água doce Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Fonte: VivaTerra, 2012.

O Pacu pode alcançar cerca de 80 cm de comprimento e 18,5 kg de peso com teores lipídicos 14,43 e 16,83%, sendo classificado como espécies gordas (GUINAZI et al. 2006). Estudos realizados por Ramos Filho et.al (2008) caracterizou a composição da espécie de Pacu da seguinte forma, umidade em torno de 59,89%, teor de proteína aproximadamente 18,89%, teor de lipídeos 19,83% e cinza 0,92%.

Na Tabela 1 mostra a composição detalhada de ácidos graxos que compõem o pacu, onde evidenciou que o ácido oléico (C18:1 ω -9) seguido do palmítico (C16:0) e em menor proporção do esteárico (C18:0) foram os ácidos graxos mais altos encontrado e os ácidos linoléico (C18:2 cis ω 6), linolênico (C18:3 ω 3), araquidônico (C20:4 ω 6), eicosapentaenóico (EPA, 20:5 ω 3) e docosahexaenóico (DHA, C22:6 ω 3) representaram conteúdo inferior a 6% do total de ácidos graxos. Mostra que esse tipo de pescado apresenta grandes quantidades de ácidos graxos monoinsaturados (47,53%) do que poli-insaturados (5,24%) (RAMOS FILHO et al., 2008).

Tabela 1 - Composição de ácidos graxos do tecido muscular do filé de pacu, expressos em % de área relativa ao total

Ácidos graxos	Pacu	
	%	g. 100g ⁻¹
Ácido láurico (C12:0)	2,62 ± 0,46	0,46 ± 0,08
Ácido mirístico (C14:0)	5,73 ± 0,78	1,02 ± 0,13
Ácido miristoléico (C14:1 ω5)	0,06 ± 0,01	0,01 ± 0,00
Ácido palmítico (C16:0)	19,96 ± 0,30	3,56 ± 0,05
Ácido palmitoléico (C16:1 ω7)	5,25 ± 0,38	0,94 ± 0,06
Ácido margárico (C17:0)	0,61 ± 0,05	0,11 ± 0,01
Ácido esteárico (C18:0)	9,82 ± 0,62	1,75 ± 0,11
Ácido oléico (C18:1 ω9)	37,25 ± 1,25	6,64 ± 0,22
Ácido vacênico (C18:1 ω7)	3,62 ± 0,18	0,64 ± 0,03
Ácido linoléico (C18:2 cis ω6)	2,64 ± 0,43	0,47 ± 0,08
Ácido linolênico (C18:3 ω3)	0,72 ± 0,15	0,13 ± 0,03
Ácido araquídico (C20:0)	0,15 ± 0,03	0,02 ± 0,00
Ácido araquidônico (C20:4 ω6)	1,47 ± 0,06	0,26 ± 0,01
Ácido eicosapentaenóico (EPA, 20:5 ω3)	0,09 ± 0,01	0,02 ± 0,00
Ácido docosahexaenóico (DHA, C22:6 ω3)	0,32 ± 0,12	0,06 ± 0,02
Σsaturados	38,89 ± 1,27	6,93 ± 0,23
Σmonoinsaturados (AGMI)	47,53 ± 1,60	8,47 ± 0,29
Σpoliinsaturados (AGPI)	5,24 ± 0,74	0,93 ± 0,13
Σω-6	4,11 ± 0,48	0,73 ± 0,09
Σω-3	1,13 ± 0,28	0,20 ± 0,05

Fonte: Ramos Filho et al., 2008.

O pescado pacu por apresentar teores lipídicos altos em sua composição, tem a tendência de sofrer maiores reações oxidativas, podendo ocasionar alterações na textura, cor, sabor e odor do pescado. Desta forma, a qualidade do pescado pode ser comprometida e sofrer rejeição do consumidor.

3.4 INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE EM PESCADOS

Muitos estudos já relataram que peixes provenientes de várias regiões no mundo, apresentaram grandes quantidades de ácidos graxos essenciais em sua composição. Porém, existe uma variação na composição química do pescado, especialmente no teor lipídico, valores estes diferenciados pelas espécies e influenciados pela época de captura (ZOTOS, VOUZANIDOU, 2012; LUZIA et al., 2003; HAMRE et al., 2003; AIDOS et al., 2002).

Essa variação no conteúdo lipídico do pescado em diferentes épocas do ano, pode ser explicada pelo período que ocorre a formação das gônadas e a desova. Os peixes passam por períodos de fome por razões naturais ou fisiológicas, como a migração e a desova, ou por fatores externos como a falta de comida. É comum que a desova ocorra por longas migrações ou por várias desovas, exigindo níveis mais elevados de energia, os peixes que possuem depósitos de energia na forma de lipídios iram gastá-lo para realizar este período (HUSS, 1995). No Brasil, a época de migração e desova de pescados é conhecido como a piracema, que ocorre anualmente entre novembro a março.

No estudo feito por Zotos e Vouzanidou (2012) verificaram mudanças quantitativas sazonais em espécies de peixes comerciais na Grécia, como boga (*Boops boops*), pescada (*Merluccius merluccius*), cavala (*Scomber japonicus*), sardinha (*Sardina pilchardus*), truta (*Salmo trutta macrostigma*), e identificaram que pescados gordos tiveram seus depósitos lipídicos esgotados no período da desova, e consequentemente apresentaram menores teores lipídicos nesse período.

Luzia et al. (2003) analisando a influência sazonal no teor lipídico de cinco espécies de pescado: a sardinha (*Sardinella* spp), corvina (*Micropogonias furnieri*), curimatá (*Prochilodus* spp), camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e tilápia (*Oreochromis* spp), adquiridos no mercado público de São Paulo durante o inverno e o verão, verificaram que os teores de lipídios totais no mês de março (verão) foram menores que no mês de junho (inverno), e somente o camarão-sete-barbas e a corvina apresentaram diferença significativa entre as duas estações.

A pesquisa realizada por Aidos et al. (2002) em filés, subprodutos e óleo do pescado arenque (*Clupea harengus*), entre o período de junho de 1999 a janeiro de 2001, encontraram diferenças estatisticamente no teor de lipídios, com menor teor de ácidos graxos poliinsaturados de janeiro a março, coincidindo com o período de desova do pescado.

Como o teor de lipídios está diretamente relacionada com a umidade, ou seja, quando o teor lipídico diminui na composição química do pescado aumenta o teor de umidade (HUSS, 1995). Desta forma, o conhecimento do teor de lipídios é importante para caracterizar o pescado, uma vez que se sabe da importância da reação de oxidação lipídica.

3.5 PARÂMETRO DE FRESCOR

O frescor do pescado é um dos principais parâmetros de qualidade para determinar a vida útil do produto. Alguns métodos químicos podem determinar o estado de frescor no peixe, como a utilização da análise de Nitrogênio das Bases Voláteis Totais (N-BVT), que consiste na quantificação de aminas como trimetilamina (TMA), dimetilamina (DMA) e amônia, que são formadas durante o processo de deterioração do pescado (PALMA, 1994). No Brasil, a Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabeleceu o valor de 30 mg.100g⁻¹ como limite máximo de NBVT para pescado fresco (BRASIL, 1997).

Outro fator importante para avaliar o frescor da carne do pescado é o valor do pH. O processo de decomposição normalmente afeta a concentração de íons de hidrogênio do alimento, contribuindo com as alterações no pH (VARLIK et al., 2000). O pH pode aumentar devido a decomposição de aminoácidos formando um meio favorável para degradação da carne pelas bactérias. Comumente a análise de NBVT é feita paralela com o pH (OGAWA; MAIA, 1999).

O pH da carne do pescado, logo após a morte, diminui de 7,0 para cerca de 6,5, subindo para 6,7. Essa queda do pH está relacionada as condições de pesca, com maior ou menor estresse do peixe. A formação de ácido lático durante o rigor mortis diminui o pH, após o rigor mortis ocorre a formação de produtos de natureza básica que aceleram a deterioração do pescado (GALVÃO; OETTERER, 2014; PEREIRA; ATHAYDE; PINTO, 2001). Para a Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento os níveis pH da carne de pescado aceitáveis na parte externa 6,8 e na parte interna 6,5 (BRASIL, 1980).

Além dos métodos químicos, são utilizados métodos sensoriais aplicando atributos importantes para avaliação do grau de frescor, como textura do músculo do pescado, perda de coloração e odor. O odor forte pode ser acometido pela deterioração bacteriana ou pela oxidação lipídica (GONZÁLES 2011; CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

3.6 OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM CARNES

Os ácidos graxos são classificados em saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) e poliinsaturados (PUFA). O ácido palmítico (16:0) é o principal ácido graxo saturado em peixes, representando aproximadamente 70% do total de SFA. O ácido oléico (18:1n-9) é o principal MUFA, e é encontrado na gordura animal e óleos vegetais, sendo encontrado uma grande quantidade no peixe pacu. Os ácidos graxos poliinsaturados tem como principal fonte o pescado, sendo característico o ácido linoléico e o ácido α -linolênico, ácido eicosapentaenóico (EPA, C20: 5n-3) e ácido docosahexanóico (DHA, C22: 6n-3) (RAMOS FILHO et al, 2008; LUZIA et al., 2003).

Os pescados possuem um alto valor de ácidos graxos poliinsaturados, os quais podem ter uma ou mais insaturações ao longo da sua estrutura química. Quanto maior a insaturação do ácido graxo, mais propício de ocorrer a oxidação. A oxidação dos ácidos graxos é dinamizada por metais, luz, temperatura, oxigênio, resultando na formação de radicais livres, que formam hidroperóxidos e maior quantidade de radicais livres em reações de propagação. Os principais produtos finais da oxidação lipídica compreendem os derivados da decomposição de hidroperóxidos, como álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres e outros hidrocarbonetos. (LI et al., 2014; SOARES; GONÇALVES, 2012; WEBER et al., 2008).

Esse fenômeno causa rejeição por parte dos consumidores, por apresentar sabores e odores desagradáveis os off-flavors. Além de prejudicar o aroma da carne, a oxidação lipídica pode prejudicar outros aspectos de qualidade, como mudanças geradas na composição lipídica, interações entre os produtos de oxidação e de proteínas, alterações na capacidade de retenção de água, textura, cor e valor nutricional (BUCKLEY et al., 1995; GRAY et al., 1996; RESCONI et al., 2013).

A oxidação lipídica e a oxidação de mioglobina na carne estão quimicamente inter-relacionados através da presença de agentes oxidantes como o oxigênio e o peróxido de hidrogênio, o que resulta na mudança de coloração e no surgimento de odores desagradáveis na carne (LI et al., 2014).

A análise de substância reativa de ácido tiobarbitúrico (TBARS) ajuda a quantificar o grau de oxidação lipídica e a determinar a validade do produto (ZUTA et al., 2007). O teste de TBARS é utilizado no controle de qualidade, pois fornece informações sobre o estado oxidativo do alimento baseado na reação de cor entre

malonaldeído e o ácido 2-tiobarbitúrico. A rancidez é a uma das deteriorações mais importantes que ocorre nos produtos cárneos, pois além de destruir as vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais, gera produtos indesejáveis sensorialmente, diminuindo a vida útil do produto (CECCHI, 2003; GONÇALVES, 2008; GRAY, 1978). Segundo Nakayama e Yamamoto (1977) valores de TBARS entre 1,5 -3,0 mg de malonaldeído.kg⁻¹ podem promover a percepção de rancidez no pescado.

Na pesquisa realizada por Nazemroaya et al. (2008) avaliaram filés de Cavala (*Scomberomorus commersoni*) e tubarão de bochecha branca (*Carcharhius dussumieri*) congelados por 6 meses e registraram valores crescentes de malonaldeído durante a armazenagem congelado: 0,043-0,104 mg (cavala) e 0,038-0,068 mg (tubarão) de malonaldeído por kg de carne de peixe. Cartonilho e Jesus (2011) avaliaram cortes de Tambaqui congelados a -25°C armazenados por 180 dias, encontraram valores crescentes de TBARS durante o armazenamento congelado, contudo, todos os cortes tiveram valores abaixo de 3 mg de malonaldeído por kg de carne de peixe.

O teor de lipídios na carne de pescado e a estabilidade oxidativa é um parâmetro importante a ser avaliado, pois limita a vida útil do produto.

3.7 CONGELAMENTO DE ALIMENTOS

A vida útil do peixe fresco é curta e influenciada por diversos fatores como: qualidade microbiológica inicial, composição química do pescado, manipulação, alimentação, época do ano, idade e sexo do peixe, entre outros. Com isso, o maior problema do pescado é a facilidade de deterioração por microrganismos devido ao pH quase neutro, a alta atividade de água e sua composição química. Uma forma de prevenir que ocorra essa deterioração e aumente a vida útil do produto, seria a utilização da técnica de congelamento (KOUTSOUMANIS, 2001; SOARES; GONÇALVES, 2012).

O congelamento é o método mais satisfatório disponível para conservação por longo período, utilizando o método adequadamente mantém o sabor, a cor e o valor nutritivo do alimento. A estocagem a -18 °C mantém a qualidade do produto pescado por 6 a 8 meses, se o pescado for gordo ou pré-cozido, e por 10 a 12 meses, para peixes magros e in natura. Uma vantagem da utilização de baixas temperaturas é que

não há indícios de desenvolvimento microbiológico, porém se houver oscilações de temperatura que levam à recristalização, pode ocorrer alterações físicas e químicas modificando a cor, aroma, capacidade de retenção de água e a textura dos alimentos (OETTERER, 2002; PEREIRA, 2009).

O uso do congelamento de alimentos pode ocorrer de duas formas: o congelamento lento e o congelamento rápido. O congelamento envolve o decréscimo da temperatura até -18°C ou abaixo, a cristalização da água e dos solutos, ocorrendo simultaneamente. Quando se inicia o congelamento parte da água livre do alimento cristaliza-se, conforme diminui a temperatura mais cristais de gelo são formados. A cristalização depende da rapidez do congelamento, se realizar um congelamento lento haverá formações de cristais principalmente nos espaços extracelulares, resultando em cristais de gelos maiores associados ao máximo deslocamento de água e encolhimento das células no estado congelado, rompendo os tecidos celulares. Já no congelamento rápido, à formação de pequenos cristais de gelo entre as estruturas das células, tanto nos espaços intercelulares como no intracelulares, não ocasionam danos às células por apresentar cristais pequenos. O uso do congelamento rápido e descongelamento lento, proporciona um produto final com melhor qualidade (COLLA, PRETICE-HERNÁNDEZ, 2003).

A capacidade de retenção de água (CRA) sofre alteração pela influência direta do congelamento e descongelamento, em congelamentos lentos podem ocorrer danos nas fibras musculares causado pelos cristais de gelo maiores e desnaturação de proteínas. Desta forma, contribui no movimento da água interna para o meio externo, e no momento do descongelamento há perda do exsudado por não retornar à água ao interior da fibra. Essas diminuições na capacidade de retenção de água pode interferir em outros parâmetros como textura, aroma e cor (ZHANG, ERTBJERG, 2018).

Vários estudos observaram alterações na capacidade de retenção de água de pescados congelados por longos períodos, como Burgaard e Jorgensen (2011) em peixes da espécie da Truta (*Oncorhynchus mykiss*) congeladas por 18 meses, a CRA foi reduzido em 60% na temperatura de -10°C e 85% na temperatura de -20°C . Na pesquisa feita com bacalhau foi observada uma redução do CRA significativa com 5 meses de armazenamento (BURGAARD; JORGENSEN, 2010). Outro trabalho realizado com surimi congelado por 120 dias, apresentou um decréscimo do ponto

zero da CRA conforme o tempo de armazenagem de 35,9% para 28,51%, com 120 dias de estocagem (ZAGHBIB et al., 2016).

A utilização de embalagem para armazenar alimentos é uma forma de auxiliar a técnica de congelamento para aumentar ainda mais a vida útil do produto, além disso facilita o transporte protegendo a integridade deste produto até o consumidor. Existem múltiplas opções de embalagens no mercado, porém a mais utilizada no setor alimentício são as embalagens plásticas flexíveis, que garantem a proteção desejada para muitos produtos, contudo o descarte inadequado, leva a problemas ambientais sérios, gerando uma grande quantidade de resíduos (MEDEIROS et al., 2017; KOUSHAL et al., 2014).

Uma alternativa para minimizar a quantidade de resíduos gerados por embalagens plásticas, seria a utilização de embalagens biodegradáveis, produzidos com polímeros de fontes renováveis que sejam favoráveis ao meio ambiente (RAZAVI et al., 2015).

3.8 EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL

A embalagem tem como principal objetivo a funcionalidade, protege o produto mantendo suas características durante o armazenamento. A resina plástica tem um custo relativamente baixo e de fácil produção, porém não são biodegradáveis demorando anos para se degradarem e ocasionam um sério problema ambiental. Portanto, aumentam as buscas por alternativas que reduzem o impacto ambiental, e dentre todas as possibilidades, a melhor opção seriam as embalagens biodegradáveis, pois sua decomposição pode ocorrer pela ação de microrganismos, onde as substâncias químicas orgânicas são convertidas em dióxido de carbono e água, em um processo natural em um curto tempo (MARSH, BUGUSU, 2008; LANDIM et al., 2016; LUCAS, 2008).

Novas alternativas vêm sendo amplamente estudadas para redução do impacto ambiental como a utilização de embalagens biodegradáveis em alimentos, Barreda et al. (2020) desenvolveram uma embalagem biodegradável ativa para brócolis frescos usando zeólita como absorvedor de etileno, visando aumentar a vida útil do vegetal,

já Malherbi et al. (2019) produziram filmes a partir de amido de milho e gelatina com polpa de guabiroba e aplicaram como embalagem em azeite de oliva extra virgem.

Para minimizar os custos e aumentar a capacidade de produção dos filmes biodegradáveis podem ser incorporados biopolímeros no processo, como o amido. O amido é um polissacarídeo biodegradável, renovável e atóxico, composto por amilose e amilopectina que variam conforme a fonte botânica. A amilose é formada basicamente por cadeias lineares constituídas de ligações α (1,4), enquanto a amilopectina é altamente ramificada com ligações do tipo α (1,6), como mostra a Figura 3 (BRANDELERO, 2013; AVÉROUS, 2004).

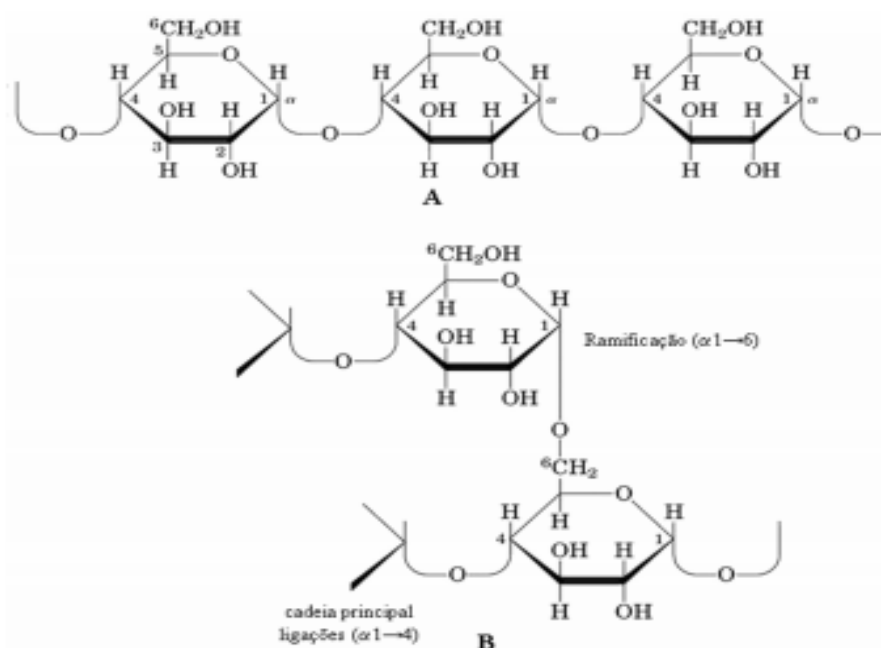


Figura 3 Representação da cadeia de amilose (A) e de amilopectina (B). Fonte: WILMO,2008.

Dentre os amidos naturais, o amido de mandioca apresenta potencial de utilização na produção de filmes biodegradáveis, devido a sua alta produção concentrada no estado do Paraná. Pela pesquisa anual de campo realizada pelos técnicos do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, a produção brasileira de fécula de mandioca foi em torno de 1,9 milhões de toneladas em 2019 (ABAM,2020).

A utilização de amido juntamente com um plastificante como o glicerol forma o amido termoplástico (TPS), a função dos plastificantes é melhorar as características mecânicas, tornando os polímeros mais elásticos, pois a força intermolecular entres

as cadeias diminuem, aumentando a mobilidade, a elasticidade e extensibilidade (MALI et.al., 2005; RINDALAV-WESTLING et.al., 1998).

Embora promissora a utilização de amido termoplástico em questão econômica, o TPS possui duas limitações principais: a baixa resistência mecânica a tração e a sensibilidade a água, que podem contribuir para a degradação das embalagens, bem como do alimento embalado (VAN SOEST, 1999). Uma alternativa para obter filmes de amido termoplásticos estáveis às variações ambientais, com boas propriedades mecânicas e térmicas, e de menor hidrofobicidade é misturar outro polímero hidrofóbico formando as blendas poliméricas (AVÉROUS, BOUQUILLON, 2004).

As blendas poliméricas são formadas através de mistura física de dois ou mais polímeros e/ou copolímeros, tendo como vantagem o poder de promover uma melhoria nas propriedades dos polímeros e reduzir custos de um material. A utilização de uma blenda polimérica, tem como objetivo trazer ao filme melhorias nas propriedades mecânicas, densidade, elasticidade, condutividade térmica, dureza barreiras ao vapor de água, minimizar o custo de produção e ampliar as suas aplicações (UTRACKI et al., 2003; BARLOW et al., 1984).

O poli (butileno adipato-co-tereftalato) PBAT é um polímero hidrofóbico biodegradável, com propriedades mecânicas semelhantes ao polietileno, podendo se degradar em algumas semanas em contato com o meio ambiente através da ação de microrganismos. O PBAT tem sido utilizado para produzir filmes e revestimentos pelo processo de extrusão. Tem sido empregado em misturas para melhorar as propriedades de outros polímeros, na resistência mecânica, flexibilidade, propriedades de barreira aos gases e estabilidade térmica. (BASTARRACHEA et al., 2010).

O PBAT é um polímero fabricado pela BASF e certificada quando a inocuidade dos resíduos liberados na natureza em decorrência da sua degradação, seu nome comercial é o Ecoflex, um copoliéster alifático-aromático (BASF, 2013). Este polímero não apresenta metais pesados, sendo atóxico, é autorizado para aplicações em embalagens de alimentos pela Food and Drug Administration (FDA) (FUKUSHIMA et.al.,2013; AL-ITRY et.al., 2014).

O PBAT tem despertado especial interesse na substituição de polímeros sintéticos não biodegradáveis quando se leva em consideração fatores como o balanço da sua biodegradabilidade (ou seja, tempo de vida) e as suas propriedades

físicas (por exemplo, propriedades mecânicas e térmicas). Este polímero apresenta uma estrutura aromática, porém a existência de heteroátomos e carbonila favorecem a ação de degradação (Figura 4). A degradação do PBAT é favorecida pelo polímero apresentar estrutura linear, uma vez que quanto maior o número de ramificações, menor ou mais lenta é sua degradação (SHI; ITO; KIKUTANI, 2005).

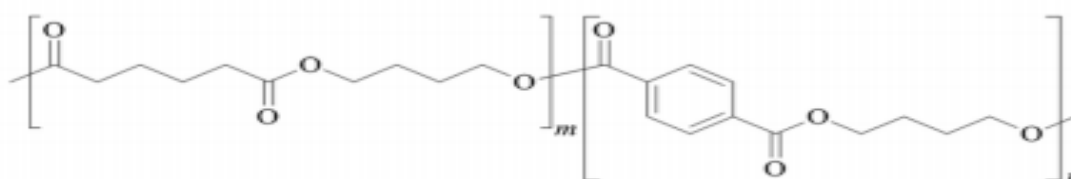


Figura 4 Estrutura química do PBAT. Fonte: AL-ITRY et al., 2012.

A utilização de embalagens biodegradáveis em alimentos é crescente, entretanto, pouco se conhece a respeito do comportamento destas em baixas temperaturas, principalmente no que diz respeito à temperatura de congelamento (PIETROSANTO et al., 2020). Em estudo recente Pietrosanto et al. (2020) avaliaram e verificaram a resistência de embalagens biodegradáveis a partir de diferentes blends de poli(láctico) (PLA) e poli(butileno-adipato-co-tereftalato) (PBAT) em condições de refrigeração e congelamento para aplicação em alimentos, os resultados encontrados mostraram que conforme a temperatura foi diminuindo houve um aumento no módulo de elasticidade e tensão de escoamento, e uma diminuição no alongamento na ruptura, caracterizando maior rigidez nas blendas devido ao frio.

Armazenar o pescado congelado em embalagem biodegradável possibilitaria diminuir o impacto ambiental e oferecer ao consumidor a oferta desse alimento em regiões não litorâneas ou com baixa produção de pescado pela piscicultura. Além disso, aplicar o processo de congelamento na embalagem biodegradável traz novos resultados e amplia o modo de utilização em alimentos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As etapas do projeto estão apresentadas na Figura 5.

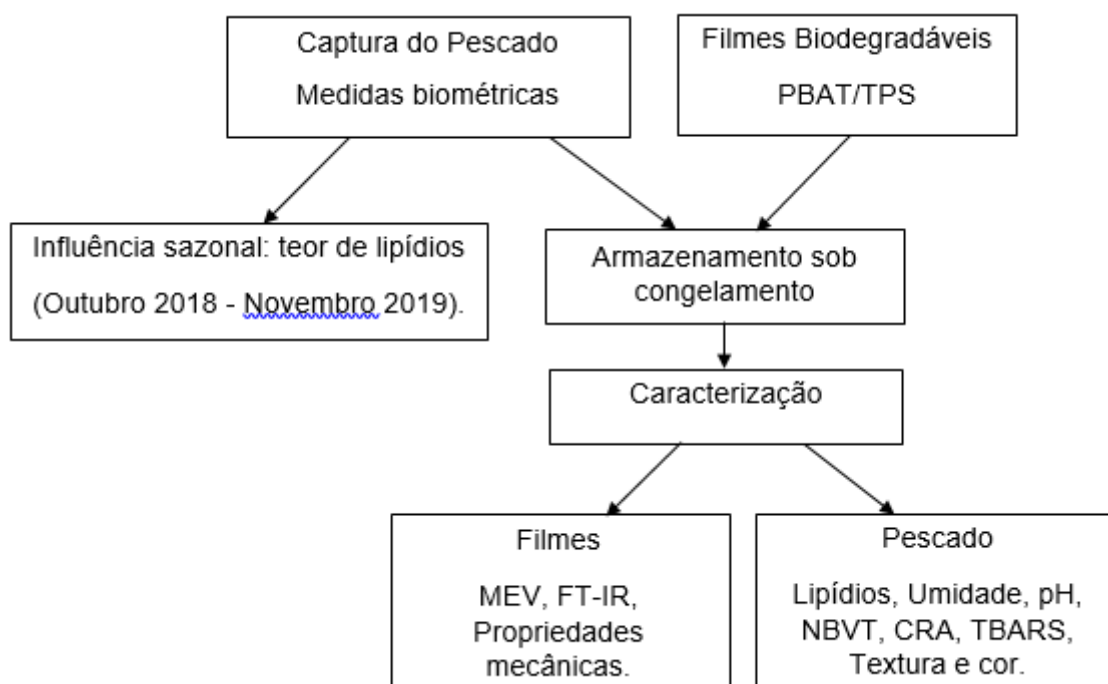


Figura 5 - Fluxograma das etapas do projeto.

4.1 AVALIAÇÃO BIOMÉTRICA E DO TEOR DE LIPÍDIOS DO PESCADO PACU (*Piaractus mesopotamicus*) CAPTURADOS A CADA 45 DIAS DURANTE UM ANO.

4.1.1 Captura das amostras de pescado e avaliação do teor lipídico

As amostras de pescado utilizadas foram as da espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Os pescados foram alimentados com ração BioBase Linha Bioacqua e capturados com 24 meses de idade, foram capturados para as análises biométricas e de lipídios entre os meses de outubro de 2018 até novembro de 2019 com intervalos de 45 dias, por meio de piscicultores da Linha Fazenda da Barra- Estrada Municipal Pioneiro Sadi Padre Viganó, Pato Branco – PR (26°16'43"S) e (52°39'57"W).

Para obtenção das medidas biométricas, após a captura, os peixes foram insensibilizados por percussão na cabeça, medidos da extremidade da cabeça até a nadadeira caudal (comprimento total), pesados, eviscerados, filetados, pesados e transportados em caixa térmica com gelo até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Para obtenção do teor lipídico utilizou o método de Bligh e Dyer (1959).

4.1.2 Avaliação estatística

A avaliação estatística dos resultados das medidas biométricas e lipídios foi realizada por meio da análise descritiva de correlação e por meio da Análise de Componentes Principais conduzida pela matriz de covariância dos meses de captura versus dados lipídicos e biométricos. Os dados foram analisados Statistica® 12.7.

4.2 APLICAÇÃO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL PARA CONSERVAÇÃO DE PESCADO CONGELADO DURANTE 360 DIA DE ARMAZENAMENTO

4.2.1 Produção dos filmes pelo processo de extrusão

Os filmes foram produzidos a partir da mistura (p/p) de 51% amido de mandioca (Indemil, Paranavai, Brasil), 30% de PBAT poli (butileno de adipato co-tereftalato), com nome comercial Ecoflex® F Blend C1200 (BASF, Alemanha) e 19% de glicerol (Dinamica, São Paulo) pelo processo de extrusão-sopro em balão, em extrusora de laboratório da marca BGM e modelo EL-25. Inicialmente foram produzidos os pellets para a homogeneização dos componentes da formulação (PBAT, amido de mandioca e glicerol). As formulações foram processadas utilizando-se o perfil de temperatura de 95/120/120/120°C com velocidade do parafuso de 35 rpm. A saída dos “macarrões” para formação dos pellets foi feita em uma matriz circular com seis furos de 2 mm de diâmetro cada. Após o preparo dos pellets, os mesmos foram utilizados para a

produção dos filmes pelo processo de extrusão em sopro balão em uma matriz circular de 50 mm de diâmetro com fluxo interno de ar interno para a formação dos filmes. O perfil de temperatura foi de 90/120/120/125/125°C com velocidade do parafuso de 35 rpm. A produção dos filmes foi realizada nos laboratórios da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

4.2.2 Captura e embalagem dos pescados

Foram capturados nove pacus em outubro de 2018 por piscicultores da Linha Fazenda da Barra- Estrada Municipal Pioneiro Sadi Padre Viganó, Pato Branco - PR (26°16'43"S) e (52°39'57"W). Os pescados foram alimentados com ração BioBase Linha Bioacqua e capturados com 24 meses de idade, cada peixe rendeu dois filés. Após a captura, os peixes foram insensibilizados por percussão na cabeça, eviscerados, filetados e transportados em caixa térmica com gelo até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Um dos filés foi colocado na embalagem biodegradável com espessura do filme de 0,124mm e o outro filé na embalagem controle de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura do filme de 0,010mm, etiquetados e congelados em freezer doméstico a -18°C. Na Figura 6 mostra como o pescado ficou acondicionado na embalagem biodegradável.



Figura 6 - Pescado pacu embalado em embalagem biodegradável. Fonte: Autora, 2020.

4.2.3 Caracterização dos filmes congelados

As embalagens foram descongeladas a cada 45 dias, foram mantidos sob refrigeração (geladeira) durante o processo de descongelamento, posterior foram realizadas as análises até completar os 360 dias de armazenamento. Na Figura 7 mostra o filme biodegradável e de polietileno utilizados na presente pesquisa.

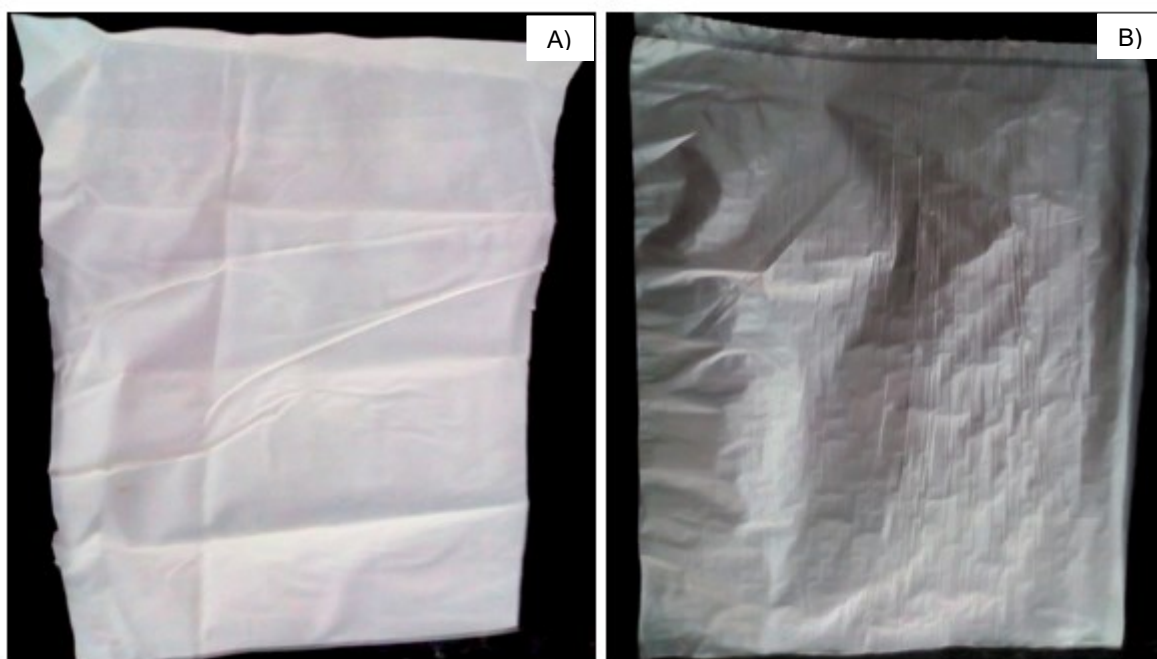


Figura 7 - Filme biodegradável (A) e filme de polietileno (B) utilizados no presente trabalho. Fonte: Autora, 2020.

4.2.3.1 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas foram determinadas de acordo com o método da American Society for Testing and Material - ASTM D-882-91 (2002), utilizando Texturômetro Stable Micro Systems (modelo TATX2i, Inglaterra). Antes de serem analisados, os filmes cortados (50 mm x 20 mm) foram condicionados em umidade relativa (UR) de 53% solução de nitrato de magnésio saturada $Mg(NO_3)_2$ a 25 °C durante 48 horas. As amostras foram ajustadas às garras pneumáticas do equipamento, a uma distância de 30 mm e tracionadas com velocidade de 50 mm.min⁻¹. As propriedades de tração determinadas foram resistência à tração (MPa) e alongação na ruptura (%). Para cada tratamento foram preparados 10 corpos de prova, na direção longitudinal de produção dos filmes.

4.2.3.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A microestrutura dos filmes foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) nas superfícies das amostras. As amostras foram secas em dessecador contendo cloreto de cálcio (CaCl_2) por 1 semana antes da análise. As amostras secas foram revestidas com uma película de cobre e em seguida visualizadas em microscópio eletrônico de varredura (Hitachi 3000) para análise da superfície com aumento de 300 e 800x, feito em duplicada.

4.2.3.3 Espectroscopia infravermelha com transformada de Fourier (FT-IR)

As amostras foram secas em dessecador contendo cloreto de cálcio (CaCl_2) por 1 semana antes da análise. Os espectros foram realizados em um espectrofotômetro Espectroscopia de Infravermelho Médio com Transformada de Fourier - FTIR provido de um módulo para leitura de refletância Total Atenuada (Perkin Elmer Frontier). As análises espectrais foram feitas na região dos números de onda de 4000 a 400 cm^{-1} , com resolução espectral de 4 cm^{-1} e 16 varreduras em cada amostra de cada formulação.

4.2.4 Caracterização físico-química dos pescados

Os filés de pescados congelados armazenados nas embalagens foram descongelados a cada 45 dias, foram mantidos sob refrigeração (geladeira) durante o processo de descongelamento e foram realizadas as análises até completar os 360 dias de armazenamento.

4.2.4.1 Avaliação do frescor dos pescados

As análises de frescor dos pescados foram avaliadas mediante medida de Nitrogênio de bases voláteis totais (N-BVT), pH segundo metodologia indicada por Brasil (1981), as análises foram realizadas em triplicata.

Para determinação do pH foi pesado 25g de polpa de pescado para 5 mL de água destilada utilizando um pHmetro de bancada (TECNAL®).

Para determinação de N-BVT ($\text{mgN} \cdot 100\text{g}^{-1}$) foi pesado 25g de amostra macerada, adicionar 75 mL de ácido tricloro acético (TCA) 20 % e submeter a mistura à agitação constante por 10 minutos. Deixar em repouso em 20 minutos, para posterior filtração com papel filtro. Tomar uma alíquota de 10 mL do filtrado e transferir para o tubo de um destilador, juntamente com 2g de óxido de magnésio (MgO) e 4 gotas de indicador fenolftaleína 1%. Para recolher a amostra destilada, utilizou-se erlenmeyer com 5 mL de ácido bórico 4% e 4 gotas de indicador misto. Recolheu-se 50 mL de amostra destilada e titulou-se com ácido clorídrico (HCl) 0,02N. A solução ao ser titulada passou da coloração verde para o roxo (BRASIL, 1981).

4.2.4.2 Determinação de substâncias reativas de ácido tiobarbitúrico – TBARS

O procedimento consistiu em pesar 5 g de amostra no balão, 25 mL de ácido tricloroacético (TCA) 7,5%, homogeneizou por um minuto. Posteriormente foi filtrado para deixar a solução límpida e adicionou em 4 mL do filtrado, 1 mL de TCA 7,5% e 5 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,02M. Tampou-se os tubos para agitação e foi colocado em banho-maria (95°C) por 40 minutos e depois foi transferido para banho de gelo até esfriar. Cada solução foi lida a 538 nm, com solução branca composta de 5 mL de TBA mais 5 mL de TCA. O padrão utilizado para confecção da curva foi o 1,1,3,3-Tetramethoxypropane 99%, SigmaAldrich® (VYNCKE,1975). As análises foram realizadas em triplicata e determinado mg de MDA. kg^{-1} de carne de pescado.

4.2.4.3 Teor de umidade e lipídios

Para determinação do teor de umidade, as amostras foram pesadas 3 a 5 g em cadinhos e colocados em uma estufa a 105°C. Após 4 horas os cadinhos foram colocados em dessecador, e pesados. O teor de umidade foi encontrado após o peso se manter constante, sendo obtido por diferença de peso ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) em triplicata (AOAC, 2000).

Na determinação da fração lipídica foi utilizado o método de Bligh e Dyer (1959), consistiu em pesar 30g de pescado e homogeneizou com 30 mL de clorofórmio e 60 mL de metanol, foi mantida sob agitação por 25 minutos. Em seguida, adicionou 30 mL de clorofórmio e 30 mL de solução de sulfato de sódio 1,5%, foi mantida sob agitação por 5 minutos. Com um funil de buchner, a solução foi filtrada aplicando vácuo suave, o filtrado foi transferido para um balão de separação. Após a formação de uma mistura bifásica, tomou-se uma alíquota de 10 mL da solução com o clorofórmio e colocou-se em um balão previamente tarado. Levou o balão a estufa durante 4h a uma temperatura de 105°C. O balão foi colocado no dessecador e pesado, o teor de lipídios foi expresso em % de gordura. As análises foram realizadas em triplicatas.

4.2.4.4 Análise de cor

A cor dos filés de pescado descongelados foi determinada por Colorímetro (CR-400 Chroma Meter Minolta®) na superfície da amostra, realizado a leitura em triplicata. Foram avaliados quanto aos parâmetros colorimétricos L^* , a^* e b^* e os resultados foram apresentados por diferença total de cor (ΔE) obtidos pela seguinte equação:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$$

Onde:

ΔL = variação do L^* entre os dias de armazenamento;

Δa = variação do a^* entre os dias de armazenamento;

Δb = variação do b^* entre os dias de armazenamento.

4.2.4.5 Textura do pescado

A medida de textura instrumental foi obtida pela força de compressão na superfície do pescado. As análises foram feitas em analisador de textura modelo TA-XT Express (Stable Micro Systems). Foram utilizadas 08 amostras de peixe de cada embalagem, descongelados em temperatura de 25°C, cortados em formato retangular com 2,0 cm x 2,0 cm x 1,5 cm. O probe utilizado foi o SMSP 75 mm e cada amostra foi comprimida duas vezes com 70% da sua altura original em mm, com velocidade de 1 mm.s⁻¹. O probe repenetra o filete 0,5 s após o primeiro ciclo de compressão e a velocidade de pós-teste foi de 5 mm.s⁻¹, encontrando o parâmetro de dureza (N).

4.2.4.6 Capacidade de Retenção de água (CRA)

A perda de água por pressão foi realizada pelo método de Hamm (1960), adaptado por Wilhelm et. al. (2010), que utiliza uma amostra de carne de 2,0 g do músculo. Em seguida, a amostra é colocada entre dois papéis filtros, sobre estes papéis filtros foram colocados um peso de 10 kg por 5 minutos, após término deste tempo, pesou a amostra novamente. E perda de água por pressão foi dada como percentagem em relação ao peso inicial, as análises foram realizadas em triplicata.

4.2.5 Avaliação estatística

Os dados das propriedades mecânicas dos filmes, qualidade física, físico-química e medidas biométricas dos filés de pescados, foram expressos com as médias \pm desvio padrão. Os dados das avaliações dos filés de pescado foram avaliados quanto aos aspectos unidimensionais por ANOVA e multidimensionais por MANOVA e

análise de componentes principais (PCA). Os dados foram analisados Statistica® 12.7.

5 RESULTADOS

5.1 AVALIAÇÃO DAS VARIAÇÕES NO TEOR DE LIPÍDIOS DO PESCADO PACU (*Piaractus mesopotamicus*) CAPTURADOS A CADA 45 DIAS DURANTE UM ANO

5.1.1. Caracterização biométrica e teor de lipídios do pescado

Analisar as características do pescado é de extrema importância tanto para a indústria quanto ao piscicultor, pois serve de fontes de dados para obter um maior rendimento e garantir qualidade do pescado, proporcionando eficiência na produção (SOUZA et al., 1999).

Dentre as variáveis biométricas em estudo, possivelmente o rendimento de filé vem sendo a mais estudada, uma vez que essa medida e as demais medidas biométricas apresentam baixa correlação (BORDERIAS, SÁNCHEZ-ALONSO, 2011; COSTA et al., 2014; BRITTO et al., 2014; NOGUEIRA et al., 2019; NAVARRO et al., 2009; NGUYEN et al., 2010; PIRES et al., 2011). De acordo com MacedoViegas et al., (2000), relatam alguns fatores que influenciam o rendimento após o abate, como: o sexo, a forma anatômica ou idade e a destreza do filetador.

O rendimento de filé é a razão entre o peso de filé e o peso do peixe inteiro, sendo um parâmetro da proporção da parte comestível. A filetagem implica na remoção das nadadeiras, ossos, pele e vísceras (BASSO; FERREIRA, 2011; BRITTO et al., 2014; INTARAK et al., 2015).

A Tabela 2 apresenta os resultados relacionados à caracterização biométrica e o teor de lipídios do pacu em diferentes épocas do ano.

Tabela 2 - Medidas biométricas e teor de lipídeos dos pacus capturados no período de outubro/2018 a novembro/2019.

Meses/Ano	Peso total (kg)	Comprimento (cm)	Peso filé (kg)	Rendimento do filé (%)	Lipídios (g.100g ⁻¹)
outubro/2018	3	49	1,17	39,1	21,2 ^a ±1,04
dezembro/2018	2,2	46	1,01	46,0	14,9 ^b ±0,77
janeiro/2019	1,8	42	0,82	45,8	14,7 ^b ±0,01
março/2019	1,8	46	0,63	35,2	15,6 ^b ±0,72
maio/2019	4,5	56	2,12	47,1	21,42 ^a ±1,54
junho/2019	2,8	48	1,15	41,1	21,5 ^a ±1,18
agosto/2019	2,4	46	1,01	42,3	20,7 ^a ±2,01
setembro/2019	2	44	0,84	41,9	20,8 ^a ±1,15
novembro/2019	1,8	42	0,73	40,8	16,4 ^b ±0,40
Média	2,48±0,88	46,56±4,28	1,04±0,45	41,54±4,36	18,2±3,04

^{a,b} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

O pescado pacu não só apresentou menor rendimento de filé (35,2%) no mês de março, mas também o menor peso do filé (0,63kg). Nos meses de janeiro, março e novembro, o peixe pacu apresentou o mesmo valor de peso total, porém uma variação no valor do peso no filé, esse comportamento pode ser justificado pela realização da filetagem manual, pois depende da habilidade do operador para que não haja perdas no processamento (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994; BORDERIAS, SÁNCHEZ-ALONSO, 2011).

Os menores valores no peso total do peixe pacu foram nos períodos mais quentes, e maiores valores nos períodos mais frios. Esse comportamento pode estar relacionado com o teor lipídico, onde o peixe gasta mais energia para desovar diminuindo seu teor de lipídios, conseqüentemente diminuindo seu peso. Geraldo et al. (2015) encontraram em sua pesquisa com peixe piava criados por piscicultores valores maiores de teores lipídicos em pescado com maior peso, 1428,95 g – 1,69%

de teor lipídico e 1436,10 g – 3,86% de teor lipídico. Outro estudo foi de Quadros e Bolini (2015) que realizaram a pesquisa do peixe cavala durante 10 meses em Matinhos- Pr, e encontraram valores maiores em peso total do peixe no mês de julho (1900g) com teores lipídicos (3,30%) e menores valores no peso total (982,4g) e teor lipídico (1,30%) no mês de janeiro, justificando essa mudança pelo ciclo reprodutivo.

No presente estudo a média de rendimento encontrada para o pacu em filé foi de 41,5%, considerado economicamente um valor alto e importante, pois quanto maior o rendimento maior o aproveitamento na produção. Este valor está em conformidade aos encontrados por vários outros pesquisadores para peixes de água doce, onde o rendimento do filé sem pele foi em torno de 40-45% (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994; BORDERIAS, SÁNCHEZ-ALONSO, 2011; GERALDO et al., 2015; SOUZA et al., 2015).

A forma anatômica do corpo do pescado reflete no rendimento do filé, peixes com a cabeça grande em relação ao corpo apresentam um menor rendimento (LIMA et al., 2012). O pacu apresenta uma cabeça pequena em relação ao corpo, proporcionando um maior rendimento, como mostra Faria et al. (2003) que encontraram um rendimento de 46,7% em filé sem pele de pacu.

O rendimento pode variar entre as espécies e dentro da mesma espécie, pois depende de alguns fatores como a características do pescado (forma anatômica do pescado, tamanho, peso, idade, sexo), da agilidade manual do operário ou das máquinas filetadoras, e também as condições de cultivo: alimentação, tamanho da lagoa e temperatura da água (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994; BORDERIAS, SÁNCHEZ-ALONSO, 2011).

Ramos e Filho et al (2008) encontraram um teor lipídico no filé de pacu em um valor de 19,83%, enquanto Bicudo et al (2012) encontraram um valor de 15,8% de teor de lipídios para peixes juvenis de pacu. Na presente pesquisa os resultados foram semelhantes, o teor lipídico encontrado foi um valor médio de 18,2%. Assim, podemos classificar o pacu como um pescado gordo por apresentar um teor de lipídios superior a 8%.

Na Tabela 2 podemos observar que a variação no teor lipídico apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) em períodos quentes em relação aos períodos frios, sendo o mês de janeiro (verão) que o pacu apresentou menor valor lipídico 14,7%, já no mês de junho (inverno) se apresentou o inverso do verão com valores mais altos

de lipídios 21,5%. Mesmo existindo essa variação a classificação de pescado gordo permaneceu em todas as épocas do ano.

Essa variação no teor lipídico pode ser explicada pelo ciclo reprodutivo, pois a um aumento no consumo de reservas de gorduras durante o período de desova, como a piracema é considerada entre o período de novembro a março, nota-se que foi nesta época em que a espécie apresentou menor quantidade de teor lipídico, podendo ser atribuído a esse fator. Este mesmo resultado ocorreu em outras pesquisas, no estudo feito por Luzia et al. (2003) analisando a influência sazonal no teor lipídico de cinco espécies de pescado: a sardinha (*Sardinella* spp), corvina (*Micropogonias furnieri*), curimatá (*Prochilodus* spp), camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e tilápia (*Oreochromis* spp), adquiridos no mercado público de São Paulo durante o inverno e o verão, verificaram que os teores de lipídios totais no mês de março (verão) foram menores que no mês de junho (inverno), e somente o camarão-sete-barbas e a corvina apresentaram diferença significativa entre as duas estações.

A pesquisa realizada por Aidos et al. (2002) em filés, subprodutos e óleo do pescado arenque (*Clupea harengus*), entre o período de junho de 1999 a janeiro de 2001, encontraram diferenças estatisticamente no teor de lipídios, com menor teor de 24 ácidos graxos poliinsaturados de janeiro a março, coincidindo com o período de desova do pescado.

A fim de compreender a relação entre as medidas biométricas e o teor de lipídios com diferentes épocas do ano, aplicou-se regressão linear correlacionando as variáveis como mostra na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação entre o peso total, comprimento total, peso do filé, rendimento do filé e lipídio.

Parâmetros Biométricos	Pacu
Comprimento x Peso total	0,960
Comprimento x Peso do filé	0,925
Comprimento x Rendimento do filé	0,358
Comprimento x Lipídios	0,590
Peso total x Peso do filé	0,981
Peso total x Rendimento do filé	0,450
Peso total x Lipídios	0,649
Peso do filé x Rendimento do filé	0,604
Peso do filé x Lipídios	0,568
Rendimento do filé x Lipídios	0,084

Analisando a Tabela 3, pode-se notar que os valores do rendimento de filé em relação as demais variáveis, apresentou fraco coeficiente de correlação. Apoiado por outros estudos (BRITTO et al., 2014; CONTRERAS-GUZMÁN, 1994; BORDERIAS, SÁNCHEZ-ALONSO, 2011), para o presente trabalho, todas as medidas biométricas relacionadas ao rendimento de filé apresentaram fraco coeficiente de correlação, independente da espécie. Para Britto et al. (2014), estudando a espécie de pescado viola (*Loricariichthys anus*), os resultados revelaram que os animais de maior peso apresentaram menor rendimento de filé e que isso possivelmente esteja relacionado ao período reprodutivo, o que reduz o rendimento de filé devido ao aumento das gônadas. Basso e Ferreira (2011) obtiveram resultados semelhantes para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), onde os autores observaram que indivíduos maiores apresentaram rendimentos de cabeça e tronco limpo significativamente menor em comparação aos de menor peso. Thodesen et al. (2012) relacionaram a idade com o valor do rendimento, verificaram que os rendimentos preditos em diferentes idades (6 e 9 meses) sugerem que peixes mais jovens apresentem maior rendimento do que peixes mais velhos, isso pode ocorrer pelo aumento percentual de vísceras ou outras mudanças fisiológicas causadas por atividades de maturação e reprodução sexual.

Algumas razões à baixa correlação do rendimento de filé com medidas corporais foram relatadas por outros autores como a eficiência do filetagem ou da máquina fileteadora, a forma anatômica do corpo, tamanho da cabeça, peso dos resíduos (vísceras, pele e nadadeiras) e diferentes condições ambientais durante a

incubação ou estágio larval (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994; LIMA et al. 2012; NGUYEN et al., 2010; e idade do animal (THODESEN et al., 2012).

Os teores de lipídios tiveram maiores correlações aos parâmetros biométricos: peso total, peso do filé e comprimento. Também tiveram uma correlação baixa e fraca com a variável rendimento do filé, o que sugere que o maior teor lipídico não é indicativo de maior rendimento.

Ao se avaliar os resultados correspondentes aos coeficientes de correlação entre comprimento total, peso total e peso de filé, verifica-se que a correlação é alta e positiva. O peso total e peso de filé foram que tiveram melhor correlação onde seu coeficiente foi o maior 0,981, ou seja, essas variáveis estão diretamente correlacionadas.

Na Figura 8 (A e B) foi aplicado a Análise de Componentes Principais, afim de ajudar na melhor visualização e compreensão da relação entre medidas biométricas e o teor lipídico de pescado pacu.

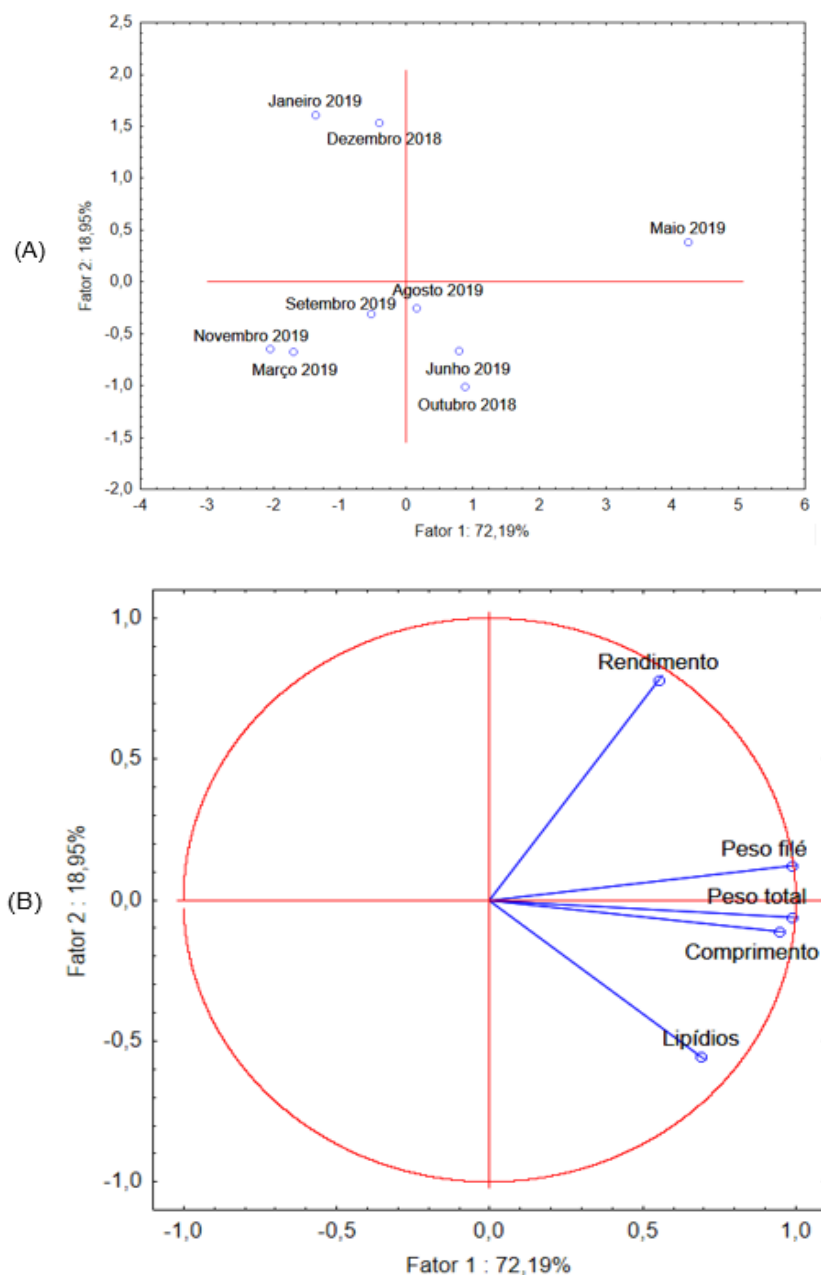


Figura 8 (A e B) - Representação dos meses e parâmetros biométricos e teor lipídico

Nota: (A) é a representação dos meses ao longo de um ano, parâmetros biométricos e teor de lipídios do pacu capturado por um ano (B).

A partir do mapa percentual pode-se notar 91,14% de variação explicada dos dois componentes, verifica-se separação das amostras de pacu pela estação de captura (verão vs. Inverno), atribuído ao primeiro componente. Pode se observar que 72,19% da explicação das variáveis (parâmetros biométricos e teor de lipídios) estão no fator 1 e 18,95% no fator 2. Destaca-se ainda, que as amostras de pacu capturadas no período de inverno estão mais bem relacionadas com o teor lipídico e comprimento,

e as amostras capturadas nos meses de verão mais bem relacionadas ao rendimento. O mês de maio esteve mais bem relacionado com parâmetros biométricos peso de filé e o rendimento, enquanto os meses de janeiro e dezembro apresentaram melhor relação com o rendimento.

Com esses resultados encontrados em relação ao teor de lipídios do pacu em diferentes meses do ano, mostra que captura do pescado conforme a época do ano é um fator importante a se levar em consideração, pois pode haver mudanças no teor de lipídios e conseqüentemente no teor de umidade. Em escala industrial, onde a produção ocorre o ano inteiro, este estudo irá ajudar a prepara-la para possíveis problemas quando o pescado pacu for capturado em períodos com maiores teores lipídicos. Pois, pode influenciar na qualidade da carne depois de um período de armazenamento, favorecendo a ocorrência da oxidação lipídica já que apresenta alto teor lipídico. Levando em questão o rendimento do filé em visão econômica o melhor período de captura seria o mês de maio, que apresentou maior rendimento do filé de pacu (47,1%).

5.2 APLICAÇÃO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL PARA CONSERVAÇÃO DE PESCADO CONGELADO DURANTE 360 DIAS DE ARMAZENAMENTO

5.2.1 Avaliação da estabilidade da embalagem biodegradável durante o armazenamento congelado

5.2.1.1 Espectroscopia infravermelha com transformada de Fourier e módulo de refletância total atenuada (FTIR-ATR)

As avaliações dos espectros dos filmes biodegradáveis sob congelamento ao longo de 360 dias revelaram estabilidade dos filmes, uma vez que não foram registrados o aparecimento de novas bandas e o desaparecimento das existentes (Figura 9).

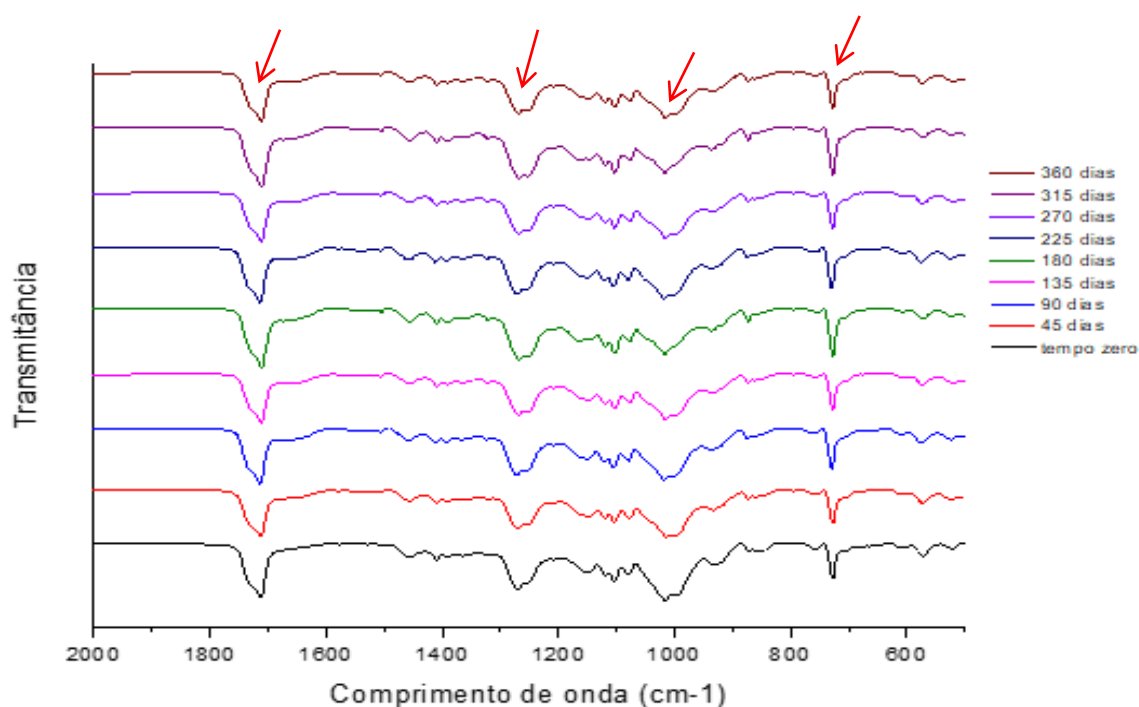


Figura 9 - Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier e módulo de refletância total atenuada (FTIR-ATR) para filme biodegradável com filé de Pacu durante 360 dias sob congelamento.

Dentre as bandas, destaca-se a de 1710 cm^{-1} que se refere às ligações do grupo carbonila C=O de ésteres. Essa banda que foi a mais intensa é característica da formação da estrutura química do PBAT (PAVIA, LAMPMAN, KRIZ, 2001; GARCIA et al., 2014; OLIVATO et al., 2012; ZHAI et al., 2020).

Ainda em 1270 cm^{-1} pode-se observar o estiramento vibracional C-O e em 728 cm^{-1} verifica-se as vibrações do grupo metileno (CH_2) referente a estrutura do polímero PBAT. Já a banda 1018 cm^{-1} é atribuída ao alongamento da ligação C-O no anel glicêmico do amido (PAVIA, LAMPMAN, KRIZ, 2001; GARCIA et al., 2014; NOBREGA et al., 2012).

Com bandas características de sua estrutura e, conforme o esperado, os espectros do filme de polietileno também se mantiveram estáveis durante o período de armazenamento congelado (Figura 10).

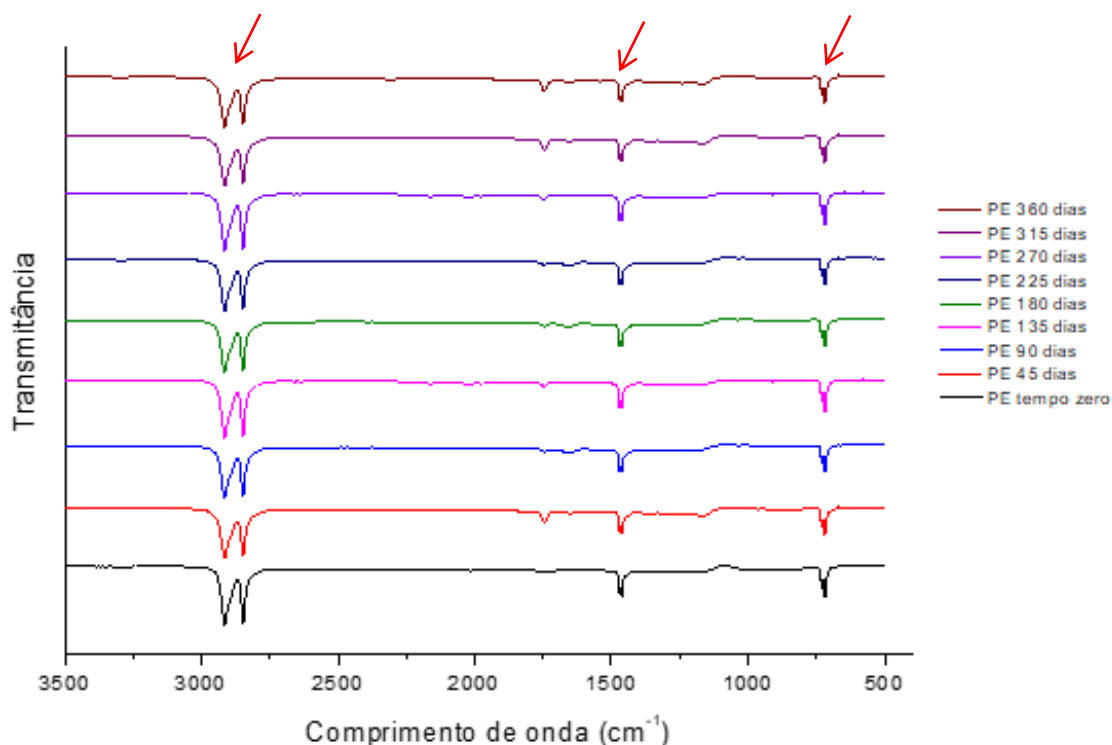


Figura 10 - Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier e módulo de refletância total atenuada (FTIR-ATR) para filme de polietileno com filé de Pacu durante 360 dias sob congelamento.

As bandas em 2919 e 2851 cm^{-1} são relativas as ligações CH_2 ; as bandas em 1473 e 1463 cm^{-1} estão relacionadas deformação angular simétrica do metileno, e em 731 cm^{-1} pela deformação fora do plano CH_2 (MAHDAVI, NOOK, 2008; GULMINE et.al, 2002).

Vale destacar que em nenhum dos espectros foram registradas bandas em 850-1000 cm^{-1} e 1716-1750 cm^{-1} . Banda em 850-1000 cm^{-1} é característica de ocorrência oxidativa, pode estar relacionado com a formações de insaturações durante o processo de degradação da embalagem. Já as bandas próximas de 1716-1750 cm^{-1} , são indicativo de presença de aldeídos, cetona ou ácidos devido ao estiramento da ligação $\text{C}=\text{O}$ (BABETTO et al., 2015; NOBREGA et al., 2012; SILVA et al., 1999). Mais do que revelar a ausência dessas duas bandas nos espectros das duas embalagens ao longo dos 360 dias de armazenamento congelado, esses resultados ressaltaram o comportamento inerte da embalagem biodegradável no que diz respeito a absorção de compostos liberados pelo pescado. Portanto, as reações químicas que ocorreram no peixe durante o armazenamento como exemplo a oxidação lipídica não refletiram na transformação da embalagem.

5.2.1.2 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas dos filmes biodegradáveis armazenados sob congelamento ao longo de 360 dias estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Acompanhamento das Propriedades Mecânicas dos filmes biodegradáveis durante o armazenamento sob congelamento.

(Dias)	Resistência a tração na ruptura (MPa)	Elongação na ruptura (%)
controle	18,14 ^a ± 1,19	383,66 ^a ± 31,33
45	8,72 ^b ± 1,29	0,97 ^b ± 0,27
90	8,71 ^b ± 0,72	1,40 ^b ± 0,27
135	8,90 ^b ± 0,88	1,43 ^b ± 0,21
180	8,00 ^b ± 0,81	1,39 ^b ± 0,38
225	5,67 ^c ± 1,32	1,17 ^b ± 0,10
270	6,11 ^c ± 1,46	1,28 ^b ± 0,20
315	5,91 ^c ± 0,69	1,11 ^b ± 0,22
360	5,93 ^c ± 0,81	1,02 ^b ± 0,27

^{a,b} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nota: controle é a embalagem biodegradável sem o período de armazenamento e sem o peixe.

Verifica-se o efeito do congelamento nas propriedades da embalagem tanto na resistência a tração na ruptura quanto no alongamento na ruptura. A partir do primeiro ponto (45 dias) em condição de congelamento, a resistência à tração na ruptura de 18,14 MPa (controle) passou para valores próximos a 8 MPa. Verifica-se também o efeito do tempo ao longo do congelamento na resistência à tração na ruptura, uma vez que a resistência reduziu ainda mais a partir de 225 dias de congelamento, mantendo-se estável até o final do experimento.

Independente da redução registrada na resistência, sabe-se que para utilização como embalagem, é necessário que o material polimérico tenha resistência à tração superior a 3,5 MPa (KIM, LEE, PARK, 1995; ANDRADE et al., 2020), portanto, a embalagem biodegradável armazenada sob congelamento pode ser utilizada com segurança. Além disso, as propriedades mecânicas dos filmes biodegradáveis são

semelhantes às de filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD) para os quais os valores a resistência máxima na ruptura são 8,6-17 e 17-35 MPa, respectivamente (LI, SHANKAR, RHIM, OH, 2015).

A porcentagem de alongação na ruptura dos filmes biodegradáveis revelou efeito do congelamento, uma vez que houve redução de 383 % para 0,97 % já no primeiro ponto (45 dias) do experimento. Esse aumento da fragilidade dos filmes, diminuindo a resistência à ruptura e aumentando a rigidez, possivelmente seja devido ao processo de recristalização do amido presente nos filmes e pela redução da flexibilidade das cadeias poliméricas (VAN SOEST et. al, 1996). Comportamento semelhante também foi registrado nos estudos de Pietrossanto et al., (2020) que em temperaturas de -25 °C os filmes de PLA/PBAT em diferentes concentrações e PBAT puro, tiveram redução da alongação nos filmes biodegradáveis, PLA PBAT 40/60 (220,86 % – 20,18%), PLA PBAT 20/80 (531,94% – 143,3%), PBAT (581,09% – 392,28%). Diferente do comportamento apresentado na resistência à tração na ruptura, o tempo de congelamento não apresentou efeito significativo uma vez que os filmes se apresentaram estáveis do primeiro ponto de análise em condição de congelamento até o final do experimento (360 dias).

As propriedades mecânicas dos filmes de polietileno armazenados sob congelamento ao longo de 360 dias estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Acompanhamento das Propriedades Mecânicas dos filmes de polietileno durante o armazenamento sob congelamento.

(Dias)	Resistência a tração na ruptura (MPa)	Elongação na ruptura (%)
controle	14,95 ^a ± 0,51	151,42 ^a ± 5,69
45	14,96 ^a ± 0,33	135,43 ^b ± 4,63
90	14,33 ^a ± 0,51	129,13 ^b ± 5,63
135	14,15 ^a ± 0,68	126,85 ^b ± 9,21
180	14,85 ^a ± 0,43	129,76 ^b ± 5,38
225	14,99 ^a ± 0,25	131,17 ^b ± 3,23
270	14,83 ^a ± 0,36	128,96 ^b ± 6,45
315	14,19 ^a ± 0,72	132,59 ^b ± 7,22
360	14,20 ^a ± 0,81	127,51 ^b ± 8,27

^{a,b} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nota: controle é a embalagem de polietileno sem o período de armazenamento e sem o peixe.

Os filmes de polietileno se mantiveram estáveis na resistência a tração na ruptura (MPa) em todo período de armazenamento, e uma redução significativa estatisticamente menor na elongação na ruptura (%) a partir dos 45 dias de armazenamento quando comparado ao filme biodegradável do presente estudo.

5.2.1.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As imagens das superfícies dos filmes biodegradáveis armazenados sob congelamento, utilizando a análise de microscopia eletrônica de varredura estão apresentadas na Figura 11.

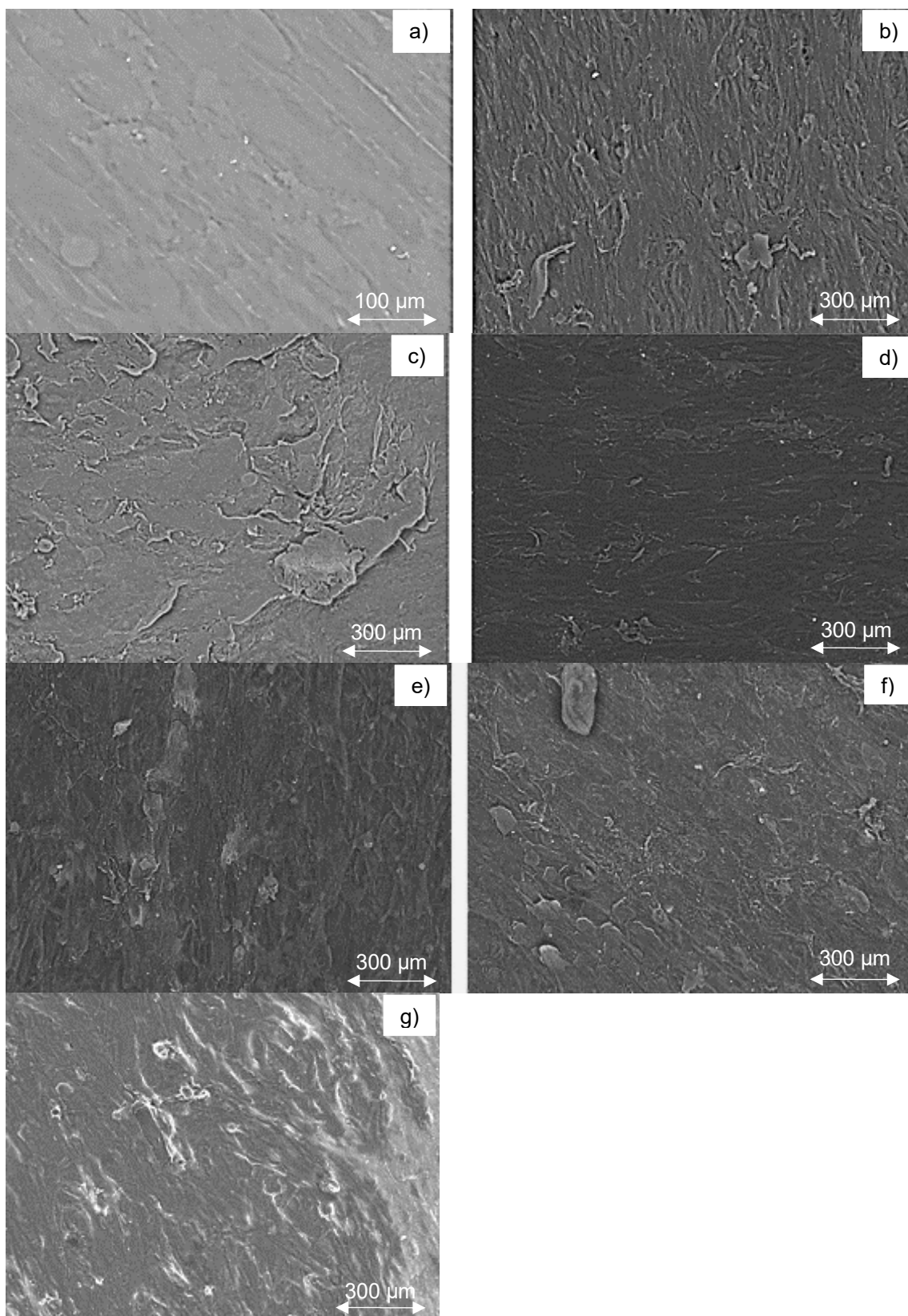


Figura 11 - Acompanhamento da microscopia eletrônica de varredura de filmes biodegradáveis durante o armazenamento.

Nota: a) Filme controle sem o processo de congelamento na magnitude de 800x, b) Filme 45 dias congelado na magnitude de 300x, c) Filme com 90 dias congelado na magnitude de 300x, d) Filme com 135 dias congelado na magnitude de 300x, e) Filme com 180 dias congelado na magnitude de 300x, f) Filme com 225 dias congelado na magnitude de 300x e g) Filme com 270 dias congelado na magnitude de 300x.

Mesmo com redução significativa nas propriedades mecânicas a microscopia eletrônica de varredura mostra que ao longo de todo o tempo de armazenamento sob congelamento os filmes não apresentaram rachaduras.

Alguns aglomerados podem ser notados nas imagens dos filmes, resultando em superfícies irregulares. Esse comportamento pode ser devido a incompleta gelatinização do amido presente nos filmes durante o processamento (SILVA et.al, 2019, CAMPOS et.al., 2019).

A microscopia eletrônica de varredura em filmes de polietileno não foi possível realizar a análise, pois o próprio equipamento degradava o filme.

As embalagens permaneceram estáveis mesmo em temperaturas baixas, não havendo interferência em sua estrutura química e propriedade mecânica, favorecendo o uso da embalagem biodegradável.

5.2.2 Avaliação da qualidade dos filés de pescado armazenados em embalagem biodegradável e de polietileno, durante os 360 dias de congelamento

Alguns parâmetros são utilizados como ferramentas para avaliar a qualidade do pescado, como o parâmetro de frescor, a capacidade de retenção de água (CRA), a oxidação lipídica (TBARS) e textura do pescado, permitindo medir a intensidade da deterioração e informar se o produto está apto ao consumo quimicamente (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008; OLIVEIRA et al., 2014, NOGUEIRA et al., 2019).

A análise do frescor em pescado é um parâmetro de qualidade do alimento, sendo os métodos químicos utilizados com mais frequência as determinações de NBVT e pH (BRIONES-LABARCA et al., 2012; CICERO et al., 2014; FERNÁNDEZ-SEGOVIA et al., 2012; FUENTES et al., 2011; NOGUEIRA et al., 2019). A Tabela 6 apresenta os resultados do parâmetro de frescor do pescado pacu durante o tempo de armazenamento sob congelamento nos dois tipos de embalagens de polietileno e biodegradável.

Tabela 6 - Parâmetros de frescor dos filés de Pacu embalados com embalagens de polietileno e biodegradável armazenados sob congelamento por 360 dias

	Dia 0	Dia 45	Dia 90	Dia 135	Dia 180	Dia 225	Dia 270	Dia 315	Dia 360
N-BVT¹ (mgN.100g⁻¹)	6,96 ^{ca} ±0,65	7,35 ^{ca} ±1,68	7,33 ^{ca} ±0,64	7,34 ^{ca} ±0,65	10,99 ^{ba} ±0,01	13,81 ^{abA} ±0,66	14,06 ^{aa} ±1,19	14,67 ^{aa} ±0,61	15,39 ^{aa} ±1,09
N-BVT² (mgN.100g⁻¹)	6,96 ^{da} ±0,65	6,98 ^{da} ±0,64	6,61 ^{da} ±1,10	6,23 ^{da} ±0,67	10,64 ^{ca} ±1,68	13,85 ^{abA} ±0,73	13,58 ^{abcA} ±2,20	14,55 ^{bcA} ±1,30	16,51 ^{aa} ±1,09
pH¹	6,17 ^{bcdA} ±0,03	6,17 ^{bcdA} ±0,02	6,15 ^{bcdA} ±0,01	6,15 ^{bcdA} ±0,02	6,15 ^{cdA} ±0,19	6,31 ^{abcA} ±0,01	6,35 ^{abB} ±0,26	6,24 ^{abcdA} ±0,01	6,40 ^{ab} ±0,02
pH²	6,17 ^{cdA} ±0,03	6,13 ^{dB} ±0,02	6,07 ^{dB} ±0,01	6,06 ^{dB} ±0,02	6,20 ^{bcdA} ±0,02	6,35 ^{abcA} ±0,02	6,38 ^{abcA} ±0,01	6,40 ^{abA} ±0,01	6,50 ^{aa} ±0,02

^{ab} Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey

^{AB} Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma coluna referentes ao mesmo parâmetro indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste T de student

Nota: Índice 1 ao lado do parâmetro está relacionado com o pacu armazenado em embalagem PEBD; Índice 2 ao lado do parâmetro está relacionado com o pacu embalado em embalagem biodegradável;

O processo de degradação do pescado quase sempre altera a concentração de íons de hidrogênio livres, devido à formação de compostos como a amônia e aminas (VARLIK et al., 2000). Análise de Nitrogênio das Bases Voláteis Totais (NBVT), que consiste na quantificação de aminas como trimetilamina (TMA), dimetilamina (DMA) e amônia, que são formadas durante o processo de deterioração do pescado (PALMA, 1994). Comumente a análise de NBVT é feita paralela com o pH, pois o pH pode aumentar devido a decomposição de aminoácidos formando um meio favorável para degradação da carne pelas bactérias (OGAWA; MAIA, 1999).

Os valores encontrados para NBVT e pH para as amostras de filé de pescado embalados nos dois tipos de embalagens e durante todo o período de congelamento encontram-se dentro dos limites de tolerância exigidos pela legislação brasileira, que delimita máximo de 30 mg.100g⁻¹ para NBVT e pH de 6,8 (BRASIL, 1981). Por meio dos resultados pode-se afirmar que até o 135º dia de armazenamento congelado não houveram alterações significativas nos valores de N-BVT nas duas condições de embalagem.

Esse aumento gradativo nos parâmetros de frescor ao longo do armazenamento sob congelamento pode ser encontrado em outros trabalhos, a pesquisa realizada por Fernández-Segovia et al. (2012) com salmão congelado (-18°C) por 60 dias encontraram valores de pH 6,10 (zero dias) e 6,20 (60 dias) e NBVT para zero dias foi um valor de 17,50 mgN/100g⁻¹ e 18,04 mgN/100g⁻¹ (60 dias). Para Cartonilho e Jesus (2011) os valores encontrados para o corte posta de peixe Tambaqui congelados (-25°C) foram 5,61 pH (zero dias) e 6,66 pH (180 dias), e NBVT em torno de 11 mgN/100g⁻¹ (zero dias) e aproximadamente 15 mgN/100g⁻¹ (180 dias).

Mais do que refletir o frescor, esses baixos valores de N-BVT e pH indicam a integridade da matéria-prima, uma vez que menores valores de pH e NBVT são indicativos de proteínas com propriedades funcionais preservadas além de oxidação lipídica desacelerada (SOARES et al., 2012).

A Tabela 7 apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicos do pescado pacu durante o tempo de armazenamento sob congelamento nos dois tipos de embalagens de polietileno e biodegradável.

Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos dos filés de Pacu embalados com embalagens de polietileno e biodegradável armazenados sob congelamento por 360 dias.

	Dia 0	Dia 45	Dia 90	Dia 135	Dia 180	Dia 225	Dia 270	Dia 315	Dia 360
Lipídios¹ (g.100g⁻¹)	17,93 ^{abA} ±0,64	13,74 ^{acA} ±3,82	13,65 ^{acA} ±0,96	18,87 ^{aA} ±2,48	15,50 ^{acA} ±2,07	13,11 ^{bcA} ±0,50	12,42 ^{cb} ±0,69	12,17 ^{ca} ±0,68	12,39 ^{ca} ±0,68
Lipídios² (g.100g⁻¹)	17,93 ^{abA} ±0,64	20,16 ^{aA} ±2,58	14,77 ^{acdA} ±0,97	16,86 ^{acdA} ±1,25	13,60 ^{bcdA} ±1,14	13,71 ^{bcdA} ±2,75	13,68 ^{bcdA} ±0,14	12,10 ^{da} ±0,43	12,84 ^{cdA} ±0,94
TBARS¹ (mg de MDA.kg⁻¹)	0,30 ^{hA} ±0,01	0,37 ^{hA} ±0,03	0,54 ^{gA} ±0,01	0,89 ^{fa} ±0,05	1,15 ^{eA} ±0,03	1,28 ^{da} ±0,04	1,54 ^{ca} ±0,01	1,75 ^{bb} ±0,04	2,06 ^{ab} ±0,06
TBARS² (mg de MDA.kg⁻¹)	0,30 ^{hA} ±0,01	0,38 ^{hA} ±0,04	0,57 ^{gA} ±0,02	0,74 ^{fB} ±0,02	1,12 ^{eA} ±0,05	1,31 ^{da} ±0,04	1,49 ^{ca} ±0,03	1,90 ^{bA} ±0,02	2,18 ^{aA} ±0,02
Umidade¹ (g.100g⁻¹)	66,89 ^{aA} ±0,31	64,77 ^{abA} ±0,07	62,60 ^{abcB} ±0,25	61,90 ^{bcA} ±3,03	59,28 ^{ca} ±2,95	59,23 ^{ca} ±0,66	58,86 ^{ca} ±1,46	59,85 ^{ca} ±0,19	58,46 ^{ca} ±0,24
Umidade² (g.100g⁻¹)	66,89 ^{aA} ±0,31	65,40 ^{abA} ±0,88	65,09 ^{abA} ±0,60	62,37 ^{abcA} ±1,78	61,57 ^{bcA} ±1,12	59,77 ^{ca} ±3,10	59,5 ^{ca} ±0,64	58,96 ^{ca} ±1,79	58,75 ^{ca} ±1,67
CRA (%)¹	74,21 ^{aA} ±1,90	68,36 ^{abA} ±1,38	65,62 ^{ba} ±1,17	62,15 ^{ba} ±4,31	61,54 ^{ba} ±1,70	46,91 ^{ca} ±1,34	44,82 ^{ca} ±1,70	41,34 ^{ca} ±1,60	40,13 ^{ca} ±2,15
CRA (%)²	74,21 ^{aA} ±1,90	68,92 ^{abA} ±1,03	63,79 ^{bcB} ±3,11	59,12 ^{ca} ±1,59	50,83 ^{dB} ±1,67	46,88 ^{deA} ±3,15	47,88 ^{deA} ±2,06	43,25 ^{eA} ±2,98	42,12 ^{eA} ±2,02
Textura¹ (N)	33,80 ^{cdeA} ±2,40	44,41 ^{bcA} ±3,61	40,65 ^{bcA} ±3,27	35,51 ^{cdeA} ±5,07	28,10 ^{deB} ±1,33	26,27 ^{eA} ±1,88	38,60 ^{bcdA} ±5,06	47,93 ^{ba} ±1,09	82,78 ^{aA} ±5,56
Textura² (N)	33,80 ^{ca} ±2,40	34,20 ^{cb} ±2,91	37,04 ^{bcA} ±8,83	32,50 ^{ca} ±3,62	32,34 ^{ca} ±0,75	28,18 ^{ca} ±3,06	34,60 ^{ca} ±1,33	46,93 ^{ba} ±0,98	66,15 ^{ab} ±5,14

^{ab} Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey

^{AB} Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma coluna referentes ao mesmo parâmetro indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste T de student

Nota: Índice 1 ao lado do parâmetro está relacionado com o pacu armazenado em embalagem PEBD; Índice 2 ao lado do parâmetro está relacionado com o pacu embalado em embalagem biodegradável;

A pesquisa realizada por Ramos Filho (2008) encontrou uma alta quantidade de lipídios totais no tecido muscular do peixe pacu fresco, em torno de 19,83%, sendo maior o teor de ácidos graxos monoinsaturados (47,53%) e menor teor de ácidos graxos poliinsaturados (5,24%). Pode ser notado o mesmo comportamento na Tabela 7, onde foi possível encontrar um teor de lipídios totais de 17,92% para o peixe fresco, sendo classificado como um peixe gordo.

Os valores lipídicos foram reduzindo conforme o tempo de estocagem nas duas embalagens, com diferenças significativas a partir de 225 dias para embalagem de polietileno e 180 dias para embalagem biodegradável. Este mesmo comportamento no teor lipídico pode ser encontrado em alguns trabalhos (OMOTOSHO, OLU, 1994; ARANNILEWA et al., 2006; ABEROUMAND, 2013).

A oxidação lipídica é um fator importante que reflete a qualidade do pescado congelado, podendo ocasionar descoloração, rancidez, destruição de nutrientes, mudanças na textura da carne (SOARES et al., 2012). As medidas de valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram realizadas para quantificar a oxidação de lipídios durante o período de armazenamento, sendo registrados aumento significativos ao longo do período de estocagem congelada a partir do 90º dia para ambos os filés.

O aumento no teor de malonaldeído é o esperado, uma vez que a oxidação lipídica é uma das principais reações que ocorre nas condições de atividade de água que o congelamento proporciona. Outros estudos registraram o mesmo aumento na carne de pescados durante longos períodos de congelamento. Nazemroaya et al. (2008) avaliaram filés de Cavala (*Scomberomorus commersoni*) e tubarão de bochecha branca (*Carcharhius dussumieri*) congelados por 6 meses e registraram valores crescentes de malonaldeído durante a armazenamento congelado: 0,043-0,104 mg (cavala) e 0,038-0,068 mg (tubarão) de malonaldeído por kg de carne de peixe. Segundo Nakayama e Yamamoto (1977) valores de TBARS entre 1,5 -3,0 mg de malonaldeído.kg⁻¹ podem promover a percepção de rancidez no pescado. Com base nessa informação, para a presente pesquisa, sugere-se que a partir de 270 dias de armazenamento, o sabor de ranço nos filés de pescado para as duas embalagens possa ser perceptível.

Os peixes possuem alto valor de água (50 a 85%) em sua composição (BRITTO et al., 2014; OGAWA; MAIA, 1999). O teor de umidade para o pacu fresco foi de 66,89%, este resultado está de acordo com outras pesquisas que encontraram valores

em torno de 59,85 a 67,1% (RAMOS FILHO et al., 2008; HUSS, 1995). Na Tabela 7, nota-se que esse teor de umidade muda conforme o tempo de estocagem nas duas embalagens, com diferenças significativas a partir de 135 dias para embalagem de polietileno e 180 dias para embalagem biodegradável, esse acontecimento pode estar ocorrendo devido ao processo de congelamento, o resultado reflete na capacidade que o pescado tem de reter água.

A capacidade de retenção de água (CRA) é um atributo importante da carne, pois através dele dependem outros parâmetros como textura, aroma e cor. Com influência direta do congelamento, a diminuição da CRA é o resultado do dano das fibras musculares causados por cristalização de gelo e desnaturação de proteínas devido ao congelamento e descongelamento, contribuindo com o movimento da água de dentro para fora das fibras musculares e um aumento da perda de exsudado após descongelamento (ZHANG, ERTBJERG, 2018).

Para a presente pesquisa o efeito do longo processo de congelamento dos filés de pescados foi registrado independente da embalagem utilizada. Verifica-se que para a carne de ambas as embalagens, foi a partir de 90° dias em congelamento que foi registrado redução significativa de CRA. E que, no final dos 360° dias a CRA dos filés de pescados apresentaram reduções de 34,08% e 32,09% para os embalados com polietileno e biodegradável, respectivamente.

Se as quedas na CRA foram registradas até o último dia de armazenamento congelado, alterações nos valores de textura instrumental (dureza) não poderiam ser diferentes. Sabe-se da relação inversa entre a dureza instrumental e a capacidade de retenção de água na carne, o qual influenciam nos atributos sensoriais (CHAN et al., 2020). Comportamento não linear ao longo do tempo é característica inerente de análises de textura instrumental em carnes isso devido à natureza não homogênea das amostras. Para ambos os filés foi registrado comportamento semelhante ao longo do armazenamento congelado com exceção do 45° dias e do último dia em que o filé conservado com embalagem biodegradável apresentou-se mais macio.

A cor da carne é outro aspecto importante de qualidade e que também sofre influência direta da CRA, pois a perda de água na carne modifica as miofibrilas impactando na dispersão da luz na concentração de mioglobolína, proteína sarcoplasmática solúvel em água (MANCINI, 2009; PURSLOW et al., 2019). Os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* e ΔE) dos filés de pacu armazenados com as embalagens

de polietileno e biodegradável por até 360 dias congelados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Análise de cor dos filés de Pacu embalados com embalagens de polietileno e biodegradável e armazenados sob congelamento por 360 dias.

	Dia 0	Dia 45	Dia 90	Dia 135	Dia 180	Dia 225	Dia 270	Dia 315	Dia 360
L* ¹	52,54 ^{aA} ±3,68	53,49 ^{aA} ±1,54	51,25 ^{aA} ±3,78	55,62 ^{aA} ±2,83	57,47 ^{aA} ±0,99	58,95 ^{aA} ±3,94	55,18 ^{aA} ±2,46	53,62 ^{aA} ±2,77	50,26 ^{aA} ±0,18
L* ²	52,54 ^{aA} ±3,68	56,50 ^{aA} ±1,08	48,21 ^{aA} ±1,66	54,54 ^{aA} ±3,22	60,32 ^{aA} ±2,55	57,93 ^{aA} ±3,20	56,43 ^{aA} ±0,72	52,61 ^{aA} ±1,49	50,20 ^{aA} ±2,20
a ¹	-0,76 ^{aA} ±0,99	2,04 ^{aA} ±0,98	1,18 ^{aA} ±0,36	0,91 ^{aA} ±0,79	0,99 ^{aA} ±0,58	3,62 ^{aA} ±2,87	5,09 ^{aA} ±4,21	4,32 ^{aA} ±3,62	2,68 ^{aA} ±1,65
a ²	-0,76 ^{bA} ±0,99	0,57 ^{abA} ±0,31	1,05 ^{abA} ±0,61	2,26 ^{abA} ±2,04	1,61 ^{abA} ±1,34	3,10 ^{abA} ±2,11	1,51 ^{abA} ±1,20	6,21 ^{aA} ±3,37	6,04 ^{aA} ±2,26
b ¹	1,62 ^{dA} ±0,63	5,14 ^{bdA} ±0,29	2,31 ^{cdA} ±1,35	6,34 ^{adA} ±1,40'	5,28 ^{bdA} ±1,54	7,11 ^{abcA} ±1,73	11,01 ^{Aa} ±4,29	8,89 ^{abA} ±0,36	7,76 ^{abA} ±0,77
b ²	1,62 ^{cdA} ±0,63	3,49 ^{bcdB} ±0,82	1,13 ^{dA} ±1,66	8,01 ^{abA} ±3,02	4,20 ^{bcdA} ±0,71	5,55 ^{adA} ±0,23	6,52 ^{abA} ±0,93	9,85 ^{aA} ±1,98	10,09 ^{aA} ±2,39
ΔE ¹	0 ^{cA}	4,97 ^{acB} ±0,08	3,14 ^{bcA} ±0,96	6,06 ^{abA} ±1,22	8,70 ^{aA} ±0,86	8,90 ^{aA} ±1,69	8,53 ^{aA} ±1,15	8,30 ^{aA} ±0,59	8,58 ^{aA} ±1,72
ΔE ²	0 ^{dA}	6,26 ^{bcA} ±0,70	5,26 ^{bA} ±1,91	6,43 ^{bcA} ±0,58	6,09 ^{bcB} ±1,36	5,32 ^{bB} ±0,96	7,11 ^{abcA} ±1,33	10,99 ^{acA} ±3,77	11,19 ^{aA} ±3,72

^{ab} Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey

^{AB} Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma coluna referentes ao mesmo parâmetro indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste T de student

Nota: Índice 1 ao lado do parâmetro está relacionado com o pacu armazenado em embalagem PEBD; Índice 2 ao lado do parâmetro está relacionado com o pacu embalado em embalagem biodegradável;

Aparência e a cor do pescado está relacionada com as ligações da carne e da água, e a pigmentação na superfície da carne. O músculo do pescado é classificado como músculo claro e escuro, os pigmentos musculares como a mioglobina e hemoglobina são responsáveis pela cor. Dependendo das espécies de peixes, a pigmentação pode ser oxidada, resultando em escurecimento ou desbotamento (OGAWA, MAIA, 1999; MANCINI et al., 2009; DAWSON et al., 2018).

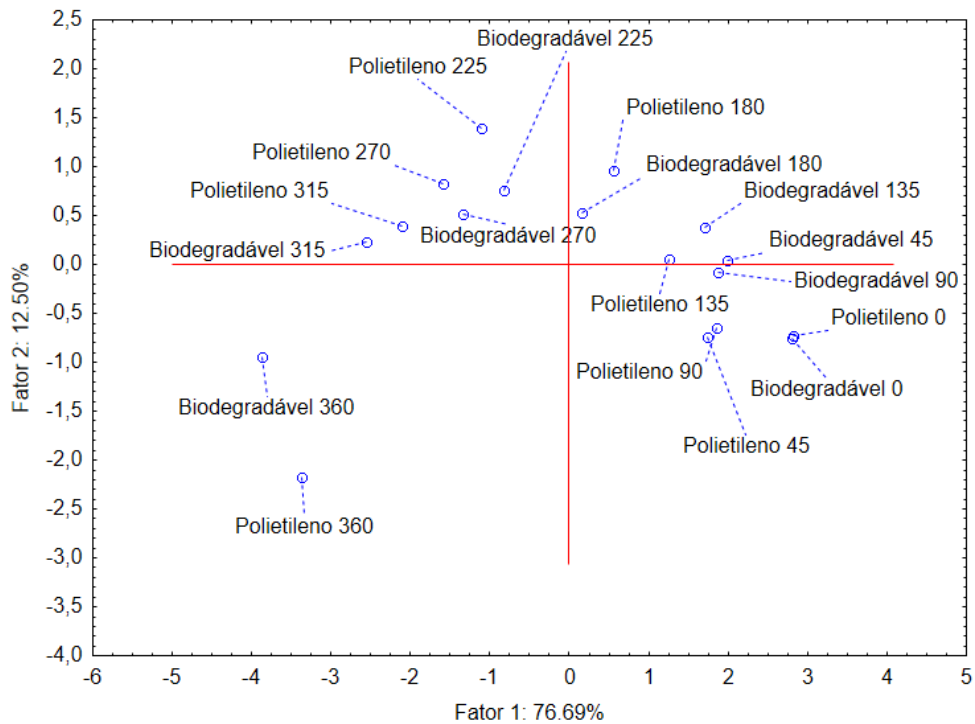
O parâmetro L* que refere a luminosidade não apresentou diferença significativa entre as embalagens e o tempo de estocagem. Como mostra alguns estudos realizados com pescados relatando que não houve diferença na luminosidade do pescado fresco em relação ao congelamento e o período de armazenamento (FAGAN et al., 2003; LUO et al., 2013; ZAGHBIB et al., 2016).

Já o parâmetro a^* mostra um crescimento com o tempo de estocagem, os filés de peixe se apresentam mais vermelhos, mas sem diferença significativa na embalagem de polietileno e com diferença a partir de 315 dias na embalagem biodegradável. O parâmetro b^* também teve um aumento em seu valor conforme o tempo de estocagem tornando mais amarelo, apresentando diferença significativa no tempo de estocagem em 180 dias e 225 dias, na embalagem de polietileno e embalagem biodegradável respectivamente. O aumento do parâmetro pode ser explicado pelo pacu ser um pescado gordo, segundo Ogawa e Maia (1999) o surgimento durante a estocagem da coloração amarela é a uma tendência em peixes congelados classificados como gordo, essa ocorrência surge pela reação oxidativa. O comportamento do a^* e b^* na presente pesquisa foi encontrado em outros estudos de pescados congelados (LUO et al., 2013; ZAGHBIB et al., 2016).

Por meio do parâmetro de diferença total de cor (ΔE), ao longo do tempo para ambos os filés de pescados foram registrados aumentos nas diferenças em relação ao ponto zero. Esse aumento de ΔE ao longo do tempo de armazenamento era o esperado pois é muito comum ocorrer alterações físico-químicas em pescado em períodos longos de estocagem, como por exemplo a oxidação lipídica mostrado pelos valores de TBARS, o aumento do pH, diminuição CRA alterando as fibras da carne (PURSLOW et al., 2019). Vale destacar ainda que desde o segundo ponto de análise, correspondente a 45 dias, a diferença total de cor para ambos os filés foram perceptíveis ao olho nu (> 3.0) (McLAREN, 2008).

Para melhor visualizar e compreender o efeito do tempo e das embalagens na qualidade físico-química dos filés de pescados foi realizado a análise de componentes principais (PCA). Com a porcentagem acumulativa de informações combinadas nas duas primeiras dimensões dos gráficos PCA foram 89,19% (Figura 12 A e B) revelando que o tempo apresenta efeito nos filés de pescados sob condições de congelamento, e principalmente, o quanto o uso da embalagem biodegradável produz características e comportamentos no filé de pescados semelhantes ao uso da embalagem padrão de polietileno. Ainda, por meio dos gráficos é possível verificar os principais parâmetros físicos e físico-químicos relacionados com os filés a cada período de congelamento: CRA esteve mais bem relacionado até os 90 dias e textura (dureza instrumental) mais bem relacionado com o período final de congelamento de 360 dias.

A)



B)

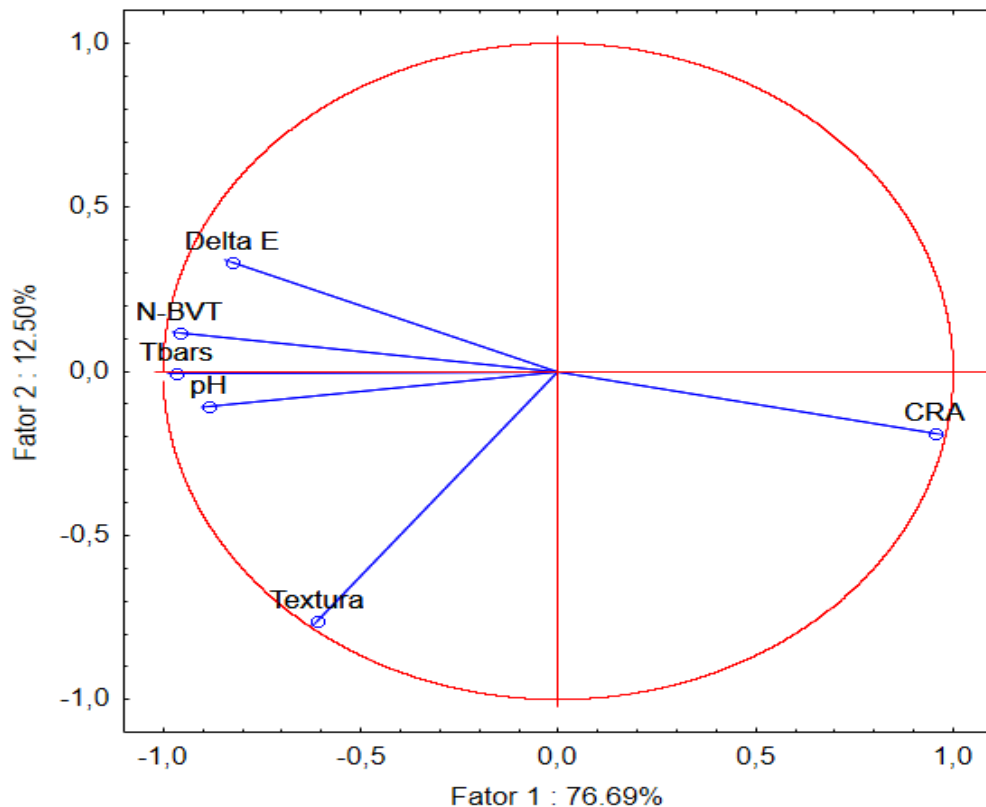


Figura 12 (A e B) - Representação do tempo de armazenagem e parâmetros físico-química do pescado congelado

Nota: (A) é a representação das embalagens com os filés de Pacu durante o tempo de armazenamento sob congelamento, parâmetros físico-química dos filés do Pacu armazenado sob efeito do congelamento (B).

Com a intenção de confirmar que não houve efeito do tipo de embalagem nas características físico-químicas dos filés de pescados e sim o efeito do tempo, aplicou-se o teste de análise de variância multivariada (MANOVA). Por meio dos resultados apresentados na Tabela 9 verifica-se que para todos os parâmetros físico-químicos não foram registrados efeito do tipo de embalagem utilizada para conservar os filés de pescados congelados ou seja, as embalagens provocaram o mesmo comportamento em relação a conservação do pescado.

Já o efeito tempo foi registrado para os parâmetros de pH, textura, CRA, TBARS e ΔE ($p < 0,05$), comprovando a importância de estudos de conservação de alimentos sob congelamento uma vez que alterações físicas e químicas determinam a vida útil do produto.

Tabela 9 - Resultados da análise de variância multivariada (MANOVA).

	Embalagem	Tempo	Embalagem *Tempo
	p-valor	p-valor	p-valor
N-BVT (mgN.100g ⁻¹)	0,406	0,893	0,188
ΔE	0,546	<0,001	<0,001
pH	0,050	0,013	<0,001
Textura (N)	0,325	<0,001	0,015
CRA (%)	0,531	<0,001	0,007
TBARS (mg de MDA.kg ⁻¹)	0,875	<0,001	<0,001

*Indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Levene.

Portanto, utilizar a embalagem biodegradável no lugar da embalagem de polietileno mostra que o pescado irá apresentar-se íntegro e fresco por um longo período de tempo, considerando os parâmetros aceitáveis de qualidade seguindo a legislação brasileira, pois as duas embalagens tiveram comportamentos semelhantes não interferindo na qualidade do produto.

8 CONCLUSÃO

O pescado pacu embora apresente diferença significativa no teor lipídico entre a captura de períodos mais quentes (14,7-16,4%) e frios (20,7-21,5%), pode ser classificado como um peixe gordo em todas as épocas do ano. O conhecimento do teor de lipídios é importante, uma vez que se sabe da importância da reação de oxidação lipídica em pescados armazenados sob congelamento.

Os filmes biodegradáveis produzidos por extrusão a partir de blendas de amido e poliéster biodegradável armazenados durante o período de 360 dias sob congelamento, apresentaram estabilidade em sua estrutura química e propriedade mecânica. Não foram observadas novas bandas nos espectros de FTIR e estiramentos de ligações químicas, indicando que não ocorreu interação e migração de composto presente no pescado ou degradação das embalagens.

Os filés de pescado armazenados em embalagem biodegradável e de polietileno, apresentaram o mesmo comportamento nas alterações físico-químicas durante os 360 dias de congelamento. Os resultados na qualidade dos filés de pescado não só evidenciaram a potencialidade de aplicação da embalagem biodegradável, como também a importância do uso e estudos desse tipo de embalagem em alimentos estocados congelados, uma vez claramente se viu o efeito do tempo nas características físico e físico químicas de carne congelada.

O pescado pacu apresentou-se íntegro e fresco, com parâmetros aceitáveis de qualidade por um longo período de tempo segundo a legislação brasileira, proporcionando a disponibilidade deste produto no mercado em todas regiões brasileiras. Desta forma, a população tem maior facilidade para construir o hábito de consumo de pescado e trazer ao ambiente familiar uma alimentação mais rica em termos nutricionais.

Portanto, verificou-se o potencial de aplicação de filmes biodegradáveis em filés de pescados congelados por um longo período de tempo, uma vez que o filme se manteve estável e garantiu a mesma qualidade na carne que a embalagem padrão amplamente utilizada, além de reduzir impacto ambiental e, portanto, também apresentar apelo favorável ao consumidor.

9 REFERÊNCIA

ABAM, Associação Brasileira dos Produtos de Amido de Mandioca, Jan. 2020. Disponível em: <https://abam.com.br/precos-caem-ate-setembro-mas-se-recuperam-no-final-de-2019/>, Acesso em Julho de 2020.

ABEROUMAND, A. Impacto f freezing on nutritional composition of some less known selected fresh fishes in Iran. **International Food Research Journal**, 20(1): 347-350, 2013.

AIDOS, I.; VAN DER PADT, A.; LUTEN, J. B.; BOOM, R. M. Seasonal Changes in Crude and Lipid Composition of Herring Fillets, Byproducts, and Respective Produced Oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 50(16), 4589–4599, 2002.

AL-ITRY, R.; LAMNAWAR, K.; MAAZOUZ, A. Reactive extrusion of PLA, PBAT with a multi-functional epoxide: Physico-chemical and rheological properties. **European Polymer Journal**. v.58,p.90-102, 2014.

ANDRADE, G. Q.; BISPO, E. S.; DRUZIAN, J. I. Avaliação da qualidade nutricional em espécies de pescado mais produzidas no Estado da Bahia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 721-726, 2009.

ANDRADE, M.F.; SILVA, I.D.L.; SILVA, G.A.; CALVACANTE, P.V.D.; SILVA, F.T.; ALMEIDA, Y.M.B.; VINHAS, G.M.; CARVALHO, L.H. A study of poly (butylene adipate-co-terephthalate)/orange essential oil films for application in active antimicrobial packaging. **Food Science technology**, LWT, Volume125, 109148, May 2020.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis**. 17. ed. Washington, D.C. USA: AOAC, 2000.

ARANNILEWA, S. T.; SALAWU, S. O.; SORUNGBE, A. A.; OLA-SALAWU, B. B. Effect of Frozen Period on The Chemical, Microbiological and Sensory Quality of Frozen Tilapia Fish (*Sarotherodon Galiaenus*). **Nutrition and Health**, 18(2), 185–192, 2006.

ASSIS, J.M.F. et al. Effects of incubation temperature on muscle morphology and growth in the pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**, Amsterdam, n. 237, p. 251-267, 2004.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) D882-91. Standard Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting.2002.

AVÉROUS, L. Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: a review. **Journal of Macromolecular Science**.v. C44, n. 3, p. 231-274, 2004.

AVÉROUS, L.; BOQUILLON, N. Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours. **Carbohydrate Polymers**. v.56, p.111-122, 2004.

BABETTO, A.S; AGNELLI, J.A.M; BETTINI, S.H.P. Evaluation of the pro-degradant systems in the thermooxidative degradation of HDPE. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol.25, nSuppl, p.68-78, 2015.

BANCO MUNDIAL. **Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture**. Washington: Banco Mundial, 2013.

BARLOW, J. W.; PAUL, D. R.; Mechanical Compatibilization of Immiscible Blends. **Polymer Engineering Science**. v. 24, p. 525- 534, 1984.

BARREDA, L.A.M.; YAMASHITA, F.; BILCK, A.P. Effect of biodegradable active packaging with zeolites on fresh broccoli florets. **Journal of Food Science and Technology**, (2020).

BASF. Ficha de Produtos: Ecoflex, 2013.Disponível em: www.basf.de/ecoflex. Acesso em: 22 de maio, 2019.

BASSO, L.; FERREIRA, M. W. Efeito do peso ao abate nos rendimentos dos processamentos do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Agrarian**, v.4, n.12, p.134-139, 2011.

BASTARRACHEA, L.; DHAWAN, S.; SABLANI, S. S.; MAH, J.-H.; KANG, D.-H.; ZHANG, J.; TANG, J.; Biodegradable Poly(butylene adipate-co-terephthalate) Films Incorporated with Nisin: Characterization and Effectiveness against *Listeria innocua*. **Journal of Food Science**. v. 75, p. 215-224, 2010.

BICUDO, A.D.A., ABIMORAD, E. and CARNEIRO, D. Exigências nutricionais e alimentação do pacu. *Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para aquicultura brasileira*. **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**,p. 217-229, 2012.

BLIGH, Graham E.; DYER, Justin W. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911–917, 1959.

BORDERÍAS, A.J.; SÁNCHEZ-ALONSO, I. First processing steps and the quality of wild and farmed fish. **Journal of Food Science**, 76 (1), R1-R5, 2010.

BORGES, A.; CONTE-JUNIOR, C. A.; FRANCO, R. M.; FREITAS, M. Q. Quality Index Method (QIM) developed for pacu *Piaractus mesopotamicus* and determination of its shelf life. **Food Research International**. v. 54, n. 1, p. 311-317, 2013a.

BRANDELERO, R.P.H.; GROSSMANN, M.V.; YAMASHITA, F. Hidrofilicidade de filmes de amido/poli(butileno-adipato co-tereftalato). **Polímeros**. v.23, n.2, 2013.

BRASIL. Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 185, de 13 de Maio de 1997. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco. Brasília, DF: **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 19 Maio 1997.

BRASIL. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA. Decreto no 30.691/1952. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 1980.

BRIONES-LABARCA, V.; PEREZ-WON, M.; ZAMARCA, M.; AGUILERA-RADIC, J. M.; TABILO-MUNIZAGA, G. Effects of high hydrostatic pressure on microstructure, texture, colour and biochemical changes of red abalone (*Haliotis rufecens*) during cold storage time. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 13, p. 42–50, 2012.

BRITTO, A. C. P.; ROCHA, C. B.; TAVARES, R. A.; FERNANDES, J. M.; PIEDRAS, S. T. N.; PIUEY, J. L. O. F. B. Rendimento corporal e composição química do filé da viola (*Loricariichthys anus*). **Ciência Animal Brasileira**. v.15, n.1, p. 38-44, 2014.

BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A.; GRAY, J. I. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 10, p. 3122–3130, 1995.

BURGAARD, M.G.; JORGENSEN, B.M. Effect of Frozen Storage Temperature on Quality-Related Changes in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 20:1, 53-63, 2011.

BURGAARD, M.G.; JORGENSEN, B.M. Effect of Temperature on Quality-Related Changes in Cod (*Gadus morhua*) During Short- and Long-Term Frozen Storage, **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 19:3-4, 249-263, 2010.

CAMPOS, S.S.; OLIVEIRA, A.; MOREIRA, T.F.M.; SILVA, T.B.V.; SILVA, M.V.; PINTO, J.A.; BILCK, A.P.; GONÇALVES, O.H.; FERNANDES, I.P.; BARREIRO, M.F.; YAMASHITA, F.; VALDERRAMA, P.; SHIRAI, M.A.; LEIMANN, F.V. TPCS/PBAT blown extruded films added with curcumin as a technological approach for active packaging materials. Food Packaging and Shelf Life. Volume 22, 100424, December 2019.

CARTONILHO, M.M; JESUS, R.S. Qualidade de cortes congelados de tambaqui cultivado. **Pesq. Agropec.bras**, vol.46, n°4. Brasília, Apr.2011.

CECCHI, Heloisa M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. 2. ed. Campinas: **Editora Unicamp**. 207p, 2003.

CHALITA, M. A. N. Consumo em um “mercado contestado”: reflexões sobre o caso do pescado no Brasil. Instituto de Pesca/APTA/SAA/SP. **Anais... VII ENEC 2014**, Rio de Janeiro, 2014.

CHAN, S. S.; ROTH, B.; SKARE, M.; HERNAR, M.; JESSEN, F.; LOVDAL, T.; JAKOBSEN, A. N.; LERFALL, J. Effect of chilling technologies on water holding properties and other quality parameters throughout the whole value chain: From whole fish to cold-smoked fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, 526, 735381, 2020.

CICERO, L. H.; FURLAN, E. F.; PRISCO, R. C. B.; NEIVA, C. R. P. Estudo das metodologias de destilação na quantificação do Nitrogênio das Bases Voláteis Totais em pescada, tilápia e camarão. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 17, n. 3, p. 192-197, 2014.

COLLA, L.M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. **Congelamento e Descongelação – sua influência sobre os alimentos**. Vetor, Rio Grande, 13: 53-66, 2003.

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

CORBO, Maria R.; SPERANZA, Barbara; FILIPPONE, Alfonso; GRANATIERO, S.; CONTE, Amalia; SINIGAGLIA, Milena; DEL NOBILE, Matteo A. Study on the synergic effect of natural compounds on the microbial quality decay of packed fish hamburger. **International journal of food microbiology**. v. 127, n. 3, p. 261–7, 2008.

CORRÊA, C. F.; TACHIBANA, L.; LEONARDO, A. F.; BACCARIN, A. E. Rendimento de carcaça, composição do filé e análise sensorial do robalo-peva de rio e de mar. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 39, n. 4, p. 401-410, 2013.

CORRÊIA, V.; SILVA, L. P.; PEDRON, F. A.; LAZZARI, R.; FERREIRA, C. C.; RADÜNZ, N. Fontes energéticas vegetais para juvenis de jundiá e carpa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 64, p. 693-671, 2012.

COSTA, T. V.; MACHADO, N. J. B.; BRASIL, R. J. M.; FRAGATA, N. P. Caracterização físico-química e rendimento do filé e resíduos de diferentes espécies de Jaraqui (*Semaprochilodus* spp.). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 35 – 47, 2014.

DAWSON, P.; AL-JEDDAWI, W.; REMINGTON, N. Effect os freezing on the shelf life of salmon. **International Journal of Food Science**, 1-12, 2018.

FAGAN, J. D.; RONAN GORMLEY, T.; MHUIRCHEARTAIGH, M. U. Effect of freeze-chilling, in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. **LWT - Food Science and Technology**, 36(7), 647–655, 2003.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of world fisheries and aquaculture: World Review**. Rome: FAO, 2020. Disponível: The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 (fao.org). Acesso em: 25 de maio de 2020.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Fishery and Aquaculture Statistics. Statistiques des pêches et de l'aquaculture/FAO anuario**. Estadísticas de pesca y acuicultura 2018. Rome: FAO, 2018.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Rome: FAO, 243 p., 2016.

FARIA, R.H.S.; SOUZA, M.L.R.; WAGNER, P.M. et al. Rendimento do processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757) e do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887). **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.25, n.1, p.21-24, 2003.

FERNÁNDEZ-SEGOVIA, I.; FUENTES, A.; ALIÑO, M.; MASOT, R.; MIGUEL ALCAÑIZ, M.; BARAT, J. M. Detection of frozen-thawed salmon (*Salmo salar*) by a rapid low-cost method. *Journal of Food Engineering*, v.113, p. 210–216, 2012.

FERREIRA, S.O.; ANDRADE, M.O. **Aplicação de tecnologia a espécies de pescado de água doce visando atender a agroindústria rural**. 1987. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

FOTOPOULOS, C.; KRYSTALLIS, A.; VASSALLO, M.; PAGIASLIS, A. Food Choice Questionnaire (FCQ) revisited. Suggestions for the development of an enhanced general food motivation model. **Appetite**, 52(1), 199–208, 2009.

FREATO, T.A et al. Efeito do peso ao abate nos rendimentos do processamento da Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849). **Ciênc. agrotec.** vol.29, n.3, pp.676-682, 2005.

FUENTES, A.; FERNÁNDEZ-SEGOVIA, I.; BARAT, J. M.; SERRA, J. A. Influence of sodium replacement and packaging on quality and shelf life of smoked sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *LWT - Food Science and Technology*, v. 44, p. 917-923, 2011.

FUKUSHIMA, K.; RASYIDA, A.; YANG, M.C. Characterization, degradation and biocompatibility of PBAT based nanocomposites. **Applied Clay Science**. v. 80-81, p.291, 2013.

GALVÃO, J. A.; MARGEIRSSON, S.; GARATE, C.; VIOARSSON, J. R.; OETTERER, M. Traceability system in cod fishing. **Food Control**, 21(10), 1360-1366, 2010.

GALVÃO, J. A.; OETTERER, M. *Qualidade e processamento de pescado*. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2014.

GARCIA, P.S.; GROSSMANN, M.V.E.; SHIRAI, M.Y.; LAZARETTI, M.M.; YAMASHITA, F.; MULLER, C.M.O; MALI, S. Improving action of citric acid as compatibiliser in starch/polyesterblown films. **Industrial Crops and Products**, n. 52, p. 305-312, 2014.

GERALDO, A.M.R.; CUNHA, L.; HOSHIBA, M.A.; CARDOSO, M.S.; SILVA, V.C.; TAMAJUSUKU, A.S.K. Fillet and carcass yield and fillet chemical composition of piava from fish farming and from the wild. *Bol. Inst. Pesca*, 41, 743-749, 2015.

GONÇALVES, Alex A.; PASSOS, Marcelo G.; BIEDRZYCKI, Aline. Tendência do consumo de pescado na cidade de Porto Alegre: um estudo através de análise de correspondência. *Estudos Tecnológicos*, v. 4, p. 21–36, 2008.

GRAY, J.I., GOMAA, E.A., BUCKLEY, D.J. Oxi-dative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, Essex, v.43, n.1, p.S111-S123, 1996.

GRAY, James I. Measurement of lipid oxidation: a review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 55, n. 6, p. 539–546, 1978.

GUINAZI, M.; MOREIRA, A. P. B.; SALARO, A. L.; CASTRO, F. Ap.; DADALTO, M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Composição química de peixes de água doce frescos e estocados sob congelamento. *Acta Scientiarum Technology*. Maringá, v. 28, n. 2, p. 119-124, 2006.

GULMINE, J.V.; JANISSEK, P.R.; HEISE, H.M.; AKCELRUD, L. Polyethylene characterization by FTIR. *Polymer Testing*, vol. 21, p. 557 – 563, 2002.
HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. *Advanced Food Research*, v.10, p.335-362, 1960.

HAMRE, K.; LIE, Ø.; SANDNES, K. Seasonal development of nutrient composition, lipid oxidation and colour of fillets from Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.). *Food Chemistry*, 82(3), 441–446, 2003.

HUSS, H. H. Qualidade e qualidade em mudança de peixes fresco. *FAO fisheries*, Roma, p. 195, 1995.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1002p, 2008.

INTARAK,I.,; LHASUDTA, P.; JATHURASITHA, S.; WICKE, M.; KREUZER, M. Effects of Slaughter Weight on Carcass and Meat Characteristics of Punga Fish (*Pangasius bocourti* Sauvage). *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 5, p. 164 – 169, 2015.

JANUSZEWSKA, R.; PIENIAK, Z.; VERBEKE, W. Food choice questionnaire revisited in four countries. Does it still measure the same? **Appetite**. 57(1), 94–98, 2011.

KETELSEN, M.; JANSSEN, M.; HAMM, U. Consumers' response to environmentally-friendly food packaging - a systematic review. **Journal of Cleaner Production**, 120123, 2020.

KIM, Y. J.; LEE, H. M.; PARK, O.O. Processabilities and mechanical properties of surlyn-treated starch/LDPE blends. **Polymer Engineering & Science**, 35(20), 1652–1657, 1995.

KOUSHAL,V.; SHARMA, R.; SHARMA, M.; SHARMA, R.; SHARMA, V. Plastics: Issues challenges and remediation. **International Journal of Waste Resources**, 4 (1), p. 6, 2014.

KOUTSOUMANIS, Konstantinos. Predictive Modeling of the Shelf Life of Fish under Nonisothermal Conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, n. 4, p. 1821– 1829, 2001.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO,C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R. F.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. Sustentabilidade quanto as embalagens de alimentos no Brasil.**Polímeros**. v.26. p. 82-92, 2016.

LI, Jie; LIANG, Xu-Fang; TAN, Qingsong; YUAN, Xiaochen; LIU, Liwei; ZHOU, Yi; LI, Bin. Effects of vitamin E on growth performance and antioxidant status in juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idellus*. **Aquaculture**, v. 430, p. 21–27, 2014.

LIMA, M.M; MUJICA, P.I.C.; LIMA, A.M. Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Braz. J. Food Technol.**, p.41-46, 2012.

LUCAS, N.; BIENAIME, C.; BELLOY, C.; QUENEUDEC, M.; SILVESTRE, F.; NAVASAUCEDO, J.-E. Polymer biodegradation: Mechanisms and destination techniques. **Elsivier**. v. 73, p. 429-442, 2008.

LUO, Y.; YIN, X.; FAN, H.; WU, H.; FENG, L. Effect of previous frozen storage on quality changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during short-term chilled storage. **International Journal of Food Science and Technology**, 49(6), 1449–1460, 2013.

LUZIA L. A.; SAMPAIO G.R.; CASTELLUCCI C.M.N.; TORRES E.A.F.S. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. **Food Chemistry**, 2003.

MAHDAVI, H.; NOOK, M.E. Characterization and Microstructure Study of Low Density Polyethylene by Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Temperature Rising Elution Fractionation. **Journal of Applied Polymer Science**, Vol. 109, 3492–3501, 2008.

MALHERBI, N. M.; SCHMITZ, A. C.; GRANDO, R. C.; BILCK, A. P.; YAMASHITA, F.; TORMEN, L.; BERTAN, L. C. Corn starch and gelatin-based films added with guabiroba pulp for application in food packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, 19, 140–146, 2019.

MALI, S.; SAKANAKA, L.S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M.V.E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, v.60, p.283-289, 2005.

MANCINI, R. A. Meat color. Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat, **Food Science, Technology and Nutrition** 89–110, 2009.

MARSH, K. BUGUSU, B. Food packing –Roles, materials and environmental issues. **Journal of Food Science**, v.72, n.3, p.39 – 55, 2008.

McLAREN, K. XIII—The Development of the CIE 1976 ($L^* a^* b^*$) Uniform Colour Space and Colour-difference Formula. **Journal of the Society of Dyers and Colourists**, 92(9), 338–341, 2008.

MEDEIROS, M.D.L.; HORODYSKI, G.S.; PASSADOR, J.L. Food souvenirs in the perception of the tourist: The case of the artisanal Minas Serro cheese. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, 11 (2), pp. 347-364, 2017.

MEDEIROS, J. A. S.; BILCK, A. P.; GALINDO, M. V.; ALVIM, I. D.; YAMASHITA, F.; UENO, C. T.; SHIRAI, M.A.; GROSSO, C.R.F.; CARRADINI, S.; SAKANAKA, L.S. Incorporation of Oregano Essential Oil Microcapsules in Starch-Poly (Butylene Adipate Co-Terephthalate) (PBAT) Films. **Macromolecular Symposia**, 383(1), 2019.

MITTERER-DALTOÉ, M. L.; LATORRES, J. M.; QUEIROZ, M. I.; FISZMAN, S.; VARELA, P. Reasons underlying low fish consumption where availability is not an

issue. A case study in Brazil, one of the world's largest fish producers. **Journal of Sensory Studies**, v. 28, p. 205-216, 2013.

MITTERER-DALTOÉ; QUEIROZ, Maria I.; FISZMAN, Susana; VARELA, Paula. Are fish products healthy? Eye tracking as a new food technology tool for a better understanding of consumer perception. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 459–465, 2014.

NAKAYAMA, T.; YAMAMOTO, M. Physical, Chemical, and Sensory Evaluation of Frozen Stored Deboned (Minced) Fish Flesh. **J. Food Sci.**, 42: 900-905, 1977.

NAVARRO, A.; ZAMORANO, M. J.; HILDEBRANDT, S.; GINÉS, R.; AGUILERA, C.; AFONSO, J. M. Estimates of heritabilities and genetic correlations for growth and carcass traits in gilthead seabream (*Sparus auratus* L.), under industrial conditions. **Aquaculture**, v. 289, p. 225–230, 2009.

NAZEMROAYA, S.; SAHARI, M. A.; REZAEI, M. Effect of frozen storage on fatty acid composition and changes in lipid content of *Scomberomorus commersoni* and *Carcharhinus dussumieri*. **Journal of Applied Ichthyology**, 25(1), 91–95, 2008.

NGUYEN, A.T.; PARKER, L.; BRENNAN, L.; LOCKREY, S. A consumer definition of eco-friendly packaging. **Journal of Cleaner Production**, 119792, 2020.

NGUYEN, N. H.; PONZONI, R. W.; ABU-BAKAR, K. R.; HAMZAH, A.; LING KHAW, H.; YIP YEE, H. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 305, p. 1–5, 2010.

NOBREGA, M. M.; OLIVATO, J. B.; MULLER, C. M. O.; YAMASHITA, F. Biodegradable starch-based films containing saturated fatty acids: thermal, infrared and raman spectroscopic characterization. **Polímeros**, 22(5), 475–480, 2012.

NOGUEIRA, B.; BELUSSO, A. C.; BREDI, L. S.; OLDONI, T.; MITTERER-DALTOÉ, M.; Description and discrimination of freshness and biometric qualities of three different fishes: grass carp, pacu, and catfish. **Acta Alimentaria**, Vol. 48 (3), pp. 350–357. 2019.

OETTERER, M. Industrialização do pescado cultivado. Guaíba: **Editora Agropecuária**, 200 p, 2002.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. Química do pescado. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. Manual de Pesca: **Ciência e Tecnologia do Pescado**. São Paulo: Varela, v. 1, cap. 4, p. 27-71, 1999.

OLIVATO, J.B.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F.; EIRAS, D.; PESSAN, L.A. Citric acid and maleic anhydride as compatibilizers in starch/poly(butylene adipate-co-terephthalate) blends by one-step reactive extrusion. **Carbohydrate Polymers**. Vol. 87, Issue 4, Pages 2614-2618, March: 2012.

OLIVEIRA, A.M.B.M.S. et al. Produção de Characiformes autóctones. In: CYRINO, J.E.P. et al. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, p. 217-238, 2004.

OLIVEIRA, P. R.; JESUS, R. S.; BATISTA, G. M.; LESSI, E. Sensorial, physicochemical and microbiological assessment of pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) during ice storage. **Brazilian Journal of Food Technology; Campinas** Vol. 17, Ed. 1: 67-74, 2014.

OMOTOSHO, J.S.; OLU, O.O. The effect of food and frozen storage on the nutriente composition of some African fishes. **Rev. Biol. Trop.**, 43(1-3): 289-295, 1995.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUES, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos: Alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, v. 2, 2005.

PALMA, E. J. Frescura del Pescado y Mecanismos. In: CURSO INTERNACIONAL TECNOLOGIA DE PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS PESQUEROS "INFORMACIÓN BASICA: QUIMICA, BIOQUIMICA E MICROBIOLOGIA". Peru: **Instituto Tecnológico Pesquero Del Peru**, p. 59-73, 1994.

PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; KRIZ, G.S. **Introduction to Spectroscopy**. 3.ed., Estados Unidos da América: Brooks/Cole, 579p., 2001.

PETENUCCI, M. E.; ROCHA, I. do N. A.; DE SOUSA, S. C.; SCHNEIDER, V. V. A.; DA COSTA, L. A. M. A.; VISENTAINER, J. V. Seasonal Variations in Lipid Content, Fatty Acid Composition and Nutritional Profiles of Five Freshwater Fish from the Amazon Basin. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 93(10), 1373–1381, 2016.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR 2020. **Veículo oficial da Associação Brasileira da Piscicultura**, São Paulo: 2020.

PEREIRA, D. S.; JULIÃO, L.; SUCASAS, L. F. A. et al. Boas práticas para manipuladores de pescado: o pescado e o uso do frio. Piracicaba: **ESALQ – Divisão de Biblioteca e Documentação**, 36 p. Série Produtor Rural, n. 46, 2009.

PEREIRA, W.; D.; ATHAYDE, A.; H.; PINTO, K.; P. Avaliação da qualidade de peixes comercializados na cidade de Maceió-AL. **Higiene Alimentar**, São Paulo v. 15, n. 84, p. 67-74, 2001.

PIETROSANTO, A.; SCARFATO, P.; DI MAIO, L.; NOBILE. M.R.; INCARNATO, L. Evaluation of the Suitability of Poly(Lactide)/Poly(Butylene-Adipate-co-Terephthalate) Blown Films for Chilled and Frozen Food Packaging Applications. **Polymers**, 12, 804, 2020.

PIRES, A. V.; PEDREIRA, M. M.; PEREIRA, I. G.; FONSECA JÚNIOR, A. M.; ARAÚJO, C. V.; SILVA, L. H. S. Predição do rendimento e do peso do filé da tilápiado-Nilo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 315-319, 2011.

PURSLOW, P. P.; WARNER, R. D.; CLARKE, F. M.; HUGHES, J. M. Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings (invited review). **Meat Science**, 107941, 2019.

QUADROS, D.A.; BOLINI, H.M.A. Biometric chara characterization, proximate composition, and fillet yield and waste of serra spanish mackarel (*Scomberomorus brasiliensis*). Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 41(4): 877 – 888, 2015.

RAMOS FILHO, M.M; RAMOS, M.I.L; HIANE, P.A; SOUZA, E.M.T. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, jun. 2008.

RAZAVI, S.M.A.; AMINI, A.M.; ZAHEDI, Y. Characterisation of a new biodegradable edible film based on sage seed gum: Influence of plasticiser type and concentration. **Food Hydrocolloids**, v.43, p. 290-298, 2015.

RESCONI, V.C; ESCUDERO,A.;CAMPO,M.M. The development of aroma in ruminant meat. **Molecules**, Switzerland, v. 18, n. 6, p. 6748-6781, 2013.

RINDLAV-WESTLING, A.etal. Structure, mechanical and barrier properties of amylase and amylopectin films. **Carbohydrate Polymers**, v.36, p.217-224, 1998.

SHI, X. Q.; ITO, H.; KIKUTANI, T.; Characterization on mixed-crystal structure and properties of poly (butylene adipate-co-terephthalate) biodegradable fibers. **Polymer**, v.46, p.11442, 2005.

SILVA, D.L; PAULISTA, L.O; PRESUMIDO, P.H.; BERTOZZI, J.; YAMASHITA, F.; BILCK, A.P.; DAL BOSCO, T.C. Influence of oat hulls on biodegradation of biopolymer from polylactic acid. U. Porto, Journal of Engineering, 6:1,1-10,2020.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M; FERREIRA, M.A. Methods for the evaluation of the degree of lipid oxidation and the antioxidant activity. **Quím. Nova**, vol.22, n.1, 1999.

SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 71, n. 1, p. 1-10, 2012.

SOUZA, M. L. R. de; MACEDO-VIEGAS, E. M.; ZUANON, J. A. S.; CARVALHO, M. R. B. de; GOES, E. S. dos R. Processing yield and chemical composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with regard to body weight. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 37(2), 103, 2015.

SOUZA, M. L. R.; MACEDO-VIEGAS, E. M.; KRONKA, S. N. Influência do método de filetagem e categorias de peso sobre rendimento de carcaça, filé e pele da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 28(1), 1-6, 1999.

STEPTOE, A.; POLLARD, T. M.; WARDLE, J. Development of a Measure of the Motives Underlying the Selection of Food: the Food Choice Questionnaire. **Appetite**, 25(3), 267–284, 1995.

THODESEN, J. (MA, DY).; RYE, M.; WANG, Yu-Xiang.; BENTSEN, H. B.; GJEDREM, T. Genetic improvement of tilapias in China: Genetic parameters and selection responses in fillet traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. **Aquaculture**, p. 67–75, 2012.

UTRACKI, L.A. Polymer Blends Handbook. **Springer Netherlands**, 122 p., 2003.

VAN SOEST, J. J. G.; HULLEMAN, S. H. D.; WIT, D.; VLIEGENTHART, J. F. G. Crystallinity in starch bioplastics. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 11-22, 1996.

VARLIK, C.; BAYGAR, T.; ÖZDEN, Ö.; ERKAN, N.; METIN, S. Sensory evaluation and determination of some physical and chemical characteristics of shrimp during gold

storage. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 24, p. 181– 185, 2000.

VIANA, J. P. Recursos pesqueiros do Brasil: situação dos estoques, da gestão e sugestões para o futuro. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, n. 7, p. 45-59, 2013.

VIVA TERRA. Disponível em:
http://archive.fo/2012.12.03074313/http://www.vivaterra.org.br/peixes_doce_2.htm%23lambari. Acesso em: 03 de maio de 2020.

VYNCKE, W. **Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (Scomber scombrus L.) Fette Seifen Anstrich**,77: 239-240, 1975.

WEBER, Jucieli; BOCHI, Vivian C.; RIBEIRO, Cristiane P.; VICTÓRIO, André De M.; EMANUELLI, Tatiana. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. **Food Chemistry**, v. 106, n. 1, p. 140–146, 2008.

WILHELM, A. E.; MAGANHINI, M. B.; BLAZQUEZ, F. J. H.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (Pale, Soft, Exudative) meat. **Food Chemistry**, v. 119, n.3, p.1201- 1204, 2010.

WILMO, E.F.J. Carboidratos:estrutura, propriedades e funções. **Química nova na escola**, n. 29, agosto,2008.

XIONG, S.J.; PANG, B.; ZHOU, S.J.; LI, M.K.; YANG, S.; WANG, Y.Y., SUN, R.C. Economically Competitive Biodegradable PBAT/Lignin Composites: Effect of Lignin Methylation and Compatibilizer. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**. 2020.

ZAGHBIB, I.; FELIX, M.; ROMERO, A.;ARAF, S.; HASSOUNA, M. Effects of Whitening Agents and Frozen Storage on the Quality of Sardine (*Sardina pilchardus*) Surimi: Physicochemical and Mechanical Properties, **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 2016.

ZHAI, X.; WANG, W.; ZHANG, H.; DAI, Y.; DONG, H.; HOU, H. Effects of high starch content on the physicochemical properties of starch/ PBAT nanocomposite films prepared by extrusion blowing. **Carbohydrate Polymers**.Volume 239, July:2020.

ZHANG, Y.; ERTBJERG, P. Effects of frozen-then-chilled storage on proteolytic enzyme activity and water-holding capacity of pork loin. **Meat Science**, 145, 375–382, 2018.

ZOTOS, A.; VOUZANIDOU, M. Seasonal changes in composition, fatty acid, cholesterol and mineral content of six highly commercial fish species of Greece. **Food Science and Technology International**, 18(2), 139–149, 2012.

ZUTA, Charles P.; SIMPSON, Benjamin K.; ZHAO, Xin; LECLERC, Luc. The effect of α -tocopherol on the oxidation of mackerel oil. **Food Chemistry**, v. 100, n. 2, p. 800–807, 2007.