



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, NATURAIS, SOCIAIS E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

**LEUDIANE DOS SANTOS PINHEIRO**

**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA  
AVALIADOS NA TAMBATINGA (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*)  
SUBMETIDA A DOIS MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO**

Pinheiro

2022

Centro de Ciências, Humanas, Naturais, Saúde e Tecnologia – CCHNST  
Estrada de Pacas, KM 10, Bairro Enseada - Pinheiro - MA - CEP: 65200-000  
Fones: (98) 3272-9743  
E-mail: eng.pesca@ufma.br

**LEUDIANE DOS SANTOS PINHEIRO**

**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA  
AVALIADOS NA TAMBATINGA (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*)  
SUBMETIDA A DOIS MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Humanas, Naturais, Saúde e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Adriana Cristina Bordignon

Pinheiro

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Pinheiro, Leudiane dos Santos.

PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA  
AVALIADOS NA TAMBATINGA *Colossoma macropomum* x *Piaractus  
brachypomus* SUBMETIDA A DOIS MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO /  
Leudiane dos Santos Pinheiro. - 2022.

27 f.

Orientador(a): Adriana Cristina Bordignon.

Curso de Engenharia da Pesca, Universidade Federal do  
Maranhão, Pinheiro, 2022.

1. Abate. 2. PH muscular. 3. Rigor mortis. I.  
Bordignon, Adriana Cristina. II. Título.

**LEUDIANE DOS SANTOS PINHEIRO**

**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA  
AVALIADOS NA TAMBATINGA (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*)  
SUBMETIDA A DOIS MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Humanas, Naturais, Saúde e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Aprovado em 21 /07/2022

BANCA EXAMINADORA



---

**Prof.<sup>a</sup> Dr. Adriana Cristina Bordignon** (Orientador)  
Doutora em Aquicultura  
UFMA



---

**Prof. Dr. Getulio Rincon Filho**  
Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia)  
UFMA



---

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Norma Suely Evangelista-Barreto**  
Doutora em Ciências Biológicas  
UFRB

*Dedico esse trabalho aos meus queridos pais:  
José Ribamar Pinheiro e Maria Raimunda dos Santos*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado força e determinação para finalizar este estudo. Aos meus queridos pais, José Ribamar e Maria Raimunda, pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos de minha vida. Obrigado pela educação, dedicação, investimento e confiança. As minhas irmãs, irmãos e demais familiares agradeço pelo afeto, carinho, orações e cada palavra de incentivo, minha eterna gratidão.

Aos meus amigos da turma 2016.2, pelo companheirismo e motivação, em especial a Gessy Conde e as minhas amigas Gleyciane Pereira, Nathalia Lobato, Nathalia Sarges e Luana Margalho, que compartilharam essa longa jornada de conhecimento, determinação, nervosismo e ansiedade.

À minha querida orientadora Doutora Adriana Cristina Bordignon, por ser um exemplo de profissional, por sempre acreditar no meu potencial, pela sua disponibilidade, instruções, paciência, respeito e dedicação nas orientações.

Ao professor Christian Flaker por toda ajuda durante a realização do experimento e pelas análises estatísticas.

Aos meus amigos, Elizabethy Almeida, Franklin Monteiro, Jeferson Soares e Marco Antonio e Isa Penha, pelos conselhos e por estarem comigo nesta caminhada.

A todos integrantes do laboratório de tecnologia e processamento do pescado (LATEPPE). Finalmente, não menos importante, agradeço a FAPEMA e a COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS, que possibilitaram a realização desta pesquisa.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o índice de rigor mortis, pH muscular e a investigação microbiológica na tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*)(*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) submetida a dois métodos de insensibilização. Foram utilizados 12 peixes vivos, acondicionados em caixa d'água com capacidade de 500L, com oxigenação constante e renovação parcial de água, foram monitorados os parâmetros de pH, oxigênio dissolvido e amônia. Os peixes mantidos em jejum foram submetidos a dois métodos de insensibilização, percussão craniana (PC) e secção da medula (SM), e submetidos à sangria. Na sequência foram pesados, medidos e identificados com alfinetes, e foram aferidos os parâmetros de índice de rigor mortis e pH muscular (dorsal e caudal) em função dos dois tratamentos de insensibilização, ao longo do tempo de estocagem (0h, 3h, 6h, 24h, 48h, 72h, 144h, 216h, 288h, 360h, 480h e 600h). Foi realizada análise de variância (ANOVA) desses parâmetros em função dos tratamentos e do tempo de estocagem. Houve a investigação de bactérias mesófilas e psicrótróficas, em 25g de amostra nos tempos amostrais (0h, 24h, 48h, 72h, 144h, 216h, 288h, 360h, 480h e 600h). Os peixes apresentaram peso médio  $1.381 \pm 436,30\text{g}$  e comprimento total  $41,63 \pm 3,87\text{ cm}$ . Os parâmetros de qualidade de água apontaram que o oxigênio dissolvido estava em 7,0 mg/l, a amônia variou de 2,25 a 3 mg/l e o pH entre 6,0 e 7,0. Para o índice de rigor mortis houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dois métodos, em SM os peixes entraram no estado de rigor mortis pleno, após 6h enquanto no PC ocorreu às 9h de estocagem, esse estado manteve-se até 24h para ambos os tratamentos. No pH dorsal não houve diferenças significativas entre os tratamentos, apresentando média de  $7,30 \pm 0,10$ , o pH caudal apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e ao longo do tempo, apresentando valores de  $7,24 \pm 0,15$  e  $6,97 \pm 0,13$ , para PC e SM, respectivamente. Após 24h os valores de pH muscular apresentaram valores inferiores a 6,6 para ambos os tratamentos, esse comportamento ocorreu de forma simultânea com a instalação do rigor mortis pleno. As contagens bacteriológicas encontradas estavam dentro dos limites máximos de  $10^6$  de UFC/g estabelecidos para peixes crus e frescos. Dessa forma, ambos os métodos de insensibilização foram satisfatórios e garantiram a insensibilização instantânea nos peixes, retardando desse modo a entrada precoce no estado de rigor mortis pleno.

Palavras-chave: Rigor mortis. pH muscular. Abate

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the rigor mortis index, muscle pH and microbiological investigation in tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) submitted to two stunning methods. Twelve live fish were used, conditioned in a water tank with a capacity of 500L, with constant oxygenation and partial water renewal, the parameters of pH, dissolved oxygen and ammonia were monitored. The fasted fish were submitted to two stunning methods, cranial percussion (PC) and spinal cord section (SM), and submitted to bleeding. After death, the fish were weighed, measured and identified with pins. The parameters of rigor mortis and muscle pH (dorsal and caudal) were evaluated as a function of the two stunning treatments, along the storage time (0h, 3h, 6h, 24h, 48h, 72h, 144h, 216h, 288h, 360h, 480h and 600h). Analysis of variance (ANOVA) of these parameters was performed as a function of treatments and storage time. Mesophilic and psychrotrophic bacteria were investigated in 25g of sample at sampling times (0h, 24h, 48h, 72h, 144h, 216h, 288h, 360h, 480h and 600h). The fish had an average weight of  $1.381 \pm 436.30\text{g}$  and a total length of  $41.63 \pm 3.87$  cm. For the rigor mortis index there were significant differences ( $p < 0.05$ ) between the two methods, in SM the fish entered the state of full rigor mortis after 6h while in the PC it occurred at 9h of storage, this state was maintained until 24h for both treatments. In the dorsal pH there were no significant differences between treatments, with an average of  $7.30 \pm 0.10$ ; the caudal pH showed significant differences between treatments and over time, presenting values of  $7.24 \pm 0.15$  and  $6.97 \pm 0.13$ , for PC and SM, respectively. After 24h, muscle pH values were lower than 6.6 for both treatments, this behavior occurred simultaneously with the installation of full rigor mortis. The bacteriological counts found were within the maximum limits of 10<sup>6</sup> CFU/g established for raw and fresh fish. Thus, both stunning methods were satisfactory and ensured instant stunning in fish, thereby delaying early entry into the state of full rigor mortis.

Keywords: Rigor mortis. Muscle pH. Slaughter

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	10
<b>ABSTRACT</b>	10
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	11
<b>2 OBJETIVO GERAL</b>	12
<b>2.1 Objetivos específicos</b>	13
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	13
<b>3.1 Local do estudo</b>	13
<b>3.2 Métodos de insensibilização</b>	13
<b>3.3 Procedimento experimental</b>	13
<b>3.4 Índice de rigor mortis</b>	14
<b>3.4 pH e temperatura muscular</b>	14
<b>3.5 Análise microbiológica</b>	14
<b>3.6 Análise estatística</b>	15
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	15
<b>4.1 Qualidade de água</b>	15
<b>4.2 Índice de rigor mortis</b>	15
<b>4.3 pH dorsal e caudal</b>	17
<b>4.4 Temperatura dorsal e caudal</b>	19
<b>4.5 Análises Microbiológicas</b>	20
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	21
<b>6 AGRADECIMENTOS</b>	22
<b>7 REFERÊNCIAS</b>	22

**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA  
AVALIADOS NA TAMBATINGA (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*)  
SUBMETIDA A DOIS MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO**

Leudiane dos Santos Pinheiro  
Adriana Cristina Bordignon<sup>1</sup>

**RESUMO**

Esse estudo avaliou o índice de rigor mortis, pH e microbiologia na musculatura de tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*). Os peixes foram submetidos a dois métodos de insensibilização, percussão craniana (PC) e secção da medula (SM) em 6 peixes cada tratamento, na sequência submetidos à sangria. Após abate, foram pesados, medidos e identificados. Foram avaliados os parâmetros índice de rigor mortis e pH muscular (dorsal e caudal) em função dos dois tratamentos de insensibilização, ao longo do tempo de estocagem (0h, 3h, 6h, 24h, 48h, 72h, 144h, 216h, 288h, 360h, 480h e 600h); houve também a investigação de bactérias aeróbias mesófilas e psicrotróficas. Os peixes apresentaram peso de  $1.381 \pm 436,30$ g e comprimento de  $41,63 \pm 3,87$  cm. Os exemplares de SM entraram no estado de rigor mortis pleno após 6h de estocagem, enquanto no PC ocorreu às 9h, mantendo-se o rigor até 24h para ambos os tratamentos. O valor de pH muscular no momento do abate apresentou média de  $7,30 \pm 0,10$  para ambos os tratamentos na região dorsal. O pH caudal apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e ao longo do tempo, apresentando valores de  $7,24 \pm 0,15$  e  $6,97 \pm 0,13$ , para PC e SM, respectivamente. Após 24h os valores de pH muscular apresentaram os menores valores, sendo inferior a 6,6 para ambos os tratamentos, esse comportamento ocorreu de forma simultânea com a instalação do rigor mortis pleno nos peixes. As contagens bacteriológicas encontradas estavam dentro dos limites máximos de  $10^6$  de UFC/g estabelecidos para peixes crus e frescos.

Palavras-chave: Rigor mortis. pH muscular. Abate

---

<sup>1</sup>Autor correspondência

## 1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é a atividade que destina-se a cultivar organismos aquáticos, em qualquer estágio de seu desenvolvimento e em ambientes confinados controlados. Os principais organismos cultivados mundialmente são os peixes, moluscos, crustáceos e algas. Em 2018, foi registrada a produção aquícola mundial de 114,5 milhões de toneladas de pescado. No Brasil, a aquicultura apresentou um crescimento significativo nos últimos anos, passando de 691.700 toneladas em 2017 para 772.560 toneladas de peixes em 2018 (FAO, 2020).

Dentre as espécies mais promissoras para a aquicultura em ambientes tropicais, temos o peixe popularmente conhecido no Brasil como tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) resultado do cruzamento induzido entre a fêmea do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o macho da pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), esse peixe híbrido apresentou um crescimento de 43,4 mil toneladas no ano de 2020 (IBGE, 2021). A tambatinga apresenta superioridade em relação às suas espécies parentais quanto à produtividade, pois apresenta crescimento rápido, rusticidade, tolerância às variações de temperatura e níveis de oxigênio (SILVA, 2016).

Nos últimos anos, houve um aumento no número de estudos e pesquisas na área da qualidade e do processamento de alimentos, com intuito de melhorar e prolongar a vida de prateleira do produto final, levando em consideração o abate, e seus parâmetros físicos, químicos e microbiológicos (FERREIRA; ARAÚJO; CAMPOS, 2018). Entretanto, quando falamos em qualidade do pescado, o principal fator relacionado é o grau de frescor, devido às suas características da composição centesimal de fatores intrínsecos e extrínsecos da musculatura, que favorecem a rápida deterioração (SOARES e GONÇALVES, 2012). O pescado é um dos alimentos mais susceptíveis ao processo de deterioração devido ao pH próximo à neutralidade, elevada atividade de água nos tecidos, elevado teor de nutrientes facilmente utilizáveis por microrganismos, aos teores de lipídios insaturados e à rápida ação destrutiva das enzimas presente nos tecidos (BRASIL, 2017).

Sendo assim, uma das etapas de produção mais críticas ao término do cultivo são as etapas de pré-abate, que consistem na despesca, no transporte e nos métodos que serão aplicados para insensibilizar os peixes (RIBAS et al., 2007). A insensibilização é uma técnica importante para garantir o bem-estar dos peixes antes da morte, uma vez que, reduzindo o tempo das etapas de pré-abate também é possível minimizar o sofrimento, o medo e a dor dos animais no momento de sua morte. Esses agentes estressores são capazes de gerar reações químicas e acelerar o estado do rigor mortis, podendo haver uma diminuição da vida de prateleira do produto final (PEDRAZZANI et al., 2007).

Dentre os métodos de insensibilização utilizados pela indústria ou em feiras livres, encontramos a secção de medula e a percussão craniana. A secção de medula é apontada como método que ocasiona maior insensibilidade à dor no peixe (PEDRAZZANI et al., 2007), esse método é realizado com o intuito de atingir a medula espinhal através da introdução de uma faca afiada no opérculo do peixe. A insensibilização por percussão craniana é aplicada na região do crânio do animal, com o auxílio de uma pistola captiva que pode perfurar o crânio ou não, em feiras livres esse método é executado com o auxílio de um bastão de madeira ou martelo. Esse método, quando bem executado, interrompe permanente os processos neurais ocasionando a insensibilização imediata no peixe (ANIL, 1991). Outros métodos de insensibilização como a asfixia no ar e choque térmico são considerados métodos não humanitários, pois não garantem a insensibilização do animal de forma imediata e ainda

interferem negativamente na qualidade do produto final durante o armazenamento (LAMBOOIJ et al., 2006; WILLS et al., 2006).

Logo após a morte, o primeiro estágio de alteração que ocorre é a passagem do estado de pré-rigor mortis para o estado de rigor mortis pleno ou rigidez cadavérica, que é uma complexa modificação bioquímica que ocorre no músculo do animal, sua velocidade é influenciada, pelas reservas de ATP e glicogênio no momento da morte (PONS-SÁNCHEZ-CASCADO et al., 2006). O tempo de instalação do rigor mortis pleno e a sua duração é muito importante, quanto maior o tempo de prolongamento, melhor será a preservação das características organolépticas e de conservação do músculo, havendo um retardo para iniciar o processo de autólise e decomposição bacteriana (MENDES, 2015).

Dentre os parâmetros utilizados para aferir a qualidade da carne, o pH tem sido apontado como um dos mais importantes (CHOMNAWANG et al., 2007). De acordo com a legislação brasileira o pH da carne do pescado fresco deve ser inferior a 7,00 (BRASIL, 2017). O pH tem a finalidade de indicar a acidez ou alcalinidade ou neutralidade do músculo do pescado. Todavia, não é contundente como único parâmetro para avaliação do grau de frescor do pescado, também são necessárias realizar outras análises químicas e microbiológicas para haver maior segurança nos resultados. O pH pode ser alterado, sem que o pescado tenha perdido sua qualidade, vai depender de etapas que antecedem sua morte, como etapas de captura, transporte, processamento, congelamento e armazenamento, uma vez que no estágio de pós morte inúmeras reações químicas e bioquímicas acontecem (GONÇALVES, 2017).

Para avaliar o grau de deterioração e o estado de higiene no pescado, é possível investigar alguns grupos de bactérias que dão um indicativo da microbiota natural, ou de microrganismos que são introduzidos pela contaminação cruzada, ocorrida durante o transporte ou manuseio inadequado. Dentre elas, as bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicrotróficas são importantes pois indicam o estágio de deterioração muscular e o seu tempo de vida útil, bem como sua validade comercial, conforme seu crescimento (SOARES et al., 2011). Independentemente da origem, as bactérias *Pseudomonas* spp. e *Shewanella putrefaciens* são os principais contaminantes do pescado fresco, e a *Shewanella putrefaciens*, apresenta alta capacidade de produzir H<sub>2</sub>S associado ao odor de peixe podre (GRAM e HUSS, 1996). A microbiota deteriorante responsável pela degradação do pescado armazenado em condições de aerobiose e de temperaturas de refrigeração, encontram-se os microrganismos psicrotróficos (FERREIRA-CANAS et al., 2010). A entrada bacteriana inicia-se pela região branquial, por ser uma área com bastante vasculatura e de fácil acesso, começa a exibir um cheiro desagradável. Posteriormente, instala-se na parede e cavidade abdominal do peixe, devido à ação de enzimas e microrganismos naturalmente presentes na microbiota intestinal e por fim, instalam-se na região abdominal (SOARES e GONÇALVES, 2012).

## 2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o índice de rigor mortis, pH muscular e microrganismos na musculatura da tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) submetidas a diferentes métodos de insensibilização, por percussão craniana e secção da medula refrigerada e estocada por 25 dias.

## 2.1 Objetivos específicos

Avaliar o índice de rigor mortis, o pH e a temperatura na carne da tambatinga (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*);

Realizar análises microbiológicas na musculatura da tambatinga (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*) em diferentes tempos amostrais durante a estocagem.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Maranhão, sob protocolo registrado pelo CIAEP: 02.0341.2019.

### 3.1 Local do estudo

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia e Processamento do Pescado- LATEPPE e no Laboratório de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal do Maranhão - UFMA/Campus Pinheiro. Foram utilizados 12 exemplares com peso médio de  $1.382 \pm 436,30$  g e comprimento total de  $41,30,87 \pm 3,87$  cm. A espécie escolhida foi o híbrido tambatinga (*C. macropomum x P. brachypomus*), adquirido de uma piscicultura na região da Baixada Maranhense. Os peixes foram transportados vivos até o Laboratório de Pesca e Aquicultura e mantidos em caixa d'água com capacidade de 500L, com oxigenação constante realizado com bombas (AQUARIUM: 2800L/H) e renovação de água a cada 4h, mantidos sob jejum por 24h antes dos testes. Os parâmetros de qualidade da água (pH, oxigênio dissolvido e amônia) foram monitorados com um kit colorimétrico (Alfa kit).

### 3.2 Métodos de insensibilização

Dois métodos de insensibilização foram testados, utilizando-se 6 peixes para cada tratamento:

- I. Secção da medula: foi realizada com auxílio de uma faca até chegar na região da medula espinhal para realizar o corte, promovendo a insensibilização imediata.
- II. Percussão craniana: realizado por meio de um golpe na região do crânio com o uso de martelo.

Após a aplicação dos métodos de insensibilização foi observado nos peixes a ausência dos reflexos, como a rotação dos olhos ao longo do eixo longitudinal e ausência do movimento opercular (ANIL, 1991), também realizou-se a picada, com o auxílio de um alfinete ao longo da linha lateral do peixe, no sentido da cauda para a cabeça. Após a constatação da ausência desses reflexos, os peixes foram submetidos ao abate por exsanguinação opercular, com o corte da artéria na região das brânquias, para causar sangria e atender aos preceitos de ética e bem-estar.

### 3.3 Procedimento experimental

Após a morte, todos os peixes foram medidos com o auxílio de um ictiômetro, pesados em balança digital e identificados com etiquetas e submetidos à aferição do índice de rigor mortis, pH e temperatura muscular no tempo 0h. Em seguida todos os peixes foram acondicionados em caixas isotérmicas de 120 L, com camadas alternadas de gelo e peixe durante 25 dias.

### 3.4 Índice de rigor mortis

O índice de rigor mortis foi aferido em cada ponto amostral imediatamente após a morte dos peixes, utilizando 6 exemplares de cada tratamento, nos tempos amostrais (0h, 3h, 6h, 24h, 48h, 72h, 144h, 216h, 288h, 360h, 480h, 600h). O índice de rigor mortis foi determinado de acordo com metodologia de Bito et al., (1983) e calculado com a fórmula:

$$IR\% = \frac{(D-D_0)}{D_0} * 100$$

Onde:

$D_0$  = Distância inicial da nadadeira caudal a partir de uma linha horizontal da mesa, medida imediatamente após a morte.

$D$  = Distância inicial da nadadeira caudal a partir de uma linha horizontal da mesa, medida em determinado tempo após a determinação de  $D_0$ .

### 3.4 pH e temperatura muscular

A medição do pH e temperatura muscular foram aferidas em um lado do peixe com a inserção do eletrodo em dois pontos na região dorsal e dois pontos na região caudal, o pH foi medido com um peagâmetro portátil HANNA (MODELO HI 91039) e a temperatura foi aferida com um termômetro tipo espeto (Taylon). As medições foram realizadas nos seguintes tempos amostrais: (0h, 3h, 6h, 24h, 48h, 72h, 144h, 216h, 288h, 360h, 480h, 600h).

### 3.5 Análise microbiológica

As análises microbiológicas para investigação de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicrotróficas, seguiram as recomendações descritas na Instrução Normativa nº 30 de 26 de junho de 2018 do MAPA (BRASIL, 2018), onde foram retirados assepticamente 25g de músculo da região antero-dorsal de três peixes de cada tratamento, foram homogeneizados em MULT MIXER (M07), 500W de aço inox, higienizado. Na sequência, às 25g de amostra foram colocados em 225 mL de água peptonada esterilizada, e foram preparadas as diluições seriadas  $10^{-1}$   $10^{-2}$   $10^{-3}$   $10^{-4}$ .

A técnica utilizada para o plaqueamento das bactérias mesófilas foi "pour-plate", (plaqueamento em profundidade) onde de cada diluição seriada foi retirada uma alíquota de 1 mL e inoculada em placas de petri esterilizada, adicionando 10 mL de ágar padrão para contagem (PCA), foram realizadas movimentos para homogeneizar o inóculo com o ágar. As placas foram incubadas invertidas em estufa bacteriológica digital (MODELO SSB-13 L) a 37°C por 48 horas. A quantificação de bactérias psicrotróficas foi realizada pela contagem padrão em placas utilizando a técnica de semeadura em meio sólido "spread-plate"

(plaqueamento em superfície), foi adicionado na superfície do ágar solidificado 0,1 ml do inóculo de cada diluição seriada  $10^{-1}$   $10^{-2}$   $10^{-3}$   $10^{-4}$  foi homogeneizado o inóculo com auxílio de um alça de drigalski, flambada em álcool 70% e chama do fogo. Na sequência as placas foram incubadas invertidas sob refrigeração de 7°C por 10 dias e posteriormente realizou-se a leitura das colônias características, que haviam crescido de 25 a 250 colônias e os resultados foram expressos em UFC/g. As análises foram realizadas nos seguintes tempos amostrais: (0h, 24h, 48h, 72h, 144h, 216h, 288h, 360h, 480h, 600h).

### 3.6 Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos ao longo do tempo, para as análises de rigor mortis e pH muscular as quais foram realizadas em 0h, 3h, 6h, 24h, 48h, 72h, 144h, 216h, 288h, 360h, 480h e 600 h. Foi realizada análise de variância (ANOVA) através do PROC GLM do software computacional “Statistical Analysis System” (SAS Software, versão 9.0, Cary, USA). Quando notou-se a ocorrência de diferenças significativas em relação às médias, foi aplicado o teste de TUKEY para comparação de médias. Foi adotado o nível de 5% de significância nos testes.

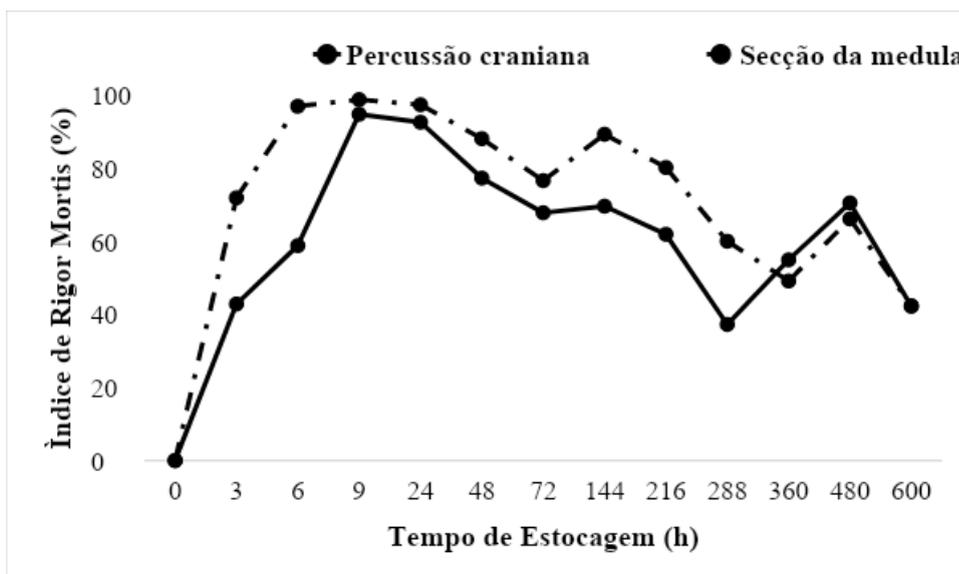
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Qualidade de água

A qualidade da água é muito importante, porque é um parâmetro indicativo sobre o nível de bem-estar ou estresse que pode causar nos peixes. As concentrações de oxigênio, amônia e o pH são fatores ambientais críticos quanto à manutenção da homeostasia dos peixes (HASTEIN et al., 2005). Os parâmetros de qualidade de água monitorados no presente estudo mostraram que não houve variações bruscas, onde valores do oxigênio dissolvido, apresentaram 7,0 mg/l. Alguns estudos relatam que valores de oxigênio dissolvido recomendado para o tambaqui (*Colossoma macropomum*), devem estar na faixa entre 4,0 e 8,0 mg/L (IZIEL e MELO, 2004). Para os valores de amônia apresentou uma variação de 2,25 a 3 mg/l, onde as concentrações máximas permitidas de amônia, conforme o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), permitida é até 3,7 mg/L (BRASIL 2005). Os valores de pH variaram entre 6,0 e 7,0. A faixa de tolerância de pH para os peixes está entre 4.0 e 9.0 (WURTS e DURBOROW, 1992).

### 4.2 Índice de rigor mortis

Os resultados da avaliação do índice de rigor mortis medidos nos dois métodos de insensibilização, secção da medula (SM) e percussão craniana (PC), demonstraram que a evolução do rigor mortis apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dois métodos avaliados. Gráfico 1.



**Gráfico 1.** Índice de Rigor (IR) em tambatinga, submetidos a dois métodos de insensibilização estocados por 25 dias. Fonte: Própria autoria

Para os tratamentos PC e SM, os peixes entraram no estado de rigor mortis pleno às 9h e 6h de estocagem, ambos mantiveram até às 24h, logo observamos que os peixes submetidos à insensibilização pelo SM, permaneceram por mais tempo nesse estado de rigidez cadavérica. Quando os peixes se encontram em estado de rigor mortis pleno, o processo de filetagem tende a ser menos eficiente e mais lento. A demora na instalação do rigor mortis pleno, ou seja, o período de pré-rigor mortis, favorece a retirada dos filés, otimizando o tempo para o operador (POLI et al., 2005). Nos tratamentos PC e SM foram observados que após as 24 h de estocagem, todos os peixes já estavam saindo do estado de rigor mortis pleno e passando para o estado de pós-rigor mortis.

Resultados semelhantes foram obtidos por Pedrazzani et al., (2008), em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), submetidas a insensibilização pela secção de medula e termonarcole, o índice de rigor mortis não apresentou diferenças entre os dois métodos aplicados e iniciou entre 8h e 11h, respectivamente, após o abate dos peixes. Este resultado é bastante semelhante ao encontrado no presente estudo, tanto para o método da PC como para SM, onde o estado de rigor mortis iniciou às 9h e às 6h, respectivamente. Em estudo com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) onde os animais foram submetidos ao estresse pré-abate (hipóxia), os animais entraram no estado de rigor mortis pleno às 6h e permaneceram até 48h (CASTRO e LEWANDOWSKI, 2017).

Num estudo analisando a influência do estresse sofrido por peixes, durante as práticas de manejo pré-abate, verificou que os peixes abatidos por hipotermia, método mais utilizado na indústria, a entrada no estado de rigor mortis ocorreu aos 60 min, (MENDES, 2015). Esse resultado difere do encontrado neste estudo, pois os métodos de insensibilização foram mais eficientes para prolongar o estado de pré-rigor. Desse modo verificou-se que o estado fisiológico de estresse que os peixes sofrem durante o manejo interferiu na entrada mais rápida do estado de rigor mortis.

Bordignon (2015) analisando o efeito do choque térmico, eletronarcole e anestésico em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), estocadas refrigeradas a 4°C durante 25 dias, observou que a entrada do rigor mortis ocorreu por volta de 7 dias de estocagem e permaneceu até o 14º dia. Outro estudo que avaliou o efeito da temperatura de

armazenamento em tilápia do Nilo, constatou que o índice de rigor mortis foi atingido após 24h para os peixes estocados a 5°C, já para os peixes estocados a 0°C ocorreu em 48h (MONTROYA-CAMACHO, 2020). O tempo de entrada no estado de rigor mortis pode ser retardado com o resfriamento do pescado logo após seu abate, aumentando a vida útil e mantendo a qualidade do produto. Além disso, a conservação é importante pois ela atua diretamente na diminuição das ações microbianas no estado de pós- rigor mortis (MINOZZO, 2011).

Avaliando a influência de diferentes métodos de insensibilização (eletronarcolese, narcolese CO<sub>2</sub> e hipotermia) na qualidade da carne refrigerada do bijupirá (*Rachycentron canadum*), o índice de rigor mortis foi alcançado na maioria dos animais, na primeira hora após a aplicação dos métodos (VARGAS, 2015), demonstrando dessa forma que etapas estressantes de manejo pré-abate podem levar os animais ao esgotamento de suas reservas energéticas e a entrada precoce no rigor mortis pleno. Os resultados obtidos no presente estudo, mostram que a entrada dos peixes no estado de rigor mortis foi mais tardia, iniciando às 6h após a aplicação do método de insensibilização para a SM e às 9h para PC, assim em ambos os métodos que utilizamos podem ter sido eficientes para garantir maior duração do estado de pré-rigor mortis, demonstrando que não houve um estresse severo nas etapas de pré-abate. Dessa maneira, quanto mais elevados os níveis de glicogênio, mais tempo vai demorar até ao aparecimento do estado de rigor mortis, portanto, o pescado manterá por mais tempo a qualidade elevada da musculatura (LIDON; SILVESTRE, 2008). O rigor mortis é um índice essencial para o monitoramento da qualidade do pescado, já que ele pode determinar o tempo de vida útil da matéria-prima. Quanto mais demorada a entrada dos peixes no rigor mortis pleno, melhor será a qualidade e o tempo de vida útil da carne, pois este fenômeno retarda a proliferação de bactérias que deterioram o pescado (ALMEIDA et al., 2006).

A fase de pré-rigor mais lenta tende a manter o estado de rigor pleno prolongado, o que é muito vantajoso, pois nessa fase, os animais têm suas defesas naturais ainda intactas, (pele, músculo superficial e membranas), apresentam um pH ligeiramente ácido, inibindo muitos microrganismos e enzimas endógenas (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). Observamos que quando os animais passam por um período de estresse, principalmente em etapas de captura ou uso de métodos de insensibilização que não sejam rápidos e eficientes, ocorre uma brusca depleção devido ao consumo de suas reservas de glicogênio, assim, o conteúdo de ATP no músculo diminui drasticamente, em decorrência disso as proteínas musculares actina e a miosina se associam formando o complexo actomiosina, promovendo uma contração muscular irreversível, dando início ao estado de rigor mortis pleno ou rigidez cadavérica (KNOWLES et al., 2008) e diminuição do pH.

### 4.3 pH dorsal e caudal

O potencial hidrogeniônico medido na região caudal apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, e ao longo do tempo de estocagem para ambos os tratamentos, como mostra a Tabela 1. O pH da região dorsal da tambatinga não apresentou diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos, somente entre os tempos amostrais para ambos os tratamentos.

É possível observar que nas primeiras horas após o abate, 0h e 3h o valor do pH dorsal estava em  $7,30 \pm 0,10$  e  $6,91 \pm 0,19$ , para ambos os tratamentos, o pH caudal em 0h encontrava-se a  $7,24 \pm 0,15$  e  $6,97 \pm 0,13$ , para PC e SM, respectivamente. Esses valores estão de acordo com a legislação brasileira que estabelece que o pH da carne do pescado fresco deve estar na faixa próxima a neutralidade (7,00) (BRASIL, 2017). Após às 24h os valores de

pH muscular apresentaram os menores valores, onde no pH dorsal  $6,62\pm 0,10$  e no pH caudal para PC  $6,55\pm 0,05$  e SM  $6,48\pm 0,12$ , esse comportamento ocorreu de forma simultânea com a instalação do rigor mortis pleno nos peixes. Esse decréscimo no valor de pH da carne já era esperado, pois é nesse período que as reservas de glicogênio do músculo são transformadas por via anaeróbica em ácido lático (ACERETE et al., 2009).

**Tabela 1.** pH dorsal e caudal da tambatinga em diferentes métodos de insensibilização.

Tempo (h)	Dorsal			Caudal	
	PC <sup>A</sup>	SM <sup>A</sup>	Média	PC <sup>A</sup>	SM <sup>B</sup>
0	7,34±0,10	7,27±0,09	7,30±0,10 <sup>a</sup>	7,24±0,15 <sup>a</sup>	6,97±0,13 <sup>a</sup>
3	6,89±0,25	6,93±0,14	6,91±0,19 <sup>b</sup>	6,75±0,14 <sup>bc</sup>	6,59±0,05 <sup>bc</sup>
6	6,69±0,06	6,62±0,13	6,65±0,10 <sup>bc</sup>	6,60±0,07 <sup>c</sup>	6,49±0,09 <sup>c</sup>
24	6,62±0,10	6,58±0,11	6,60±0,10 <sup>c</sup>	6,55±0,05 <sup>c</sup>	6,48±0,12 <sup>c</sup>
48	6,64±0,10	6,61±0,12	6,63±0,10 <sup>bc</sup>	6,63±0,05 <sup>bc</sup>	6,61±0,11 <sup>bc</sup>
72	6,65±0,09	6,67±0,12	6,66±0,10 <sup>bc</sup>	6,68±0,06 <sup>bc</sup>	6,64±0,11 <sup>bc</sup>
144	6,67±0,08	6,66±0,10	6,67±0,09 <sup>bc</sup>	6,71±0,08 <sup>bc</sup>	6,71±0,09 <sup>b</sup>
216	6,72±0,08	6,73±0,10	6,72±0,09 <sup>b</sup>	6,80±0,05 <sup>b</sup>	6,76±0,08 <sup>b</sup>
288	6,68±0,07	6,71±0,11	6,70±0,09 <sup>bc</sup>	6,79±0,06 <sup>b</sup>	6,79±0,06 <sup>ab</sup>
360	6,62±0,08	6,43±0,46	6,53±0,33 <sup>c</sup>	6,77±0,05 <sup>bc</sup>	6,72±0,07 <sup>b</sup>
480	6,52±0,14	6,56±0,15	6,54±0,14 <sup>c</sup>	6,76±0,07 <sup>bc</sup>	6,81±0,10 <sup>ab</sup>
600	6,52±0,04	6,42±0,07	6,46±0,12 <sup>c</sup>	6,87±0,09 <sup>bc</sup>	6,89±0,13 <sup>ab</sup>

Fonte: Própria autoria. Nota: SM= método de insensibilização por secção da medula. PC= método de insensibilização por percussão craniana. Valores apresentados como médias±desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre os tempos ( $p>0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos para o mesmo parâmetro ( $p<0,05$ ).

Melo (2015) em um estudo realizado em bijupirá (*Rachycentron canadum*) insensibilizado com eletronarrose, verificou um rápido decréscimo nos valores de pH, onde em 0h estava 6,26 e às 5h em 6,02. Estudo que analisou o efeito de três métodos de insensibilização, eletronarrose, choque térmico e anestésico em tilápias do Nilo, observou-se que os valores de pH muscular apresentaram em 0h (7,6) e em 6 dias (6,4), concomitante com a instalação do rigor mortis ao 7º dia de resfriamento (BORDIGNON, 2015).

No presente estudo, observamos que o pH dorsal em ambos os tratamentos em 24h apresentava ( $6,60\pm 0,10$ ) e em 48h ( $6,63\pm 0,10$ ), coincidindo com a saída do estado de estado de rigor mortis pleno e entrada do pós rigor mortis. Os valores de pH continuaram aumentando até alcançarem o maior valor de  $6,72\pm 0,09$  em 216h. Esse acréscimo pode estar relacionado com os primeiros sinais de atividade de microrganismos deterioradores presentes no músculo.

O pH medido na musculatura caudal foi realizado com o objetivo de complementar a mensuração do pH dorsal, uma vez que o índice de rigor mortis nos peixes inicia-se na cabeça e avança sentido cauda. Para os valores do pH caudal no tratamento PC houve uma diminuição de  $6,75\pm 0,14$ ;  $6,60\pm 0,07$ ;  $6,55\pm 0,05$  em 3h, 6h e 24h de estocagem, respectivamente e para o tratamento SM ocorreu o mesmo comportamento,  $6,59\pm 0,05$ ;  $6,49\pm 0,09$ ;  $6,48\pm 0,12$  nos mesmos tempos amostrais. Esse comportamento foi similar ao observado no pH dorsal para ambos os tratamentos, apresentando médias  $6,91\pm 0,19$ ;  $6,65\pm 0,10$ ;

6,60±0,10 em 3h, 6h e 24h, portanto essa redução simultânea do pH pode ser explicada e coincide com a entrada dos peixes no estado de rigor mortis pleno.

Num estudo de Ogawa, (1971) com pargo (*Lutjanus purpureus*) estocados em caixas isotérmicas durante 30 dias, observou valores muito semelhantes entre o que o pH dorsal e o caudal, encontrando valores para o pH dorsal (6,1; 6,2; 6,5 e 6,6) em 9, 15, 23 e 30 dias e para o pH caudal (6,1; 6,2; 6,6 e 6,6) nos mesmos dias investigados, esse aumento de valores em ambos os pH mensurados também podem estar relacionados com a saída do rigor mortis pleno e entrada no estado de pós-rigor mortis.

Carvalho (2016) aplicando hipotermia e eletr narcose, para insensibilizar tambaqui (*Colossoma macropomum*), observou uma redução dos valores de pH muscular nas primeiras horas após o abate, hipotermia (6,97) eletr narcose (6,73) para 6,05 em ambos tratamentos, concomitantemente com a entrada do estado de rigor mortis as 6h após o abate. Roth et al., (2012), aplicando a percussão craniana e eletr narcose em salmão do Atlântico (*Salmo salar*) observaram diminuições nos valores de pH muscular de 7,2 para 6,8 em ambos os tratamentos às 3h, após o abate, coincidindo com o momento da entrada no estado rigor mortis pleno.

Após as 48h de estocagem, o pH caudal dos peixes de ambos os tratamentos começou a subir, passando de 6,55±0,05 em 24h para 6,63±0,05 às 48 horas no PC, para o SM ocorreu de 6,48±0,12 em 24h para 6,61±0,11 às 48h. Esse comportamento coincidiu com a saída dos peixes do estado de rigor mortis pleno e entrada no estado de pós rigor mortis. Quando o pH começa a subir dá início a fase de pós-rigor, nesse período o músculo relaxa e recupera sua flexibilidade inicial, mas não sua elasticidade (PONS-SÁNCHEZ-CASCADO et al. 2006).

Oliveira (2007), analisando a qualidade do músculo do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schins 1822), estocados em gelo, observou que valores de pH em 60 min (6,48) e 90 min (6,52) foi concomitante com o início do pós rigor mortis. Santos (2013) avaliando o efeito de diferentes métodos de abate nos indicadores de qualidade da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) aplicando o choque elétrico, durante as primeiras horas o valor do pH estava entre (6,46) e (5,93) no estado de rigor mortis, em 192h de armazenamento observou um aumento do pH (6,27) coincidindo com o início do pós rigor mortis.

No decorrer do tempo de estocagem foi possível observar que em 600h houve um aumento nos valores do pH caudal de (6,87±0,09) em PC e (6,89±0,13) SM, ambos estavam próximos à neutralidade, provavelmente esse acréscimo tenha ocorrido em função da elevada atividade microbiana e das reações de autólise na musculatura, onde autólise é o processo de hidrólise de proteínas e gorduras que constituem a carne do pescado devido à ação das enzimas proteolíticas e lipolíticas (BEIRÃO et al., 2004). Essas enzimas proteolíticas do aparelho digestivo causam danos importantes no pescado, onde os sucos digestivos do pescado são de natureza ácida e contém inúmeras enzimas proteolíticas. Após a morte do animal, elas atravessam a parede intestinal, e atuam sobre os tecidos musculares, causando o amolecimento e decompondo as fibras musculares, levando à desintegração da carne e auxiliando na disseminação dos microrganismos do trato gastrointestinal para a musculatura. Além disso, as enzimas perfuram as vísceras e aceleram o processo de deterioração (FRANCO e LANDGRAF, 2008).

#### 4.4 Temperatura dorsal e caudal

A temperatura aferida no músculo dorsal e caudal da tambatinga é mostrada na tabela 2. No tempo 0h, após o abate, como os peixes não passaram por refrigeração, a temperatura corporal estava mais elevada, 23,55°C, após a primeira medição os peixes foram refrigerados

e houve uma redução da temperatura corporal tanto na musculatura dorsal como caudal. Essa variação da temperatura encontrada foi devida aos tempos de espera para realização das análises, onde podemos observar que ao longo do tempo os valores da temperatura apesar de terem apresentado oscilações a tendência foi diminuir, chegando a  $0,35 \pm 0,35$  em 600 horas de estocagem.

**Tabela 2.** Valores da temperatura muscular dorsal e caudal da tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*)

Tempo (h)	Dorsal		Caudal	
	PC	SM	PC	SM
0	23,55±0,23	23,70±0,10	23,35±0,15	23,22±0,13
3	6,48±2,75	6,02±3,58	12,28±2,83	11,77±1,75
6	3,45±1,84	4,07±1,19	10,77±2,05	9,40±2,93
24	4,57±2,91	3,50±1,96	11,02±1,46	4,32±0,82
48	0,43±0,44	2,05±1,11	3,07±2,99	2,23±1,36
72	2,48±1,37	2,82±0,76	3,32±1,78	4,67±1,39
144	1,80±1,31	3,95±1,35	4,67±3,30	5,18±1,86
216	0,80±0,62	3,57±1,72	1,57±1,40	3,18±1,55
288	9,02±1,08	5,23±1,74	8,27±1,74	5,05±1,98
360	5,62±0,66	5,35±1,62	4,97±2,98	4,08±1,50
480	1,10±1,00	2,00±0,82	2,08±1,38	1,40±1,31
600	0,35±0,35	1,03±0,68	3,65±0,35	2,63±1,67

Fonte: Própria autoria. Nota: SM= método de insensibilização por secção da medula. PC= método de insensibilização por percussão craniana. Valores apresentados como médias±desvio padrão.

Além das medições de temperatura na musculatura da carne da tambatinga, foram realizadas também as medições da temperatura das caixas de isopor onde os peixes foram armazenados, na qual, apresentou médias de  $2,2 \pm 1,41^\circ\text{C}$  para os peixes do tratamento PC e  $2,52 \pm 1,92^\circ\text{C}$  para SM. A legislação para pescado fresco define que para ser mantido o mais próximo possível do ponto de congelamento, a temperatura deve estar próxima a  $7^\circ\text{C}$ . Dessa forma, todos peixes do experimento foram mantidos resfriados ao longo do tempo de estocagem, onde diariamente fazíamos a reposição de gelo em escama nas caixas isotérmicas.

A temperatura de estocagem acaba influenciando nos parâmetros de pH, rigor mortis e crescimento de microrganismos, quanto mais baixa for a temperatura de armazenamento do pescado, haverá maior demora para a entrada no estado de rigor mortis pleno e ele terá uma duração mais prolongada. Além disso, quando as reservas de glicogênio não forem depletadas pela exaustão na captura, a ação deterioradora das bactérias pode ser dificultada, enquanto o período do rigor mortis não terminar. Desta forma, a refrigeração faz com que a deterioração, causada por bactérias, seja adiada (VEIGA FILHO; MESQUITA, 2018).

#### 4.5 Análises Microbiológicas

Estão apresentados os resultados da investigação das bactérias mesófilas e psicrotóficas na musculatura da tambatinga, nas quais estão representadas a média das Unidades Formadoras de Colônias por grama de amostra (UFC/g), como mostra a Tabela 3. Para as bactérias mesófilas, no tratamento PC variou entre 0h e 24h de  $1,4 \times 10^{-3}$  a  $9,0 \times 10^{-3}$  UFC/g e para o tratamento SM de  $2,0 \times 10^{-3}$  a  $3,4 \times 10^{-2}$  UFC/g. Atualmente a legislação brasileira não determina padrão para microrganismos mesófilos e psicrotóficos em pescado,

mas evidências de que a presença de bactérias mesófilas em alimentos indica excessiva contaminação e limpeza e desinfecção inadequada (CARDOSO et al., 2000).

As contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas para ambos os métodos não apresentou crescimento até as 144h de estocagem. As primeiras colônias cresceram a partir de 216h e seguiram até 600h, com variação de  $1,5 \times 10^{-2}$  a  $5,7 \times 10^{-3}$  para o tratamento PC e  $1,6 \times 10^{-4}$  a  $4,0 \times 10^{-4}$  para SM. As bactérias psicotróficas são responsáveis pela deterioração do pescado (COUSIN, JAY, VASAVADA, 2001). Porém, a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos na Resolução nº13/1978 adotou limites máximos de CPP (Contagem Padrão de Placas)  $10^6$  de UFC/g<sup>-1</sup> estabelecidos para peixes crus, frescos. Ressaltando que quanto mais alta está a contagem, mais rápida é a deterioração do músculo e menor será o seu tempo de vida útil e a sua validade comercial (SOARES et. al., 2011).

**Tabela 3.** Contagem de microorganismos aeróbios heterotróficos mesófilos e psicotrófico no músculo de tambatinga em diferentes métodos de insensibilização.

Tempo (horas)	Mesófilos UFC/g		Psicotróficos UFC/g	
	PC	SM	PC	SM
0	$1,4 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	-	-
24	$9,0 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$	-	-
48	$4,1 \times 10^4$	>250	-	-
72	$4,0 \times 10^6$	>250	-	-
144	<25	<25	-	-
216	<25	<25	$1,5 \times 10^2$	-
288	<25	<25	$1,17 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$
360	$3,4 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$5,7 \times 10^3$	-
480	<25	<25	$2,4 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$
600	$2,5 \times 10^2$	$3,4 \times 10^2$	$2,7 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$

Nota: SM= método de insensibilização por secção da medula. PC= método de insensibilização por percussão craniana. UFC/g= Unidade formadora de colônia por grama.

Sousa (2013) avaliando o efeito da atmosfera modificada na qualidade microbiológica do matrinxã (*brycon amazonicus*) refrigerado ao comparar com a embalagem que continha ar e CO<sub>2</sub>, observou que em 0h estava ausente a contagem de mesófilas, esses valores mostram-se diferente dos valores encontrados no presente estudo, onde para o PC em 0h já havia contagem de bactérias mesófilas  $1,4 \times 10^{-3}$  e também para SM  $2,0 \times 10^{-3}$ . Araújo, (2012) estudando a qualidade microbiológica do tambaqui (*Colossoma macropomum*) comercializado no mercado municipal em Açailândia-MA, observou contagens de bactérias mesófilas entre  $3,0 \times 10^4$  a  $1,8 \times 10^5$  UFC/g. No presente trabalho encontramos para PC valores menores às 0h ( $1,4 \times 10^{-3}$ ) e valores maiores em 72h ( $4,0 \times 10^{-6}$ ). Para SM os menores valores foram registrados em 600h ( $3,4 \times 10^2$ ) e os maiores em 360h ( $2,0 \times 10^6$ ).

Martins, (2011) avaliando a qualidade da pescada (*Macrodon ancylodon*) e suas características microbiológicas, durante tempos amostrais inverno e verão armazenados em sacos plásticos e caixas com gelo, para contagem de microrganismos psicotróficos encontrou valores máximos, acima do que é permitido pela legislação, chegando a  $2,5 \times 10^7$  UFC/g, esses valores são diferentes dos resultados encontrados no presente trabalho, pois não foram encontrados valores superiores a  $10^6$ . É relevante notar que mesmo o armazenamento em gelo não paralisa o crescimento microbiano já que os microrganismos psicotróficos crescem em temperatura ambiente e também tem a capacidade de desenvolver-se em temperaturas abaixo de 5°C, representando os principais deteriorantes do pescado refrigerado (CORDEIRO, 2019). Manske et al. (2011) afirmam que as bactérias psicotróficas agem diretamente na

deterioração de alimentos refrigerados e também são responsáveis pela diminuição de sua vida útil.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do índice de rigor mortis na musculatura da tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) iniciou às 6h para o tratamento SM e às 9h para PC permanecendo em ambos os tratamentos até as 24h de estocagem, mostrando que ambos os métodos não causaram o estresse pré-abate aos peixes.

A avaliação do pH muscular dorsal e caudal em ambos os tratamentos logo após o abate encontrava-se na faixa próximo a neutralidade (7,00), caracterizado como pH fresco.

O acondicionamento dos peixes em gelo após o abate também foi muito importante para manter o crescimento dos microrganismos mesófilos e psicrotóxicos dentro dos limites máximos de  $10^{-6}$  de UFC/g estabelecidos para peixes crus e frescos.

Ambos os métodos de insensibilização foram satisfatórios e garantiram a insensibilização instantânea nos peixes, retardando dessa forma a entrada precoce no estado de rigor mortis pleno.

## 6 AGRADECIMENTOS

A FAPEMA, pelo financiamento do projeto de pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS

ACERETE, L.; REIG, L.; ALVAREZ, D.; FLOS, R.; TORT, L. Comparison of two stunning/slaughtering methods on stress response and quality indicators of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, [S.L.], v. 287, n. 1-2, p. 139-144, fev. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.012>.

ALMEIDA, N. M.; BATISTA, G. M.; KODAIRA, M.; LESSI, E. Alterações pós-mortem em tambaqui (*Colossoma macropomum*) conservados em gelo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1288-1293, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000400038>.

ANIL, M. H. Studies on the return of physical reflexes in pigs following electrical stunning. *Meat Science*, v.30(1), p.13–21, 1991.

ARAÚJO, Eliane Cardoso. Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) comercializado no mercado municipal em Açailândia-Ma. In: **CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO**, 7., 2012, Palmas. p. 1-6.

BEIRÃO, L. H., Teixeira, E., Batista, C.R.V., Santo, M.L.E., Damian, C. e Meinert, E.M. (2004). Tecnologia pós-captura de pescado e derivados. In **Aquicultura: experiências brasileiras**. Florianópolis.

BITO, M., YAMADA, K., MIKUMO, Y., AMANO, K. Studies on rigor mortis of fish: 1. Differences in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified Cutting's method. *Bull. Tokai Reg. Fisheries Research Laboratory*, v.109, p.89–96,1983.

BORDIGNON, Adriana Cristina. **ELETRONARCOSE COMO MÉTODO DE INSENSIBILIZAÇÃO PARA A TILÁPIA DO NILO**. 2015. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015. Cap. 3.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. **Regulamenta a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, que disciplina a fiscalização e a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**, Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos oficiais para análise de alimentos de origem animal** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA, 2018.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N.C.; CASTRO, A. G. M.; KANASHIRO, A. M. I. Pesquisa de *Salmonella spp*, Coliformes totais, Coliformes fecais e Mesófilos em Carcaças e Produtos Derivados do Frango. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 67, n. 1, jan./jun. 2000.

CARVALHO, Luciana Menezes de. **Utilização do sistema de insensibilização elétrico no abate de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e suas interações no bem-estar e qualidade tecnológica da carne**. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

CASTRO, Pedro Luiz de; LEWANDOWSKI, Vanessa; SOUZA, Maria Luiza Rodrigues de; CORADINI, Melina Franco; ALEXANDRE, Alciony Andréia da Cunha; SARY, César; RIBEIRO, Ricardo Pereira. Effect of different periods of pre-slaughter stress on the quality of the Nile tilapia meat. **Food Science And Technology**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 52-58, 21 jul. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.05616>.

CORDEIRO, Daniel Dias. **MÉTODO DE ÍNDICE DE QUALIDADE: DETERMINAÇÃO DO PRAZO DE VIDA ÚTIL DE CORVINAS (*Micropogonias furnieri*, LINNAEUS, 1766) INTEIRAS ESTOCADAS EM GELO**. 2019. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.

CHOMNAWANG, Channarong; NANTACHAI, Kasem; YONGSAWATDIGUL, Jirawat; THAWORNCHINSOMBUT, Supawan; TUNGKAWACHARA, Somjintana. Chemical and biochemical changes of hybrid catfish fillet stored at 4°C and its gel properties. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 103, n. 2, p. 420-427, jan. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.039>.

CONTRERAS-GUZMÁN, Emílio S. **Bioquímica de Pescados e Derivados**. Campinas: Funep, 1994. 409 p.

COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psychrotrophic Microorganisms. In: **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed. Washington – DC: APHA, 2001. cap. 13, p. 159-165.

FAO - Food and Aquaculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. FAO, Rome. Disponível em: <<https://doi.org/10.4060/ca9229en>> Acesso em: 11/03/2022.

FERREIRA, Nayara de Araújo; ARAÚJO, Rafael Venâncio de; CAMPOS, Eric Costa. Boas práticas no pré-abate e abate de pescado. **Pubvet**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 1-14, jul. 2018. Editora MV Valero. <http://dx.doi.org/10.31533/pubvet.v12n7a137.1-14>.

FRANCO, B. e Landgraf M. (2008). Microbiologia de alimentos. **Atheneu**. São Paulo.

GONÇALVES, Alex Augusto. O PH DO PESCADO – UM PROBLEMA QUE MERECE SER ESCLARECIDO. Laguna: **Aquaculture Brasil**, 01 fev. 2017. Disponível em: <https://www.aquaculturebrasil.com/coluna/56/o-ph-do-pescado-%E2%80%93-um-problema-que-merece-ser-esclarecido>. Acesso em: 23 jun. 2022.

GRAM, L.; HUSS, H.H. Microbiological Spoilage of Fish and Fish Products. **International Journal of Food Microbiology**, v 33, p 121-137, 1996.

HÅSTEIN, T.; SCARFE, A.D.e LUND, V.L. Science-based assessment of welfare: aquatic animals. **Revue Scientifique et Technique- Office International des Epizooties**, v. 24 (2), p. 529-547, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Pesquisa da Pecuária Municipal 2017, 2018 and 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940resultado> Acesso em: 30/03/2021

IZEL, A.C.U; MELO, L. A. S. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no Estado do Amazonas. **Embrapa Amazônia Ocidental-Documents (INFOTECAE)**, 2004.

LAMBOOIJ, E., KLOOSTERBOER, R. J., GERRITZEN, M. A., VAN DE VIS, J. W. Assessment of electrical stunning in fresh water of african catfish (*Clarias gariepinus*) and chilling in ice water for loss of consciousness and sensibility. **Aquaculture**, v. 25(1-4), p.388–395, 2006.

LIDON, Fernando; SILVESTRE, Maria Manuela. Conservação de Alimentos–princípios e metodologias. **Escolar Editora**, Lisboa, p. 95-107, 2008.

MANSKE, C.; MALUF, M. L. F.; SOUZA, B. E.; SIGNOR, A. A.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Composição centesimal, microbiológica e sensorial do jundiá (*Rhamdia quelen*) submetido ao processo de defumação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 181-190, jan./mar. 2011.

MARTINS, Cassia Neves. **Parâmetros de qualidade e valoração de pescada da espécie *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801): características sensoriais, físico químicas, microbiológicas, parasitológicas e contaminantes inorgânicos**. 2011. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Epidemiologia Experimental Aplicada Às Zoonoses, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MELO, Fúlvio Viegas Santos Teixeira de. **Insensibilização do Bijupirá (*Rachycentron canadum*) com eletronarcose: efeitos sobre a qualidade da carne**. 2015. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

MENDES, J.M.; INOUE, L.A.K.A.; JESUS, R.S. Influência do estresse causado pelo transporte e método de abate sobre o rigor mortis do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Brazilian Journal of Food Technology**, v.18, n.2, p.162-169, 2015.

MONTOYA-CAMACHO, Nathaly. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el rigor mortis del músculo de tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Biotecnia**, Sonora, v. 12, n. 2, p. 88-93, dez. 2020.

OGAWA, Mosayoshi. Conservação do pargo (*Lutjanus purpureus poey*) pela ação da clorotetraciclina. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, v. 2, n. 11, p. 87-90, dez. 1971.

OLIVEIRA, Pedro Roberto de. **QUALIDADE DO PIRARUCU (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) PROCEDENTE DE PISCICULTURA, ESTOCADO EM GELO, CONGELADO E DE SEUS PRODUTOS DERIVADOS**. 2007. 119 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

PEDRAZZANI, A. S., NETO, A. O., CARNEIRO, P. C. F., GAYER, M. V. e MOLENTO, C. F. M., Opinião pública e educação sobre abate humanitário de peixes no município de Araucária, Paraná, **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 976-983, out./dez. 2008.

PEDRAZZANI, Ana Silvia; MOLENTO, Carla Forte Maiolino; CARNEIRO, Paulo César Falanghe; FERNANDES-DE-CASTILHO, Marisa. SENCIÊNCIA E BEM-ESTAR DE PEIXES: UMA VISÃO DE FUTURO DO MERCADO CONSUMIDOR. **Panorama da Aquicultura**, [S. L.], p. 24-29, jul. 2007.

POLI, B.M., PARISI, G., SCAPPINI, F., ZAMPACAVALLLO, G., Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. **Aquaculture International**, v.13, p.29-49, 2005.

PONS-SÁNCHEZ-CASCADO, S. et al. Sensory analysis to assess the freshness of Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicolus*) stored in ice. **Food Control**, v. 17, n. 7, p. 564-569, jul. 2006.

RIBAS, L., FLOS, R., REIG, L., MACKENZIE, S., BARTON, B. A., TORT, L. Comparison of methods for anaesthetizing Senegal sole (*Solea senegalensis*) before slaughter: Stress responses and final product quality. **Aquaculture**, v.269 (1-4), p.250-258, 2007.

ROTH, B., GRIMSBO, E., SLINDE, E., FOSS, A., STIEN, L. H., NORTVEDT, R. Crowding, pumping and stunning of Atlantic salmon, the subsequent effect on pH and rigor mortis. **Aquaculture**, v.326-329, p.178-180, 2012.

SANTOS, Elaine Cristina Batista dos. **EFEITO DE TRÊS MÉTODOS DE ABATE SOBRE OS INDICADORES DE QUALIDADE DA TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) RESFRIADA**. 2013. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013. Cap. 1.

SILVA, Rodrigo do Carmo e. **ANALISE DE CRESCIMENTO DE ALEVINOS TAMBATINGA (*Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomus*), EM RESPOSTA A DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGENS**. 2016. 22 f. Monografia- Curso de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2016.

SOARES, Karoline Mikaelle de Paiva; GONÇALVES, Alex Augusto. Qualidade e segurança do pescado. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 1-10, jan. 2012.

SOARES, V. M.; PEREIRA, J. G.; IZIDORO, T. B.; MARTINS, O. A.; PINTO, J. P. A. N.; BIONDI, G. G. Qualidade Microbiológica de Filés de Peixe Congelados Distribuídos na Cidade de Botucatu, **Cient Ciênc Biol Saúde**, v. 13, n. 2, p. 85-88, 2011.

SOUZA, Laíza Caroline Lobo de. **AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ATMOSFERA MODIFICADA NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO MATRINXÃ (*Brycon amazonicus*) REFRIGERADO**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2013. 19 p.

VARGAS, Sheyla Cristina. **Influência de diferentes métodos de insensibilização pré-abate sobre parâmetros físicos, químicos e sensoriais da carne refrigerada e congelada de bijupirá (*Rachycentron canadum*)**. 2015. 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

VEIGA FILHO I. L.; MESQUITA E. F. M. Biogênicas em pescado: ocorrência, relevância e detecção. Acesso em: 15/05/2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327948038>

Wills, C. C., Zampacavallo, G., Poli, B. M., Proctor R, M. R. & Henahan, G. T. M. 2006. Nitrogen stunning of rainbow trout. **Journal of Food Science and Technology**, 41, 395-398.

WURTS, W.A.; DURBOROW, R.M. Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds. **Aquaculture program**. SRAC-public, n .464, p. 1-4, 1992.