

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS  
MESTRADO EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

THAISE PASCOATO DE OLIVEIRA ALMEIDA

**DESENVOLVIMENTO DE FUNÇÃO DESEJABILIDADE PARA  
REDUÇÃO DE INCIDÊNCIA DE FILÉS DESAGREGADOS  
NA INDUSTRIA DE ABATE DE PESCADOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CAMPO MOURÃO

2020

**THAISE PASCOATO DE OLIVEIRA ALMEIDA**

**DESENVOLVIMENTO DE FUNÇÃO DESEJABILIDADE PARA  
REDUÇÃO DE INCIDÊNCIA DE FILÉS DESAGREGADOS  
NA INDUSTRIA DE ABATE DE PESCADOS**

**Development of a desirability function to reduce the incidence of disintegrated  
fillets in the fish slaughter industry**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Flávia Aparecida Reitz Cardoso.

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

**CAMPO MOURÃO**

**2020**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

12/01/2021



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Câmpus Campo Mourão**



THAISE PASCOATO DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE FUNÇÃO DESEJABILIDADE PARA REDUÇÃO DE INCIDÊNCIA DE  
FILÉS  
DESAGREGADOS NA INDÚSTRIA DE ABATE DE PESCADOS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Inovações Tecnológicas.

Data de aprovação: 17 de Dezembro de 2020

Prof.a Flavia Aparecida Reitz Cardoso, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Adriana Aparecida Droval, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Livia Bracht, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Prof Paulo Henrique Marco, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 21/12/2020.

Dedico este trabalho à minha família,  
pelos momentos de ausência, em  
especial à Julio Cezar, meu parceiro de  
todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço primeiramente a Deus por todas as graças recebidas em minha vida e por toda a força a mim concebida em meus momentos de preces para a conclusão desta jornada.

Agradeço imensamente minha orientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Flávia Aparecida Reitz Cardoso, por toda sabedoria compartilhada, orientação, conselhos, dedicação e sobretudo, pela confiança e paciência ao longo deste trabalho.

Agradeço infinitamente minha coorientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Adriana Aparecida Droval por acreditar em mim e aceitar me guiar nesta importante caminhada.

Agradeço a COPACOL - Cooperativa Agroindustrial Consolata e toda equipe do controle de qualidade e produção de pescados, por todo suporte ao longo deste projeto.

Agradeço ao meu irmão, Vinícius Pascoato Mendes pelas horas em que passou me ajudando com minhas análises no laboratório, muito obrigada pela parceria e companhia.

Agradeço a UTFPR Campo Mourão e toda coordenação do Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas.

Por fim, agradeço, minha família, meus pais, meus irmãos e meu companheiro Julio, por todo suporte e compreensão pela minha ausência ao longo dessa jornada e por todo o incentivo nos momentos mais difíceis. Vocês são a razão de eu buscar sempre ser o melhor que eu posso todos os dias.

A necessidade é a mãe da inovação.  
(Platão)

## RESUMO

O pescado é um alimento de alto valor nutritivo e vem ganhando mercado nos últimos anos, sendo a tilápia o peixe mais cultivado no Brasil, responsável por 57% da produção nacional de pescados. O frescor e a firmeza são as principais características avaliadas na hora do consumo e comercialização em peixes. A alteração na textura da carne de pescados caracterizada como “filé mole e desagregado” possui características similares a uma carne PSE (*Pale, Soft and Exudative*), anomalia acometida em suínos e aves, porém pouco estudada em pescados. Assim, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar os filés desagregados para posterior desenvolvimento de uma função desejabilidade que visa a redução de carne PSE em tilápia do Nilo nas indústrias de beneficiamento a partir dos parâmetros de qualidade utilizados no manejo pré-abate. Para o desenvolvimento foram utilizadas tilápias do Nilo provenientes de abatedouro de peixes localizado no oeste do Paraná. O estudo foi realizado em três etapas, onde a primeira objetivou a caracterização do filé desagregado, a segunda determinou a influência da estação do ano na sua incidência e a terceira desenvolveu uma função desejabilidade para reduzir a incidência de filés desagregados na indústria de abate de pescados. A partir dos dados obtidos, acredita-se que os filés desagregados se assemelham com as carnes PSE, pois na caracterização dos filés o valor médio do pH e valor de L\* (Luminosidade) para os filés normais foram de 6,20 e 52,20 e para os filés desagregados foram de 5,89 e 55,40. Porém, não foi constatado neste estudo a influência da estação do ano na incidência dos mesmos, mas acredita-se que estes estejam associados ao estresse sofrido no *ante-mortem*. Acreditando que a incidência de filés desagregados está intimamente relacionada com o manejo que antecede o abate, desenvolveu-se uma função desejabilidade que pudesse determinar valores ótimos para os padrões de qualidade das operações imediatamente antes do abate do animal. A função resultou na desejabilidade global para uma incidência onde a combinação das variáveis envolvidas atingiu cerca de 63% de confiabilidade.

**Palavras-chave:** Pescado. Carne PSE. Filés desagregados.

## ABSTRACT

Fish is a food of high nutritional value and has been gaining market share in recent years, with tilapia being the most cultivated fish in Brazil, responsible for 57% of national fish production. Freshness and firmness are the main characteristics evaluated at the time of consumption and commercialization in fish. The change in the texture of the fish meat characterized as "soft and disaggregated fillet" has characteristics similar to a PSE meat (Pale, Soft and Exudative), an anomaly affected in pigs and poultry, but little studied in fish. Thus, the present study aimed to characterize the disintegrated fillets for further development of a mathematical modulation that makes it possible to determine the incidence of PSE meat in Nile tilapia in the processing industries from the quality parameters used in the pre-slaughter management. For the development of the present work, Nile tilapia from a fish slaughterhouse located in Paraná western were used. The study was carried out in three stages, where the first aimed to characterize the disaggregated fillet, the second to determine the influence of the season on the incidence of the year and the third to develop a desirability function to reduce the incidence of disaggregated fillets in the fish slaughter industry. From the data obtained, it is believed that the disaggregated fillets are similar to the PSE meats, since in the characterization of the fillets the average pH value and L\*(luminosity) value for normal fillets were 6.07 and 52.20 and for the disaggregated fillets were 5.94 and 55.40, however the influence of the season on their incidence was not found in this study, but it is believed that these are associated with the stress suffered in the *ante-mortem*. Believing that the incidence of disintegrated fillets is closely related to the management that precedes slaughter, a desirability function was developed that could determine optimal values for the quality standards of operations immediately before the slaughter of the animal. The function resulted in an overall desirability of an incidence of 0.63% of disintegrated fillets during production.

**Keywords:** Fish. PSE meat. Disaggregated fillets.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Criação de tilápias em tanques-rede.....	15
Figura 2 - Tanques de alvenaria em propriedade para criação de peixes.....	16
Figura 3 - Tanques de terra (viveiro) para criação de tilápias .....	17
Figura 4 - Sistema muscular.....	19
Figura 5 - Miofibrilas e sarcômeros .....	20
Figura 6 - Contração e relaxamento muscular .....	21
Figura 7 - Filé padrão .....	25
Figura 8 - Filé desagregado .....	25
Figura 9 - Análise de componentes principais (PCA) para a avaliação físico-química das amostras de filés de tilápia padrões e desagregados. ....	37
Figura 10 - Parâmetros ótimos pré-abate do tanque rede.....	43
Gráfico 1 - Distribuição dos resultados de pH para amostras de filé padrão e filé desagregado .....	31
Gráfico 2 - Distribuição dos resultados de CRA para as amostras de filé padrão e amostras de filé desagregado .....	32
Gráfico 3 - Distribuição dos resultados de L* para filés padrão e filés desagregados.....	33
Gráfico 4 - Distribuição dos resultados de a* para filés padrão e filés desagregados.....	34
Gráfico 5 - Distribuição dos resultados de b* para filés padrão e filés desagregados.....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados das análises realizadas na primeira etapa do estudo .....	30
Tabela 2 – Resultados das análises realizadas na segunda etapa do estudo .....	35
Tabela 3 - Correlações (coeficientes de correlação de Pearson) entre os parâmetros físico-químicos e os dois primeiros componentes principais .....	37
Tabela 4 – Influência da estação do ano na caracterização do filé de tilápia do Nilo .....	41
Tabela 5 – Parâmetros obtidos em avaliação <i>in loco</i> .....	42
Tabela 6 – Parâmetros ótimos para operações pré-abate .....	44

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1 Criação de Tilápia do Nilo no Paraná .....	14
2.2 Métodos de Produção de Tilápia .....	15
2.3 Características do Filé de Pescado .....	17
2.4 Transformação do Músculo em Carne .....	18
2.5 Carne PSE .....	22
2.6 A Função Desejabilidade .....	23
3 METODOLOGIA .....	24
3.1 Determinação do pH .....	26
3.2 Determinação da Cor Objetiva .....	26
3.3 Capacidade de Retenção de Água (CRA) .....	27
3.4 Acompanhamento <i>In Loco</i> .....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
4.1 Caracterização dos Filés Desagregados – Etapa 1 .....	30
4.2 Avaliação da Incidência de PSE em Abate Realizado no Inverno <i>versus</i> Abate Realizado no Verão – Etapa 2 .....	35
4.3 Parâmetros Adequados para o Pré-Abate .....	41
5 CONCLUSÃO .....	46
REFERÊNCIAS .....	47

## 1 INTRODUÇÃO

O pescado é um alimento de alto valor nutritivo, constituindo uma das mais importantes fontes proteicas, rico em lipídios insaturados, vitaminas e sais minerais (FARIAS, 2018). De acordo com a associação Peixe BR (2020), o Brasil se consolida entre os quatro maiores produtores de tilápia do mundo, atrás apenas de China, Indonésia e Egito. Considerando o ano de 1952 como surgimento desse peixe no Brasil, segundo a EMBRAPA (2017), pode-se afirmar que até 2018 nenhum outro animal aquático teve o crescimento ponderal e econômico como a tilápia, 223% na última década. Sua aceitação se deve principalmente ao sabor da carne, baixa presença de espinhos, baixo teor de gordura e de calorias.

O frescor é uma das características mais avaliadas na hora do consumo e comercialização, pois é um atributo que significa que o peixe apresenta propriedades similares às que possuía em vida ou que se passou um período curto após captura. Entre os principais métodos de avaliação do frescor destacam-se os sensoriais, os físico-químicos e os microbiológicos (SOARES, 2003). Outra característica de fundamental importância é a firmeza, fator muito importante para avaliação da qualidade da carne de peixe e fundamental no momento de comercializar os produtos da piscicultura, e está diretamente relacionada ao frescor da mesma (SUÁREZ-MAHECHA et al., 2007). Amaral e Freitas (2013) afirmam ainda que a firmeza tem papel fundamental na aceitação da proteína cárnea por parte dos consumidores.

A firmeza, ou seja, a textura da carne pode estar atrelada ao manejo dos animais e pode sofrer alterações bioquímicas *post-mortem*. Fatores externos como o tempo de transporte dos animais da propriedade para o matadouro, a temperatura ambiental durante o transporte, o jejum pré-abate e tempo de descanso dos animais antes do abate influenciam as alterações *post-mortem* e afetam parâmetros da qualidade final da carne, como a textura e a firmeza em carnes de pescado (FERREIRA et al., 2018).

A perda de firmeza da carne de pescado é facilmente comparada a uma carne PSE (*Pale, Soft and Exudative*) encontrada em animais como suínos e aves. Embora não se tenham muitos estudos sobre a anomalia PSE em peixes, sabe-se que, quando submetidos a condições de estresse, os animais podem desenvolver uma carne com essas características, mole, pálida e exsudativa. De acordo com

Silva et al. (2015), o estresse pode alterar características do pescado, o que possibilita obter produto final com qualidade inferior, como a carne PSE. A ocorrência de carnes PSE é muito comum em indústrias de processamento de suínos e aves, porém dificilmente associada à carne de pescado, sendo por este motivo pouco estudada nestas espécies.

Carnes PSE representam um problema sério para a indústria devido a fatores como a capacidade de retenção de água, com perda excessiva de exsudato, textura, caracterizada por uma extrema flacidez e pela ausência de cor. Com isso, além de serem rejeitadas pelos consumidores, prejudicam os processos industriais de fabricação com consequências econômicas bastantes sérias para o setor (SOUZA et al., 2013).

Para Gonçalves (2011), uma carne exsudativa pode ser um dos fatores que prejudicam diretamente a decisão de compra dos consumidores potenciais do pescado, pois este parâmetro de qualidade tem relação direta à aparência da carne no momento da venda, podendo indicar ao consumidor que este produto está a mais tempo na gôndola do que de fato está.

Com o aumento da produção aquícola, percebe-se a necessidade de conhecer a influência de manejos pré-abate sobre a qualidade da carne, bem como aprofundar os estudos de defeitos nas carnes também para pescados. Logo, baseado no exposto, o presente estudo teve por objetivo identificar fatores capazes de caracterizar a incidência do desenvolvimento de filés desagregados (filés com características PSE) em tilápia do Nilo e utilizá-los para desenvolver uma função desejabilidade que auxilie a indústria nos controles dos parâmetros de qualidade de manejo no pré-abate.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Criação de Tilápia do Nilo no Paraná

Naturais da África, das bacias do rio Nilo, as tilápias tiveram início de sua criação no Congo Belga no começo do século XIX com expansão para o Quênia a partir de 1924. Porém, foi a Malásia a responsável pela distribuição mundial da espécie (BARROSO et al., 2015). Em 1971, tilápias do Nilo trazidas da Costa do Marfim foram introduzidas em açudes do Nordeste e em 1996 uma importação de 20.800 alevinos da Tailândia foram introduzidos no estado do Paraná (SILVA et al., 2015).

Nos últimos seis anos a produção de peixes de cultivo aumentou 31% no Brasil com 578.800 toneladas em 2014 passando para 758.006 toneladas em 2019. Neste último ano houve um crescimento de 4,9% sobre o ano de 2018, dos quais 432.149 toneladas refere-se à produção da tilápia, equivalente a 57% da produção nacional de pescados, reforçando sua posição de 4º maior produtor de tilápia do mundo com uma diferença de 90.000 toneladas para a 5º colocada, Tailândia (PEIXE BR, 2020).

Ainda de acordo com a Peixe BR (2020), a alta produtividade, infraestrutura funcional e logística favorável contribuem na liderança do Paraná na produção de peixes de cultivos, apresentando um crescimento de 18,7% em 2019, com 154.200 toneladas, das quais 146.212 toneladas referentes à produção de tilápia, uma diferença de mais de 50% quando comparado ao segundo colocado nacional, São Paulo (69.800 toneladas de pescados, sendo 64.900 toneladas referentes à produção de tilápia).

A tilápia do Nilo é uma espécie tropical que suporta variação da temperatura da água e oxigênio dissolvido, o que facilita sua produção em todas as regiões do estado, mas com uma temperatura ideal para seu desenvolvimento entre 25 e 30°C, tendo crescimento afetado abaixo de 15°C e não resistindo a temperaturas por volta de 9°C. O oeste do Paraná apresenta o clima mais favorável para a criação da espécie, o que, associado ao grande potencial hídrico, torna a região o polo principal com 61% da tilapicultura do estado, seguido da região norte com 23% e os 6% restantes pertencem às demais regiões (BARROSO et al., 2015; SILVA et al., 2015).

## 2.2 Métodos de Produção de Tilápia

A criação de tilápias pode ser realizada em tanques-rede ou em viveiros escavados. Os tanques rede (Figura 1) são estruturas flutuantes, revestidos com tela, instalados em ambientes aquáticos abertos, como reservatórios e lagos. Depende da intervenção humana constante, utiliza altas densidades de estocagem e requer maior esforço e dedicação nos manejos e monitoramento da qualidade de água (SENAR, 2018).

**Figura 1** - Criação de tilápias em tanques-rede



Fonte: SENAR (2018b).

Já os viveiros escavados, podem ser tanques de concreto (Figura 2) ou tanque de terra, também conhecidos como açudes (Figura 3). Em comum, os dois têm o fato de serem reservatórios escavados na terra para a criação de peixes, mas existem algumas diferenças, sendo a principal delas que o tanque de terra é um

reservatório escavado em terreno natural enquanto o tanque de alvenaria é revestido de concreto, pedras ou tijolos. Ambos são dotados de sistemas de abastecimento e de drenagem de água de tal modo que os permita encher ou secar no menor espaço de tempo possível (SENAR, 2018a).

**Figura 2** - Tanques de alvenaria em propriedade para criação de peixes



Fonte: Lopes (2012).



**Figura 3** - Tanques de terra (viveiro) para criação de tilápias



Fonte: Lopes (2012).

Os viveiros escavados tipo tanque de terra são os ambientes mais usados na criação de peixes atualmente, inclusive na criação de tilápias (SENAR, 2018a).

### **2.3 Características do Filé de Pescado**

Entende-se por filé de pescado, o músculo obtido a partir do corte do peixe em sentido paralelo à coluna vertebral, desprovido de ossos da espinha dorsal, com ou sem pele. Embora o Brasil não possua um Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) específico para tilápias, as empresas de processamento contam hoje com a Instrução Normativa nº 21, de 31 de maio de 2017, que aprova o Regulamento Técnico que fixa a identidade e as características de qualidade que deve apresentar o peixe congelado e a Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997, que

aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco (inteiro e eviscerado).

De acordo com as definições legais, filé de pescado constitui “[...] produto obtido a partir de corte único longitudinal da porção muscular desde a parte imediatamente posterior da cabeça até o pedúnculo caudal, no sentido paralelo à coluna vertebral” (BRASIL, 2017). Ou ainda “[...] músculo obtido a partir do corte do peixe em sentido paralelo à coluna vertebral, desprovido de ossos da espinha dorsal, com ou sem pele” (BRASIL, 1997).

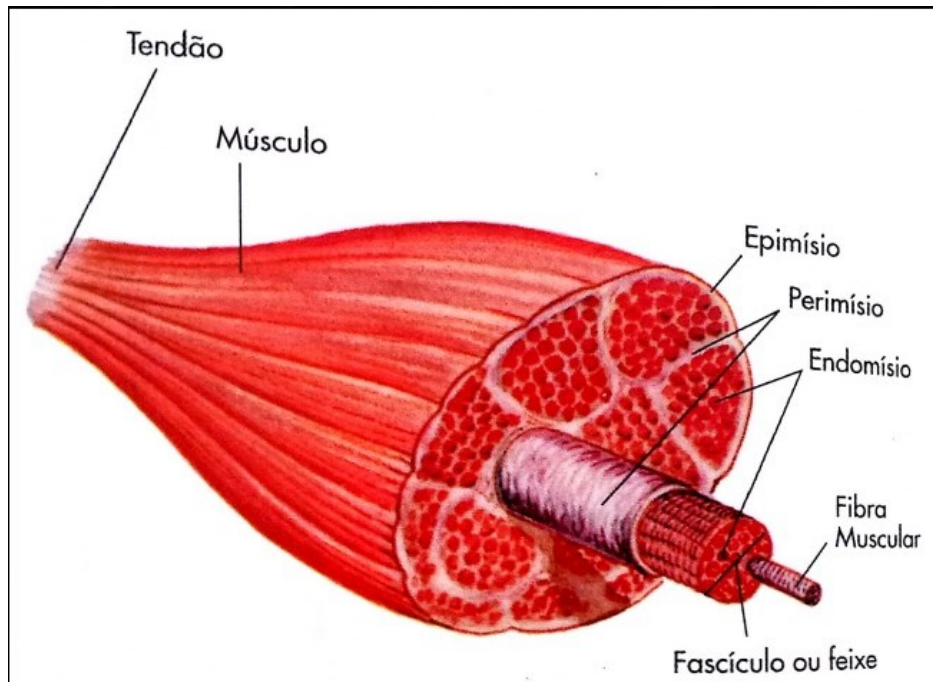
Quanto às características sensoriais, a Portaria nº 185 preconiza que a musculatura deve apresentar-se aderida fortemente aos ossos e com elasticidade marcante, bem como deve ser isenta de rupturas externas. Para os padrões físico-químicos, a Instrução Normativa nº 21 do Ministério da Agricultura, de 31 de maio de 2017, define que o pH da porção muscular dos pescados deve ser no máximo de 7,00, com exceção de algumas espécies como *Gadidae* e *Merluccidae* que podem atingir um pH de até 7,20.

Rebouças et al. (2017), obtiveram resultados de pH de 5,91, CRA (Capacidade de Retenção de Água) 53,00% e L\* (Luminosidade) de 53,33 em tilápias cultivadas em tanques rede em água doce e pH de 6,22, CRA 59,67% e L\* de 53,99 em tilápias cultivadas em viveiros escavados de água salgada.

## **2.4 Transformação do Músculo em Carne**

O músculo esquelético é um órgão especializado na transformação de energia química em movimento (energia mecânica), desenvolvido para otimizar esta função utilizando um conjunto bem ordenado de proteínas relacionadas com o movimento (FERREIRA, 2019).

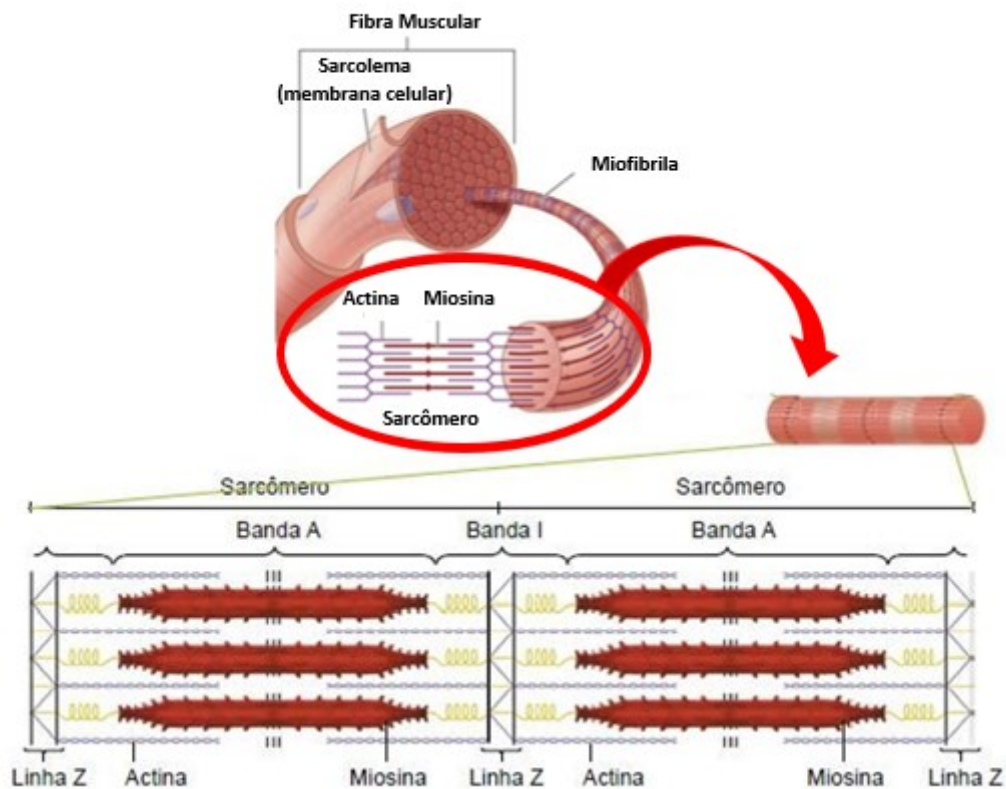
O músculo é constituído por vários feixes que, por sua vez, são formados por fibras musculares, ou células musculares (Figura 4).

**Figura 4 - Sistema muscular**

Fonte: Adailson (2015).

Já as fibras musculares são constituídas por miofibrilas, as quais são formadas por inúmeros sarcômeros (Figura 5).

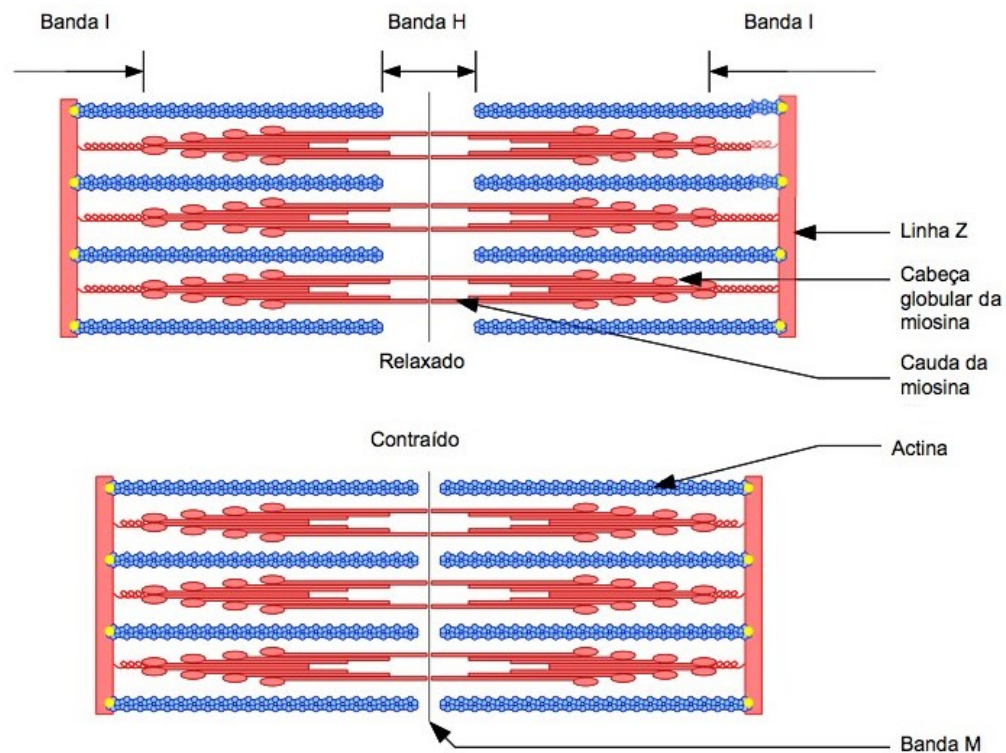
**Figura 5 - Miofibrilas e sarcômeros**



Fonte: Soras (2020); Moutinho (2020).

A contração muscular inicia-se com um estímulo vindo do sistema nervoso que desencadeia uma liberação de acetilcolina na fenda sináptica e causa despolarização da membrana da célula muscular que abre os canais de passagem de potássio para o interior da célula e irá ativar os receptores de dihidropirina. Uma vez ativados, os receptores de dihidropirina alteram o canal de rianodina que permitem a passagem do cálcio para o interior do sarcoplasma. No sarcoplasma, o cálcio então se liga à troponina e ativa a movimentação da tropomiosina. Em seguida, uma molécula de ATP liga-se à cabeça da miosina, que liberta o filamento de actina. O ATP é hidrolisado e a energia liberada é utilizada para repor a orientação original da cabeça. O filamento de actina, então, desloca-se para o centro do sarcômero (sendo movimentado pelo “vai e vem” da miosina), desencadeando a aproximação das duas linhas Z. Isso faz com que o sarcômero diminua e, em grande escala, leva à contração de todo o músculo (Figura 6) (RODRIGUES; SILVA, 2016; MOREIRA, 2015).

**Figura 6 - Contração e relaxamento muscular**



Fonte: Moreira (2015).

A contração muscular cessa quando a ligação entre actina e miosina é rompida devido à ação de ATP (adenosina trifosfato). O ATP, curiosamente, é necessário para quebrar a ligação actina-miosina mas não para formá-las, ou seja, os músculos precisam de ATP para parar a contração (MOREIRA, 2015). Com o fim do estímulo nervoso, os canais de sódio se fecham interrompendo toda a cadeia de reações necessárias para liberação do cálcio para o interior do sarcoplasma e, desta forma, a cabeça globular de miosina não se conecta mais à actina e o sarcômero retorna a sua forma relaxada.

No músculo vivo, o ATP circula continuamente para a manutenção do metabolismo, mas quando o suprimento de oxigênio é cortado pela sangria, o músculo torna-se anaeróbio, e há uma diminuição glicólise, e conseqüente queda na produção do ATP. Em anaerobiose há formação de ácido láctico e apenas 8% do ATP em relação ao ATP formado pelo metabolismo com presença de oxigênio (ALVES et al., 2019).

Durante as horas que se seguem ao abate do animal, inicia-se o endurecimento dos músculos conhecido como rigidez cadavérica ou *rigor-mortis*

(RODRIGUES; SILVA, 2016). Isto acontece devido à morte do animal interromper o fornecimento de ATP, resultante da glicólise, armazenado nas células musculares, impedindo que as pontes entre a miosina e a actina se quebrem - o músculo não pode relaxar (ALVES et al., 2019). Após o *rigor-mortis*, ocorre a transformação do músculo em carne. A glicólise *post-mortem* (*post-rigor*) ocorre em um ambiente celular anaeróbico, e o glicogênio é transformado em ácido pirúvico, convertido em ácido láctico, que devido à interrupção da circulação sanguínea, causada pela morte do animal, fica acumulado dentro das células, causando queda do seu pH (DAMODARAN et al., 2010).

## 2.5 Carne PSE

Carne PSE (Pale, Soft and Exudative) apresenta coloração mais pálida com textura mole e aspecto exsudativo (DAMODARAN et al., 2010). Estas carnes, possuem tais características devido à queda brusca no pH *post-mortem* enquanto a temperatura da carcaça encontra-se elevada, levando à desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (BARBUT, 1997, apud DROVAL et al., 2012).

Para Maganhini et al. (2007), os animais que produzem carnes PSE foram submetidos a um estresse intenso antes do abate, o que causa uma rápida degradação de glicogênio muscular com rápida redução do pH da carne devido ao acúmulo de ácido láctico. Associado às condições pré-abate inadequadas a que os animais são submetidos, Droval et al. (2012) sugerem existir uma anomalia genética, ocorrência comprovada em suínos e ainda estudada em aves. Assim, o estresse sofrido pelo animal no manejo pré-abate, serve apenas de gatilho para ocorrência de PSE.

Em suínos, tal mutação genética é denominada PSS (*Porcine Stress Síndrome*) ou Hipertermia Maligna, decorrente da alteração do gene que codifica a proteína receptora de rianodina. Há então a substituição de uma citosina por uma timina, provocando uma alteração na atividade desta proteína capaz de interferir no controle de liberação de cálcio do retículo endoplasmático para o sarcolema, reação fundamental para que ocorra a contração muscular (BASTOS et al., 2001).

## 2.6 A Função Desejabilidade

Em 1980, Derringer e Suich encontraram uma das soluções para otimizar várias respostas, desenvolvendo a função de conveniência ou método *desirability*, que tem sido amplamente utilizada desde então na indústria. Esta função é baseada na ideia de que a qualidade de um produto ou processo que tem muitos recursos é completamente inaceitável, se um deles estiver fora de um limite "desejável". O seu objetivo é encontrar condições que garantam a conformidade com os critérios de todas as respostas envolvidas e, ao mesmo tempo, fornecer o melhor valor na resposta conjunta sendo esse valor o mais desejável. Isto é conseguir converter as múltiplas variáveis respostas em uma única, combinando as respostas individuais em uma função composta, seguida por sua otimização (CANDIOTI et al., 2014).

A metodologia geral consiste primeiramente em converter a resposta em desejabilidades individuais que varia de 0 a 1 (menor conveniência para maior conveniência). Uma vez que as variáveis  $n$  (níveis de fator e respostas) são transformadas em funções de conveniência, são combinados em uma única função desejabilidade Global nomeado para descobrir as melhores respostas comuns (WANG; WAN, 2009).

A função de conveniência de desejabilidade permite que o analista encontre as condições experimentais (níveis de fator) para alcançar, simultaneamente, o valor ideal para todas as variáveis avaliadas, incluindo as prioridades dos pesquisadores durante o processo de otimização (GADHE et al., 2013).

### 3 METODOLOGIA

Para o presente estudo foram utilizados filés de tilápia do Nilo, provenientes de abatedouro industrial de pescados localizado na região oeste do Paraná. O estudo consistiu em três etapas de pesquisas: a etapa 1 para caracterização dos filés desagregados, etapa 2 para comparar a incidência de filés desagregados no inverno e no verão do ano de 2019 e 2020 e a etapa três para definições de padrões ótimo de operação do processo a fim de reduzir a incidência dos filés desagregados.

Para a avaliação realizada na etapa 1 foram utilizadas 100 amostras de filés de tilápia do Nilo, coletadas logo após o abate, e mantidas sob refrigeração por 24 horas até a realização das análises físico-químicas. Destas 100 amostras, 50 estavam com aparência normal (Figura 7) e as outras 50 com alteração na textura (filés desagregados) (Figura 8). Os filés de tilápia foram caracterizados pelas análises de pH, capacidade de retenção de água (CRA) e cor objetiva ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) 24 horas *post-mortem*. Após caracterização e padronização, as amostras de filés foram classificadas como, amostra de filé padrão e amostra de filé desagregado (com características PSE). Todas as análises foram realizadas no laboratório de alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Campo Mourão.



**Figura 7 - Filé padrão**



Fonte: Autorial própria (2019).

**Figura 8 - Filé desagregado**



Fonte: Autorial própria (2019).

Para realização da segunda etapa, foram avaliadas um total de 80 amostras de filés, onde 40 amostras eram de filés provenientes de abate no inverno (coletadas em julho de 2019) e 40 provenientes do abate no verão (coletadas em dezembro de 2019), sendo em cada estação coletados 20 filés com aparência de desagregados e 20 filés padrão. As amostras foram submetidas a análises de pH, capacidade de retenção de água e cor objetiva ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) 24 horas *post-mortem*. Estas análises foram realizadas no laboratório de alimentos de uma cooperativa agroindustrial do interior do Paraná.

As análises foram realizadas em triplicatas e os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância ANOVA e teste de Tukey com nível de significância de 5% para as etapas 1 e 2. Também se empregou a Análise de Componentes Principais para verificar a correlação entre as variáveis da etapa 2. A análise e gráficos estatísticos foram gerados com o auxílio dos programas OriginPro 2020 e Statistica 12.0.

Para a etapa 3, foi realizado acompanhamento *in loco* do abate nos tanques de depuração e foram avaliados os parâmetros de qualidade de manejo pré-abate. Nos tanques de depuração foram mensurados a temperatura, o tempo, o pH, a quantidade de oxigênio e de amônia, e nos tanques de insensibilização foram mensurados a temperatura e o tempo. Os parâmetros avaliados foram relacionados com a incidência de filés desagregados em linha de produção.

### **3.1 Determinação do pH**

As análises de pH foram realizadas conforme metodologia descrita por Olivo et al. (2001), por medição diretamente no músculo contemplando três medições por filé, uma em cada ponto, utilizando um pHmetro de punção portátil Testo modelo 205.

### **3.2 Determinação da Cor Objetiva**

A medida de cor instrumental foi realizada em três pontos diferentes de cada filé. Foi utilizado um colorímetro portátil HunterLab modelo MiniScan EZ previamente calibrado com padrão branco e preto. Os valores para a cor foram expressos utilizando os padrões de cor do sistema CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$  - *Commission Internationale de*

*L'Eclairage*, onde:  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade da cor vermelho-verde) e  $b^*$  (intensidade da cor amarela-azul).

### 3.3 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

Para a avaliação da capacidade de retenção de água das amostras foi utilizado peso padrão de 10 Kg devidamente calibrado e balança analítica de precisão Ohaus modelo AR2140. Porcionou-se aproximadamente 5 g de cada amostra submetendo cada porção à força gravitacional do peso padrão por 5 minutos. Após 5 minutos sob pressão do peso padrão, as amostras foram novamente avaliadas e obtendo-se a CRA com o emprego da Equação (1), conforme metodologia descrita por Hamm (1960, apud Rebouças et al., 2017).

$$\frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100\% = CRA \quad (1)$$

onde:

$P_i$  = peso inicial da amostra (antes de ser submetida à força do peso padrão);

$P_f$  = peso final da amostra (após de ser submetida à força do peso padrão).

### 3.4 Acompanhamento *In Loco*

Para realização da terceira etapa deste estudo foi realizado o acompanhamento do abate de seis dos dez tanques de depuração da empresa. A partir do momento que os peixes são transferidos da depuração para a insensibilização o mesmo demora pouco menos de 30 minutos para chegar ao final da linha de filetagem. Desta forma, a amostragem dos filés foi realizada 30 minutos após a medição dos parâmetros de qualidade da água de depuração.

No processo de depuração foram coletadas as informações de temperatura, oxigênio, amônia e pH da água, bem como horário de descarga dos peixes nos tanques. Em seguida, foram observados os parâmetros de tempo e temperatura do processo de insensibilização. Aguardou-se o tempo de processamento conforme citado acima, e foram amostrados, aleatoriamente, no final da linha de filetagem 100 filés de peixe e realizado uma avaliação visual e quantificação dos filés

desagregados. A avaliação foi realizada duas vezes em cada tanque, no início e no final do abate de cada um.

Para relacionar os parâmetros avaliados no processo com a incidência dos filés desagregados, utilizou-se o programa Statistica 12 para aplicar a metodologia da função desejabilidade, onde determinou-se os valores de limites inferiores e superiores para cada variável do processo, conforme a Equação (2).

$$D = \sqrt[m]{d_1 d_2 d_3 \dots d_m}, \quad (2)$$

onde:

$D$  é a desejabilidade global;

$d_1, d_2, d_3$  e  $d_m$  são as desejabilidades individuais;

$m$  é o número de variáveis resposta.

Desta forma, o processo de otimização simultânea é reduzido à simples tarefa de se calcular os níveis das variáveis que maximizem a desejabilidade global. Há diferentes tipos de transformações possíveis para a obtenção das desejabilidades individuais. Se o valor alvo,  $U_i$  para a resposta  $y_i$ , por exemplo, for um máximo, a desejabilidade individual ( $d_i$ ) é descrita pela seguinte função:

$$d_i(y_i(x)) = \begin{cases} 1 & \text{se } y_i(x) < L_i \\ \left[ \frac{U_i - y_i(x)}{U_i - L_i} \right]^t & \\ 0 & \text{se } y_i(x) > U_i \end{cases} \quad (6)$$

onde:

$y_i$  é a resposta obtida para a variável estudada;

$d_i(y_i)$  é a desejabilidade individual da resposta  $y_i$ ;

$U_i$  é o maior valor aceitável adotado para a resposta;

$L_i$  é o menor valor aceitável adotado para a resposta;

$t$  é fator que determina o quão é desejável  $y_i$  ser próximo do mínimo, variando de 0 a 1.

Funções para o cálculo das desejabilidades individuais também podem ser estabelecidas para outras situações como o valor alvo ser um mínimo ou estiver localizado entre um valor mínimo e um valor máximo. A aplicação de função de desejabilidade na otimização de métodos analíticos traz inúmeras vantagens como eficiência, economia e objetividade na otimização de procedimentos com múltiplas respostas (CANDIOTI et al., 2014).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização dos Filés Desagregados - Etapa 1

Os resultados expostos a seguir são referentes às amostras coletadas em linha de filetagem para caracterização dos filés desagregados quanto aos parâmetros indicativos de uma carne PSE.

Os dados obtidos foram avaliados estaticamente pela análise de variância ANOVA e teste de Tukey com nível de significância de 5%. Com os dados apresentados na Tabela 1 é possível constatar que há diferença significativa entre os tratamentos para as análises de pH e cor para as 50 amostras de filés padrão e para as 50 amostras de filés considerados desagregados.

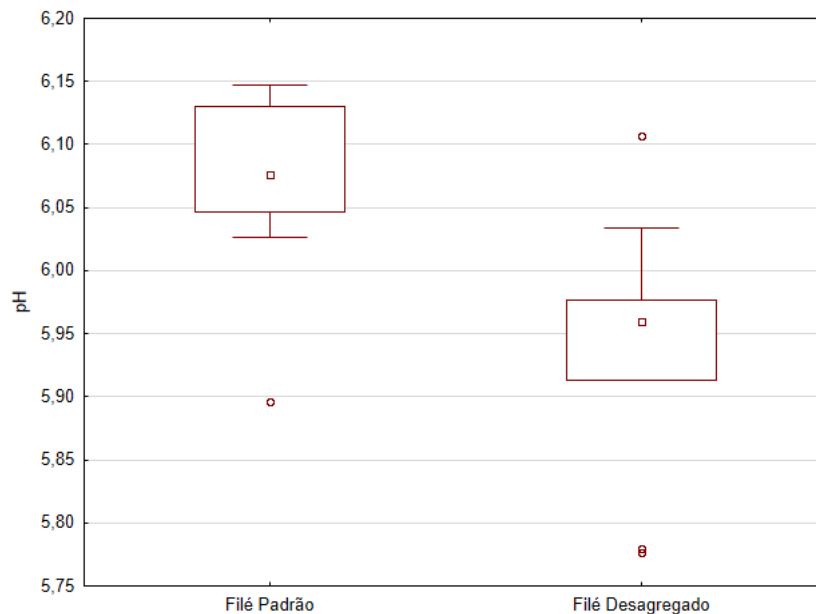
**Tabela 1** - Resultados das análises realizadas na primeira etapa do estudo

	pH	CRA (%)	L*	Cor objetiva	
				a*	b*
Filé padrão ( <i>n</i> = 50)	6,20 <sup>A</sup> ± 0,01	76,70 <sup>A</sup> ±0,71	48,80 <sup>B</sup> ±0,55	0,09 <sup>B</sup> ±0,15	4,13 <sup>B</sup> ±0,19
Filé desagregado ( <i>n</i> = 50)	5,89 <sup>B</sup> ±0,02	75,32 <sup>A</sup> ±0,88	58,49 <sup>A</sup> ±0,24	-0,06 <sup>A</sup> ±0,11	5,82 <sup>A</sup> ±0,25

Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A análise do pH é comumente utilizada como parâmetro de frescor. A redução do valor de pH se deve à geração de íons H<sup>+</sup> associada à produção de ácido láctico, bem como o colapso das reservas de ATP, que geralmente provoca danos à textura da carne e queda na qualidade do filé (Santos (2013). Conforme resultados expressos na Tabela 1 é possível observar diferença significativa entre as amostras, com média do pH para o filé padrão de 6,20 ± 0,01 e para o filé desagregado com pH médio de 5,89 ± 0,02. Tais resultados podem ser observados no Gráfico 1.

**Gráfico 1** - Distribuição dos resultados de pH para amostras de filé padrão e filé desagregado

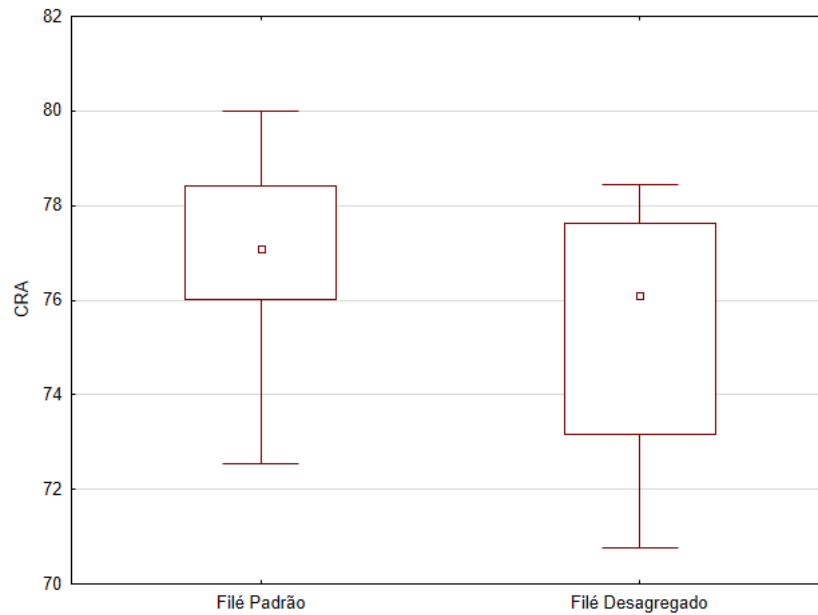


Fonte: Autoria própria (2020).

O pH médio encontrado nos filés padrão corroboram o exposto por Duarte (2017) que afirma que no músculo de peixes o pH tende a ser maior do que o da carne de mamíferos, e dificilmente fica abaixo de 6,0, mesmo em rigor pleno. Por outro lado, resultados de pH mais baixos para filés desagregados indicam a influência deste parâmetro na textura da carne, conforme mencionado por Oliveira et al. (2014).

A capacidade de retenção de água (CRA) é um dos mais importantes parâmetros em termos de qualidade em tecnologia de carnes e possui relação direta com o grau de desnaturação proteica presente no pescado (REBOUÇAS et al., 2017). A capacidade de retenção de água (CRA) é diretamente influenciada pelo pH do músculo. Segundo Carneiro et al. (2013), com o aumento do pH no músculo, as proteínas se afastam do seu ponto isoelétrico, o que favorece a retenção de água no produto. Tal comportamento pode ser observado nas amostras analisadas, ainda que pela análise de variância ANOVA não tenha havido diferença significativa entre as amostras. Foi possível observar que amostras de filé padrão, as quais apresentaram maior valor de pH, obtiveram maiores percentuais de CRA comparadas às amostras de filé desagregado. Tal comportamento pode ser observado no Gráfico 2.

**Gráfico 2** - Distribuição dos resultados de CRA para as amostras de filé padrão e amostras de filé desagregado



Fonte: Autoria própria (2020).

Confirmando o exposto por Santos (2013), as amostras com alteração de textura apresentaram valor médio de pH de 5,89, significativamente menor que o valor médio de 6,20 para o pH das amostras consideradas padrão, ou seja, filés que não apresentaram alteração de textura. O baixo valor de pH da carne é um indicador clássico de estresse antes do abate em muitas espécies, como suínos e aves, e em peixes isto também é observado, onde o baixo pH inicial *post-mortem* está associado com alto estresse *ante-mortem* Droval et al. (2012).

A cor é um dos mais importantes fatores que afeta a aceitabilidade do consumidor no momento da decisão da compra e satisfação dos produtos cárneos. Em 1976, a CIE recomendou o uso da escala de cor CIE  $L^*a^*b^*$ , ou CIELAB, a fim de fornecer relação uniforme entre as diferenças da cor e as diferenças visuais. Este método é representado por uma escala de cor, onde o valor de  $L^*$  é referente a luminosidade, possuindo uma escala de 0 (preto) a 100 (branco), o parâmetro  $a^*$  varia do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ) e a coordenada  $b^*$  do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ) (VIEIRA et al., 2010).

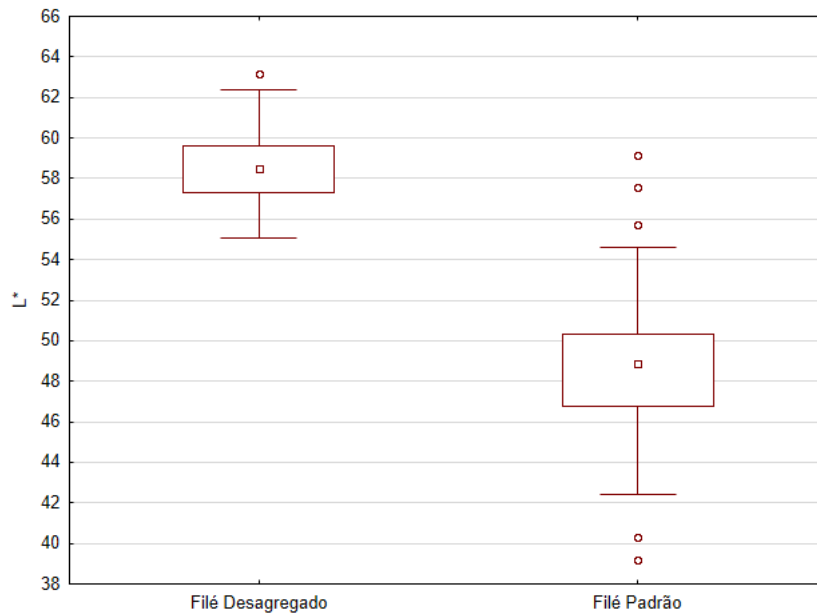
Os resultados podem então ser interpretados da seguinte forma: as amostras de filé desagregado apresentaram maior luminosidade e maior valor para as escalas de amarelo e vermelho, quando comparadas às amostras de filé padrão que



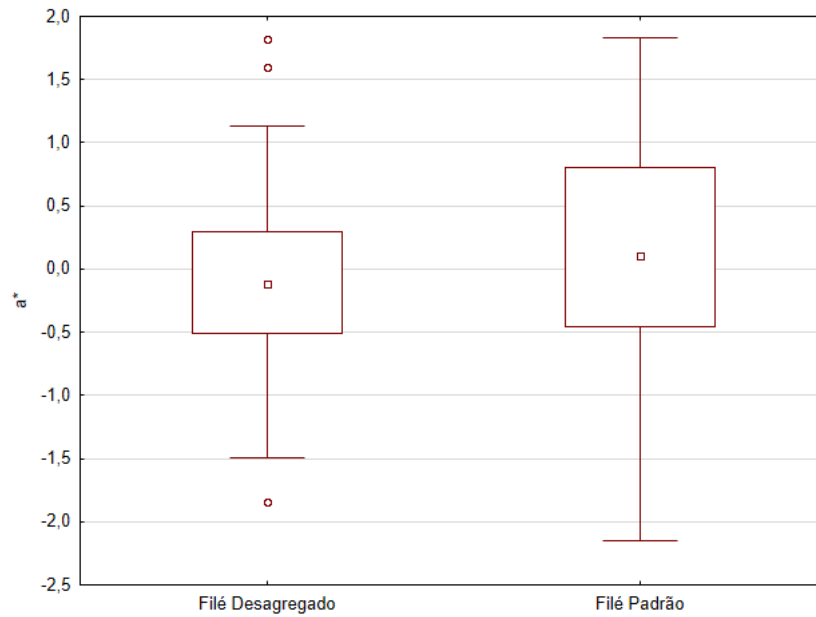
apresentaram, além de menor luminosidade, maior valor nas escalas de verde e azul. Estatisticamente, tal comportamento foi confirmado pela análise de variância ANOVA e teste de Tukey.

Os valores encontrados para o parâmetro  $L^*$  (luminosidade) no filé padrão, corroboram com resultados encontrados por Santos (2013), onde filés de tilápias submetidos a abate com insensibilização por hipotermia e eletronarcose, após 24 horas sob refrigeração, apresentaram valores de  $L^*$  entre 50 e 54. Os resultados podem ser observados nos Gráficos de 3 a 5.

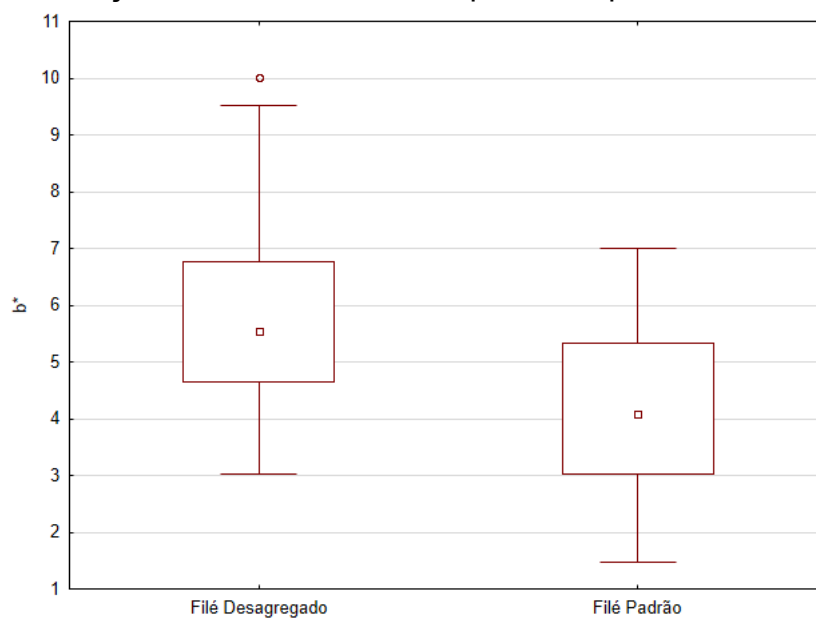
**Gráfico 3** - Distribuição dos resultados de  $L^*$  para filés padrão e filés desagregados



Fonte: Autoria própria (2020).

**Gráfico 4** - Distribuição dos resultados de  $a^*$  para filés padrão e filés desagregados

Fonte: Autoria própria (2020).

**Gráfico 5** - Distribuição dos resultados de  $b^*$  para filés padrão e filés desagregados

Fonte: Autoria própria (2020).

A palidez está associada com a desnaturação proteica causada pelo baixo pH e enquanto a temperatura da carcaça ainda se apresentava elevada. A cor observada na superfície das carnes é o resultado da absorção seletiva da

mioglobina, provocada pela distribuição da luz que emerge da carne (Muchenje et al., 2009; SHIMOKOMAKI et al., 2006).

Com os resultados obtidos, acredita-se que os filés desagregados evidenciados na linha de filetagem possuem característica de carnes PSE, uma vez que estes corroboram com o comportamento físico-químico encontrado por Droval et al (2012) em caracterização de carne de frango PSE. Os autores observaram que as amostras de filés de frango apresentaram menor pH e maior luminosidade quando comparadas com amostras padrões. Em um outro estudo realizado por Soares et al. (2003), também em filés de frango, valores de  $L^*$  maiores que 53,00 e pH menores que 5,8 foram considerados como PSE, e filés com valores de  $L^*$  entre 44,00 e 53,00 como normal.

#### 4.2 Avaliação da Incidência de PSE em Abate Realizado no Inverno versus Abate Realizado no Verão - Etapa 2

Os resultados expostos a seguir são referentes às amostras de filés caracterizadas como PSE e coletadas em linha de filetagem durante o inverno e durante o verão para comparação desta incidência entre as estações.

Os dados obtidos foram avaliados estaticamente pela análise de variância ANOVA e teste de Tukey com nível de significância de 5%. Nas amostras coletadas no verão e no inverno foi possível constatar que houve diferença significativa entre os tratamentos para todas as análises, conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Resultados das análises realizadas na segunda etapa do estudo

	pH	CRA (%)	$L^*$	Cor objetiva $a^*$	$b^*$
<b>Inverno (n = 40)</b>					
Filé Padrão (n = 20)	6,31 <sup>a</sup> ± 0,02	77,98 <sup>a</sup> ± 0,49	41,53 <sup>b</sup> ± 0,48	-3,20 <sup>b</sup> ± 0,12	0,80 <sup>b</sup> ± 0,26
Filé Desagregado (n = 20)	6,01 <sup>b</sup> ± 0,04	72,06 <sup>b</sup> ± 0,56	49,07 <sup>a</sup> ± 0,61	-1,89 <sup>a</sup> ± 0,17	5,08 <sup>a</sup> ± 0,22
<b>Verão (n = 40)</b>					
Filé Padrão (n = 20)	6,22 <sup>ac</sup> ± 0,03	74,96 <sup>c</sup> ± 0,77	53,17 <sup>cb</sup> ± 0,43	-1,46 <sup>bc</sup> ± 0,24	2,49 <sup>ac</sup> ± 0,23
Filé Desagregado (n = 20)	6,14 <sup>c</sup> ± 0,03	73,69 <sup>bc</sup> ± 0,55	57,54 <sup>d</sup> ± 0,65	-0,09 <sup>bc</sup> ± 0,25	5,87 <sup>bd</sup> ± 0,53

Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Com os resultados apresentados na Tabela 2 é possível observar que o pH da amostra de filé desagregado coletada no inverno diferiu significativamente das demais amostras apresentando o valor de pH mais baixo (6,01), bem como as amostras coletadas no verão não apresentaram diferença significativa em relação a

este parâmetro, resultados que corroboram com os observados por Soares (2003), em filés de peito de frango, que após 24 horas *post-mortem* apresentaram menor pH (5,95) que no verão (6,18).

Quanto ao CRA, se observa que apenas a amostra do filé padrão coletada no inverno apresentou diferença significativa das demais amostras, obtendo a melhor capacidade de retenção de água entre as amostras (77,98%). A menor CRA apresentada é referente à amostra de filé desagregado coletada no inverno, amostra esta que apresentou também menor pH.

Na análise de cor objetiva, conforme avaliação realizada na etapa 1, o parâmetro  $L^*$ , referente à luminosidade é o mais importante na caracterização de PSE. Na Tabela 2, pode-se observar que as amostras de filé desagregado diferiram das amostras de filé padrão em ambas as estações, apresentando menor luminosidade (49,07) para o inverno que para o verão (57,54), ao contrário do observado por Soares (2003) em filés de peito de frango, que após 24 horas *post-mortem* no inverno apresentaram luminosidade maior (50,97) que amostras coletadas 24 horas *post-mortem* no verão (49,37).

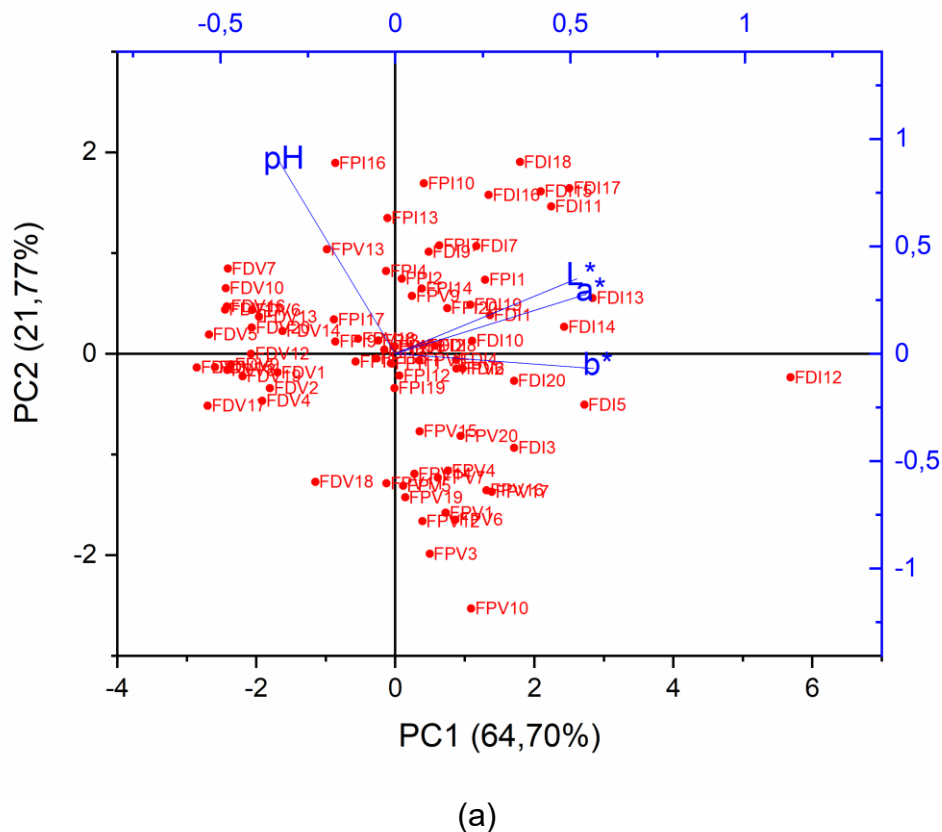
No intuito de avaliar os resultados apresentados pela Anova, realizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA), considerando agora as análises físico-químicas das amostras de filés de tilápia padrão e desagregado. Na Figura 9 (a), em que foram feitas observações para as amostras dos filés padrão e desagregado no verão e no inverno, a primeira (PC1) e a segunda (PC2) dimensões explicaram 86,37% do total de variação. A componente principal 1 (PC1) capturou 64,60% da variância, enquanto o componente principal 2 (PC2) 21,77%. Na Análise de Componentes Principais (PCA), as variáveis são representadas como vetores, que caracterizam as amostras relativas a eles. Quanto mais longo o vetor, maior a explicação da variabilidade entre amostras e os valores obtidos pela correlação de Pearson confirmam a relação entre os parâmetros observados na análise de componentes principais (Tabela 3 (a)), demonstrando relações entre algumas das variáveis estudadas. O pH (0,89216) apresentou uma correlação positiva inversa (encontra-se na PC2) em relação aos parâmetros de cor  $L^*$  (0,51970),  $a^*$  (0,54698) e  $b^*$  (0,56719), que por sua vez apresentaram uma boa importância entre si.

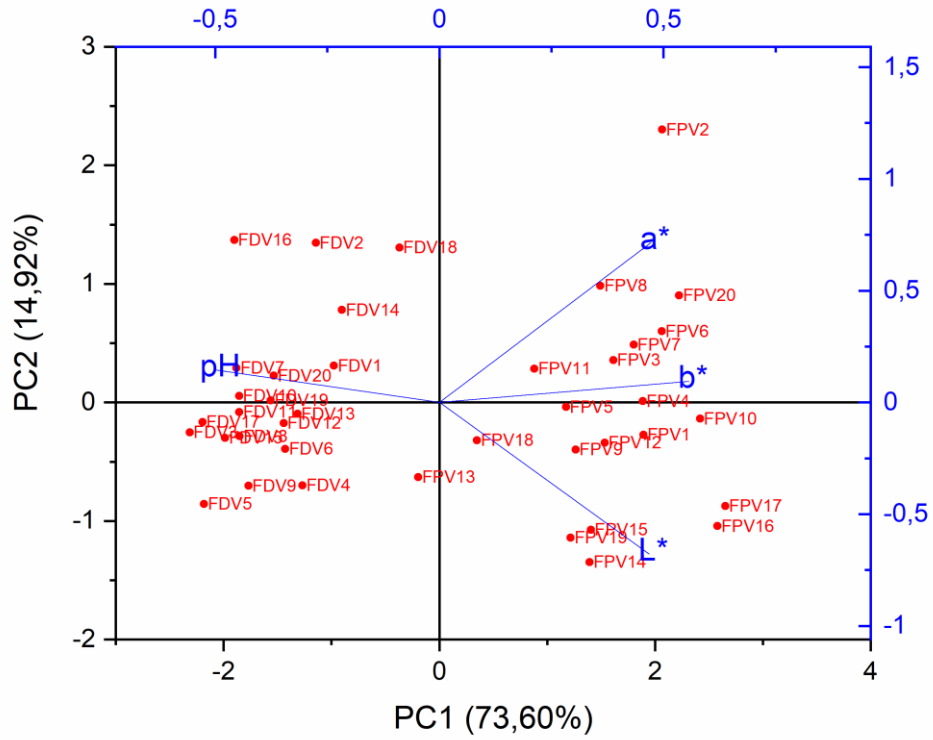
**Tabela 3** - Correlações (coeficientes de correlação de Pearson) entre os parâmetros físico-químicos e os dois primeiros componentes principais

Parâmetros	Principal Componente	
	PC1	PC2
	r	r
(a)		
pH	-0,33018	0,89216
L	0,51970	0,34905
a	0,54698	0,27832
b	0,56719	-0,06887
(b)		
pH	-0,49833	0,14499
L	0,46798	-0,67827
a	0,47220	0,71418
b	0,55650	0,09422
(c)		
pH	-0,20075	0,95579
L	0,54313	0,27110
a	0,53537	-0,03939
b	0,61488	0,10689

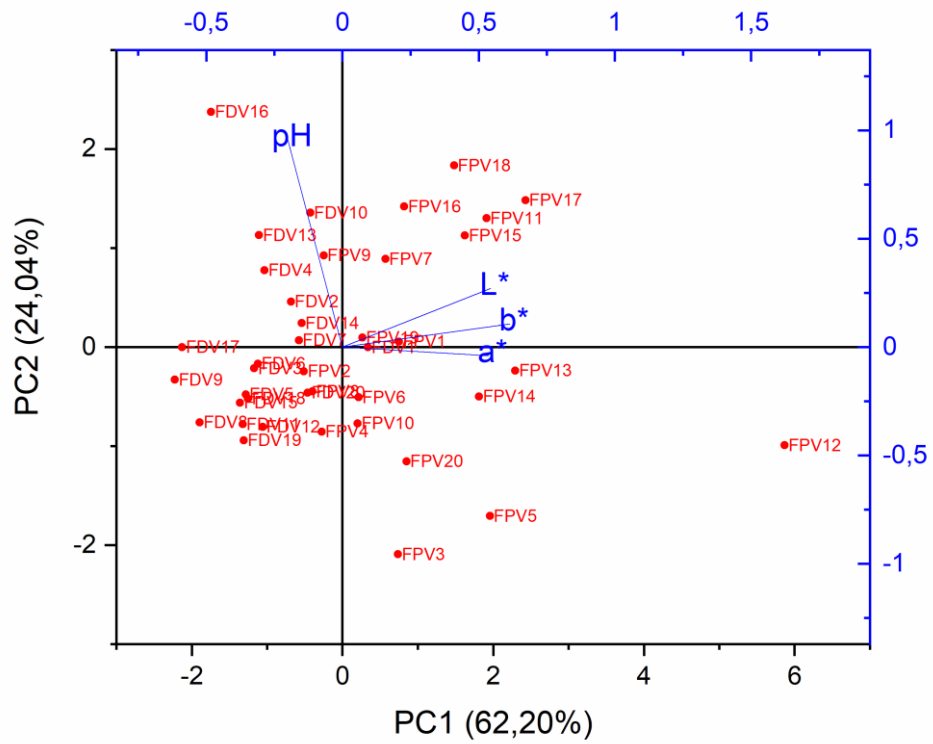
r = coeficiente de correlação de Pearson.

**Figura 9** - Análise de componentes principais (PCA) para a avaliação físico-química das amostras de filés de tilápia padrões e desagregados





(b)



(c)

Fonte: Autoria própria (2020).

Na Figura 9 (b), em que foram feitas observações no inverno, a primeira (PC1) e a segunda (PC2) dimensão explicaram 88,53% do total de variação. A componente principal 1 (PC1) capturou 73,60%, enquanto a componente principal 2 (PC2) 14,93%. A relação entre os parâmetros observados na análise de componentes principais (Tabela 3 (b)), demonstrou correlações entre as quatro variáveis estudadas no inverno. Os parâmetros de cor  $L^*$  (0,46789),  $a^*$  (0,47220) e  $b^*$  (0,55650) se relacionaram positivamente na primeira componente principal (PC1). O pH (-0,49833) apresentou uma correlação negativa (encontra-se na PC2) em relação aos parâmetros de cor, corroborando os resultados encontrados na análise conjunta de verão e inverno, ou seja, parâmetros de cor e pH são grandezas inversamente proporcionais ao se relacionar filés de tilápia, assim como em files de peito de frango, conforme observado por Soares et al. (2003) e Droval et al. (2012). Também é possível verificar uma maior incidência do parâmetro  $L^*$  em relação ao filé desagregado e um menor pH para o mesmo tipo de filé, enquanto há uma diminuição do parâmetro  $L^*$  em relação ao filé padrão e um maior pH para o mesmo filé padrão.

Para a Figura 9 (c), os dados são responsáveis pelos resultados das análises das amostras observadas no verão, tanto para os filés de tilápia padrão quanto desagregados. A primeira (PC1) e a segunda (PC2) dimensão explicaram 86,24% do total de variância. A componente principal 1 (PC1) capturou 62,20% da variância, enquanto a componente principal 2 (PC2) 24,04%. A relação entre os parâmetros observados na análise de componentes principais (Tabela 3 (c)), demonstram correlações entre as quatro variáveis estudadas no verão. O pH (0,95579) apresentou uma correlação positiva inversa (encontra-se na PC2) em relação aos parâmetros de cor  $L^*$  (0,54313),  $a^*$  (0,53537) e  $b^*$  (0,61488) relacionados positivamente na PC1. Também é possível verificar na Figura 9 (c) que, assim como na análise de inverno, o parâmetro  $L^*$  possui maior intensidade para as amostras de filés desagregados, enquanto o inverso acontece para os valores do pH. Nas amostras de filés padrão no verão, a luminosidade tem menor intensidade e o pH é relativamente maior em relação aos filés desagregados. Estes dados podem ser corroborados com as análises apresentadas pela Tabela 4.

Com isso é possível afirmar que as variáveis pH e  $L^*$  (parâmetro de cor mais importante para se analisar filés de tilápia) são grandezas inversamente

proporcionais, ou seja, à medida que se aumenta o valor de  $L^*$ , há uma diminuição no valor do pH, relação esta verificada tanto para as amostras obtidas no inverno quanto para as amostras obtidas no verão. Esta mesma correlação foi observada por Soares (2003) em filés de peito de frango 24 horas *post-mortem* provenientes de abates realizados no inverno e no verão.

Importante destacar que em ambas as análises o maior vetor ficou para a variável pH e houve uma correlação média entre as variáveis dos parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  tanto positivamente quanto negativamente. Quando duas variáveis estão perfeitamente correlacionadas positivamente ( $r = 1$ ), movem-se essencialmente em perfeita proporção na mesma direção, enquanto dois conjuntos que estão perfeitamente correlacionados negativamente movem-se em perfeita proporção em direções opostas.

Tais resultados confirmam as observações feitas na etapa 1 deste estudo, bem como corroboram com resultados apresentados por demais autores como Droval et al (2012), que identificaram que carnes de frango com características PSE apresentaram menor pH e maior luminosidade que as amostras com características normais, e Rebouças et al., (2017), que observaram em seu estudo de caracterização de filés de tilápias que a capacidade de retenção de água (CRA) é diretamente influenciada pelo pH do músculo, onde amostras com menor pH apresentaram menor CRA.

Embora os filés desagregados caracterizados na etapa 1 tenham apresentado valores de pH menor e luminosidade maior que os filés desagregados caracterizados na etapa 2, pela Tabela 4 se verifica que os filés desagregados encontrados nas diferentes estações do ano (inverno e verão), referem-se a filés com características PSE, uma vez que na caracterização de tais amostras estas apresentaram pH menor e luminosidade maior quando comparadas com as amostras padrão.



**Tabela 4** - Influência da estação do ano na caracterização do filé de tilápia do Nilo

	pH	CRA (%)	L*
<b>Filés Padrão</b>			
Caracterização Etapa 1 (n = 50)	6,20 <sup>cCD</sup> ± 0,02	76,70 <sup>abAB</sup> ± 0,71	48,80 <sup>aB</sup> ± 0,55
Filé Inverno (n = 20)	6,31 <sup>aA</sup> ± 0,02	77,98 <sup>aA</sup> ± 0,49	41,53 <sup>bD</sup> ± 0,48
Filé Verão (n = 20)	6,22 <sup>bAB</sup> ± 0,03	74,96 <sup>bBC</sup> ± 3,77	53,17 <sup>aB</sup> ± 0,43
<b>Filés Desagregados</b>			
Caracterização Etapa 1 (n = 50)	5,89 <sup>bD</sup> ± 0,03	75,32 <sup>aBC</sup> ± 0,88	58,49 <sup>aA</sup> ± 0,24
Filé Inverno (n = 20)	6,00 <sup>bD</sup> ± 0,04	72,06 <sup>bD</sup> ± 0,56	49,07 <sup>bC</sup> ± 0,61
Filé Verão (n = 20)	6,15 <sup>aBC</sup> ± 0,03	73,69 <sup>abCD</sup> ± 0,55	57,54 <sup>aA</sup> ± 0,65

\*Letras distintas minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância em 5% em relação às estações e à caracterização.

\*\*Letras distintas maiúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância em 5% em relação ao total de filés padrão e desagregado.

Observa-se ainda que as amostras de filés desagregados provenientes do abate no inverno apresentaram pH (6,00) menor em relação às amostras de filés desagregados provenientes de abate no verão (6,15). Porém, o parâmetro L\* das amostras de filés desagregados provenientes do verão (57,54) foi maior que o resultado encontrado para os filés coletados inverno (49,07). Desta forma, não se pode afirmar que a temperatura ambiente (estação no ano) possui uma influência direta da incidência de carnes com atributos PSE em tilápias, uma vez que ambas as estações apresentaram filés com esta característica.

El-Sayed (2019) afirma que a Tilápia do Nilo é uma espécie têm uma enorme capacidade de se aclimatar a diversas formas de criação e a resistência as alterações dos parâmetros ambientais, porém o estresse, principalmente o advindo do período *ante-mortem*, em contrapartida, Ferreira et al. (2018) afirmam que o estresse provocado pré-abate pode afetar o aspecto da pele, a composição química, o pH e as propriedades organolépticas do músculo .

### 4.3 Parâmetros Adequados para o Pré-abate

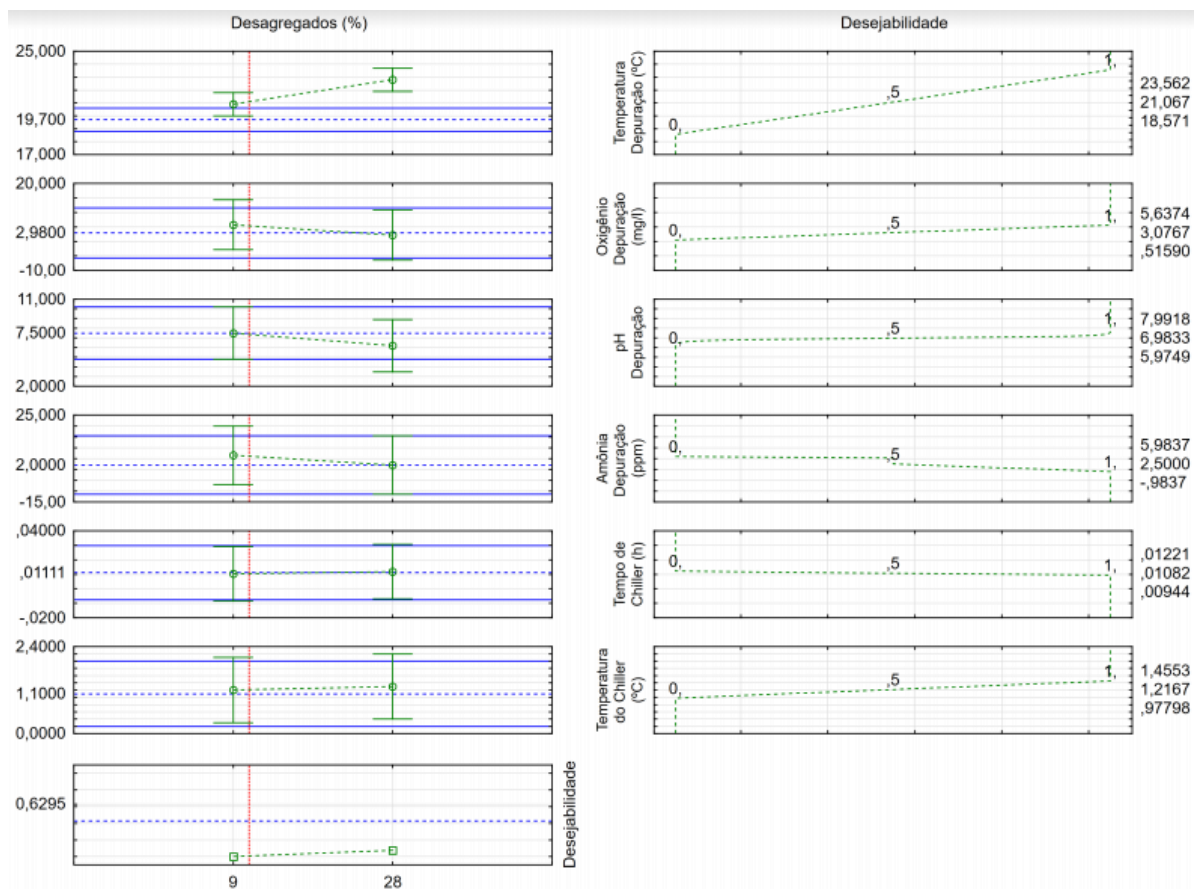
Os parâmetros obtidos na avaliação *in loco* estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5 - Parâmetros obtidos em avaliação *in loco***

Tanque	Hora de chegada	Quantidade de peixes	Coletas								
			Hora	Temperatura Depuração (°C)	Oxigênio Depuração (mg/L)	pH de Depuração	Amônia Depuração (ppm)	Tempo de Tanque de insensibilização (h)	Temperatura do Tanque de insensibilização (°C)	Desagregados (%)	
1	04:25	10.698	Início	12:00	21,80	1,78	7,20	3,50	00:15	1,10	18,00
			Fim	13:10	23,80	4,00	6,40	3,50	00:15	1,30	24,00
2	05:34	10.585	Início	13:30	21,90	0,91	7,00	3,50	00:15	1,50	15,00
			Fim	16:15	22,80	2,20	6,20	2,00	00:17	1,30	28,00
3	00:00	10.408	Início	10:12	20,90	5,80	7,50	6,50	00:15	1,20	9,00
			Fim	11:24	20,30	4,00	6,80	1,00	00:15	1,10	12,00
4	01:25	9.312	Início	11:55	19,70	2,98	7,50	2,00	00:16	1,10	10,00
			Fim	12:43	20,30	3,70	6,80	0,25	00:16	1,30	16,00
5	04:46	11.336	Início	13:24	20,20	2,00	7,20	3,50	00:15	1,10	11,00
			Fim	15:00	20,60	3,07	7,50	2,00	00:15	1,20	19,00
6	05:03	11.336	Início	15:16	20,10	2,96	7,50	2,00	00:18	1,20	11,00
			Fim	16:32	20,40	3,52	6,20	0,25	00:15	1,20	17,00

Avaliando-se agora a temperatura de depuração (°C), pH de depuração, amônia de depuração (ppm), tempo (h) e temperatura(°C) de insensibilização relativos à incidência de filés desagregados dos peixes nos seis tanques rede, observaram-se os parâmetros ótimos apresentados na Figura 10, os quais foram obtidos por meio da função deseabilidade considerando-se a admissibilidade de 10% de filés desagregados para o total dos peixes coletados nos tanques.

**Figura 10 - Parâmetros ótimos pré-abate do tanque rede**



Fonte: Autoria própria (2020).

Os dados apresentados na Figura 10, podem ser interpretados conforme Tabela abaixo.

**Tabela 6** - Parâmetros ótimos para operações pré-abate

	Temperatura de Depuração (°C)	Oxigênio de Depuração (mg/l)	pH de depuração	Amônia de depuração (mg/l)	Tempo de insensibilização (min)	Temperatura do Tanque de insensibilização (°C)
Ideal	21,067	3,0767	6,9833	2,5	15	1,2167
Máximo	23,562	5,6374	7,9918	5,9837	17	1,4553
Mínimo	18,571	0,51590	5,9749	0,9837	13	0,97798

Conforme se observa na Figura 10, a função apresenta como desejabilidade global uma combinação ótima de 63% entre as variáveis analisadas. Para que a empresa consiga atender esse padrão (10% de filés desagregados, linha pontilhada vermelha), a função define como parâmetros ideais de manejo temperatura de depuração de 21,067 °C (com mínimo de 18,571°C e máximo de 23,562°C), oxigênio de depuração de 3,0767 mg/L (com mínimo de 0,51590 e máximo de 5,6374 mg/L), pH de depuração de 6,9833 (com mínimo de 5,9749 e máximo de 7,9918), Amônia de depuração de 2,5 mg/L (com mínimo de 0,9837 e máximo de 5,9837 mg/L), Tempo de insensibilização de insensibilização de 15 minutos (com mínimo de 13 minutos e máximo de 17 minutos) e por fim temperatura de tanque de insensibilização de insensibilização de 1,2167°C (com mínimo de 0,97798°C e máximo de 1,4553°C).

Os resultados definidos pela função desejabilidade para o processo de depuração aproximam dos valores estabelecidos por Leira et al. (2017) para temperatura e pH, que definem temperatura ótima para manejo de peixes tropicais de 20 a 28°C, pH entre 6 e 9 (podendo ocorrer mortalidade abaixo de 4,5).

A temperatura da água é um dos fatores mais importantes nos fenômenos químicos e biológicos existentes em um viveiro. Todas as atividades fisiológicas dos peixes (respiração, digestão, reprodução, alimentação) estão intimamente ligadas à temperatura da água (LEIRA et al., 2017). O pH indica se a água é ácida ou básica, sendo o pH 7,0 considerado neutro, menor que 7,0 ácido e acima de 7,0 alcalino (básico). Para o cultivo da maioria dos peixes, o ideal é que o pH se mantenha entre 6,5 e 8,0 para que o ambiente seja mais confortável aos animais (SENAR, 2019).

Para os valores de oxigênio, os mesmos diferem de Freire et al. (2019), que afirma que a maioria dos peixes tropicais apresentam bom desenvolvimento em águas com valores de concentração de oxigênio dissolvido na água variando entre

3,7 a 5,1 mg/L. De acordo com Leira et al. (2017), a concentração do oxigênio na água varia com a sua temperatura e baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água podem causar atraso no crescimento, redução na eficiência alimentar dos peixes, aumento na incidência de doenças e na mortalidade dos peixes, resultando em sensível redução na produtividade dos sistemas de aquacultura. A temperatura é também um dos principais reguladores da concentração de amônia durante o manejo (FREIRE et al., 2019), estando os valores encontrados na função desejabilidade acima do determinado por Kubitza (2017), que afirma que para Tilápias valores de amônia entre 1,1 e 2,6 mg/L podem ser letais para a espécie. Por este motivo acredita-se que uma operação mais próxima do limite mínimo (0,9837) seria o ideal.

Por fim, para o processo de insensibilização em tanque de insensibilização, o valores determinados pela função desejabilidade corroboram com os resultados obtidos por Cottee e Petersan (2009), que afirmam que para uma insensibilização os peixes devem permanecer de 10 a 20 minutos em temperatura máxima de 1,0 °C.

## 5 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos foi possível verificar que os filés desagregados apresentaram pH menor que os filés que não apresentam tal anomalia, considerados filés padrão, bem como menor CRA e maior luminosidade, características comprovadas, em outras espécies para carnes PSE.

Embora os filés desagregados coletados em ambas as estações tenham apresentado comportamentos dos parâmetros físico-químicos similares às carnes PSE, não se pode afirmar que a temperatura ambiente (estação do ano) influencia diretamente na incidência da referida anomalia.

Sugere-se, portanto, que os filés desagregados, assim como carnes PSE, são provenientes de manejo pré-abate inadequado, resultando no estresse do animal.

Diante do exposto, foi definido uma função desejabilidade para que se reduza os índices de filés desagregados e que, de forma geral, corroborou com a literatura existente.

Entretanto, é importante ressaltar a importância da continuidade do presente estudo para melhores avaliações quanto à eficácia da função desenvolvida.

## REFERÊNCIAS

- ADAILSON, R. S. **Missão anatomia**. Disponível em: <http://missaoanatomia.blogspot.com/2015/04/bizu-de-anatomia.html>. Acesso em: 19 jul. 2020.
- ALVES, D. D.; TONISSI, R. H. DE; GOES, A. B. DE; MANCIO, A. B. MACIEZ DA CARNE BOVINA. **Produção Animal** 2, v. 6, p. 135-149, 2005.
- AMARAL, G. V. DO; FREITAS, D. DE G. C. Método do índice de qualidade na determinação do frescor de peixes. **Ciencia Rural**, v. 43, p. 2093-2100, 2013.
- BARROSO, R. M.; TENÓRIO, R. A.; WEBBER, M. X. P.; et al. **Gerenciamento genético da tilápia nos cultivos comerciais**. 1. ed. Palmas, TO, 2015.
- BASTOS, R. G.; FEDERIZZI, J.; DESCHAMPS, J. C.; CARDELLINO, R. A.; DELLAGOSTIN, O. A. Efeito do gene do estresse suíno sobre características de quantidade e qualidade de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 37-40, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Portaria nº 185**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 13 mai. 1997. Assunto: Regulamento técnico de identidade e qualidade de peixe fresco.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Instrução Normativa nº 21**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 31 mai. 2017. Assunto: Identidade e características do peixe congelado.
- CANDIOTI, L. V.; DE ZAN, M. M.; CÁMARA, M. S.; GOICOECHEA, H. C. Experimental design and multiple response optimization. Using the desirability function in analytical methods development. **Talanta**, v. 124, p. 123-128, 2014.
- CARNEIRO, C. DA S.; MÁRSICO, E. T.; RIBEIRO, R. DE O. R.; et al. Studies of the effect of sodium tripolyphosphate on frozen shrimp by physicochemical analytical methods and Low Field Nuclear Magnetic Resonance (LF 1H NMR). **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 401-407, 2013.
- COTTEE, S. Y.; PETERSAN, P. Animal welfare and organic aquaculture in open systems. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, v. 22, p. 437-461, 2009.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de los Alimentos de Fennema**. 5. ed. São Paulo: Artmed, 2018.
- DROVAL, A. A.; BINNECK, E.; MARIN, S. R. R.; et al. A new single nucleotide polymorphism in the ryanodine gene of chicken skeletal muscle. **Genetics and Molecular Research**, v. 11, 2012.
- DUARTE, F. O. S. **Caracterização da carne da tilápia do Nilo (Oreochromis**

**niloticus)** submetida à dietas suplementadas com óleo de peixe. 2017. 195 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture**. 2. ed. Alexandria: Elsevier, 2019.

EMBRAPA. **Produção de tilápia no Brasil cresce 223% em dez anos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21621836/producao-de-tilapia-no-brasil-cresce-223-em-dez-anos>. Acesso em 25 ago. 2020.

FARIAS, A. C. DA S.; FARIAS, R. B. A. Desempenho comparativo entre países exportadores de pescado no comércio internacional: Brasil eficiente? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, p. 451-466, 2018.

FERREIRA, A. T. Fisiologia da Contração Muscular. **Revista Neurociências**, v. 13, p. 60-62, 2019.

FERREIRA, N. DE A.; ARAÚJO, R. V. DE; CAMPOS, E. C. Boas práticas no pré-abate e abate de pescado. **Pubvet**, v. 12, n. 7, p.1-14, 2018.

FREIRE, M. V. DE C.; SALES JÚNIOR, R. DE A.; COSTA, M. G. A.; FERREIRA, R. L. Transporte de organismos aquáticos: procedimento fundamental para desenvolvimento da aquicultura. **Pubvet**, v. 13, n. 10, p.1-10, 2019.

GADHE, A.; SONAWANE, S. S.; VARMA, M. N. Optimization of conditions for hydrogen production from complex dairy wastewater by anaerobic sludge using desirability function approach. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, p. 6607-6617, 2013.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado**: ciência, tecnologia, inovação e legislação. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2011.

KUBITZA, F. A água na aquicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 27, p. 116, 2017. LEIRA, M. H.; CUNHA, L. T. DA; BRAZ, M. S.; et al. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, v. 11, p. 11-17, 2017.

LOPES, J. C. O. **Técnico em agropecuária**: piscicultura. São Paulo: Unica Editora Floriano, 2012.

MAGANHINI, M. B.; MARIANO, B.; SOARES, A. L.; et al. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. Versão on Line, 2007.

MOREIRA, C. Tecido muscular. **Revista de Ciência Elementar**, v. 3, p. Versão on Line, 2015.

MOUTINHO, W. T. **Como ossos e músculos se unem?** Disponível em: <https://www.coladaweb.com/biologia/corpo-humano/sistema-muscular>. Acesso em: 25 ago. 2020.



- MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, v. 112, p. 279-289, 2009.
- OLIVEIRA, P. R. DE; JESUS, R. S. DE; BATISTA, G. M.; LESSI, E. Avaliação sensorial, físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) durante estocagem em gelo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 67-74, 2014.
- OLIVO, R.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food Biochemistry**, v. 25, p. 271-283, 2001.
- PEIXE BR. Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2020. **Anuário 2020 Peixe BR**, p. 1-136, 2020. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- REBOUÇAS, L.; FIGUEIREDO, J. P. DO V.; MESQUITA, A. C. N.; et al. Qualidade física e sensorial da tilápia. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, p. 116-121, 2017.
- REBOUÇAS, L. O. S.; FIGUEIREDO, J. P. V.; MESQUITA, A. C. N.; et al. Qualidade física e sensorial da tilápia (*oreochromis niloticus*) cultivada em ambiente de água doce e salgada. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 2, p. 116, 2017.
- RODRIGUES, T. P.; SILVA, T. J. P. DA. Caracterização do processo de rigor mortis em músculos de eqüinos e maciez da carne de animais abatidos no Brasil. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v. 1, n. 1, p. 1-20, 2016.
- SANTOS, E. **Métodos de abate e qualidade da tilápia do Nilo**. 2013. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2013.
- SENAR. **Piscicultura**: criação de tilápias em viveiros escavados. Coleção Senar. Brasília, 2018a.
- SENAR. **Piscicultura**: criação de tilápias em tanques-rede. Coleção Senar. Brasília, 2018b.
- SENAR. **Piscicultura**: manejo da água. Coleção Senar. Brasília, 2019.
- SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. G. DE M. **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes**. São Paulo: Editora Varela, 2006.
- SILVA, G. F. DA; MACIEL, LIDIANE MARCONDES; DALMASS, M. V.; GONÇALVES, M. T. **Tilápia do Nilo**: criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná Curitiba: Gia, 2015.
- SOARES, A. L. **PSE (Pale, Soft, Exsudative) em frangos: implementação de parâmetros de cor e avaliação bioquímica e estrutural do filé (Pectoralis major)**. 75 f, 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade

Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

SOARES, A. L.; LARA, J. A. F. DE; IDA, E. I.; et al. **Influência de práticas de manejo pré-abate na cor da carne de frango em uma planta comercial**. Livro de Resumos da Reunião Anual do IFT de 2003. Chicago: IFT, 2003.

SORAS, R. **O músculo e suas estruturas**. Disponível em: <https://www.iespe.com.br/blog/o-musculo-e-suas-estruturas/>. Acesso em: 25 mar. 2020.

SOUZA, R. R. DE; OLIVEIRA, R. P. DE; RODRIGUES, R. D.; RODRIGUES, G. M.; NASCIMENTO, F. G. D. O. Carne Suína PSE e sua correlação com a qualidade: uma revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 20, p. 1-17, 2013.

SUÁREZ-MAHECHA, H.; BEIRÃO, L. H.; FRANCISCO, A.; NAKAGHI, L. S. O.; PARDO-CARRASCO, S. C. Efeito do resfriamento sobre a textura post-mortem da carne do peixe matrinxã *Brycon cephalus*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. Versão on line, 2007.

VIEIRA, T. R. DE L.; CUNHA, M. DAS G. G.; GARRUTTI, D. DOS S.; et al. Propriedades físicas e sensoriais da carne de cordeiros Santa Inês terminados em dietas com diferentes níveis de caroço de algodão integral (*Gossypium hirsutum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 372-377, 2010.

WANG, J.; WAN, W. Application of desirability function based on neural network for optimizing biohydrogen production process. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 34, p. 1253-1289, 2009.