

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

SHEYLA CRISTINA VARGAS

**Avaliação de métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã  
(*Brycon cephalus*), armazenados em gelo**

---

Pirassununga

2011

SHEYLA CRISTINA VARGAS

**Avaliação de diferentes métodos de abate de matrinxã (*Brycon cephalus*)  
sobre parâmetros físico-químicos e sensoriais**

Dissertação corrigida apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Orientadora: Profa. Dra. Elisabete Maria Macedo Viegas.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos  
da Universidade de São Paulo

V297a

Vargas, Sheyla Cristina

Avaliação de métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã (*Brycon cephalus*), armazenados em gelo / Sheyla Cristina Vargas. -- Pirassununga, 2011. 87 f.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo. Departamento de Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Orientadora: Profa. Dra. Elisabete M. Macedo Viegas.

1. Bem-estar animal 2. Pescado 3. Métodos de abate  
4. Avaliação sensorial 5. Matrinxã I. Título.

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus queridos pais Wilson e Marlene Vargas que sempre respeitaram as minhas escolhas com muito carinho e entusiasmo e, principalmente pelos sacrifícios que fizeram para que eu atingisse meus objetivos.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Profa. Dra. Elisabete Maria Macedo Viegas por ter me aceitado como sua orientada, pelas diversas oportunidades de aprendizado que me proporcionou e pela confiança depositada em mim durante todo o curso de Mestrado.

Aos colegas Mariene Natori, Fábio Sussel, Naira Cabral, Elaine dos Santos, Rodrigo Leme, Júlio Segura, João Netto, Thiago Previero, Laura, Lígia Gonçalves, Daflin Mello e ao técnico do laboratório de Aquicultura da FZEA, José Apolinário Ferraz por terem sempre me ajudado em todas as tentativas e etapas da execução deste trabalho e por terem se tornado bons amigos. Foi um prazer trabalhar com vocês!

Ao Dr. Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho pelo empenho constante em todas as etapas da execução deste trabalho, pelas correções, sugestões e dicas.

Ao Dr. Osmar Ângelo Cantelmo pela amizade, ensinamentos, sugestões e pelo apoio desde a graduação.

Ao Prof. Dr Carlos Augusto Fernandes de Oliveira por ceder o Laboratório de Microbiologia e Micotoxicologia de Alimentos para execução das análises de cromatografia líquida, em especial a técnica Roice Eliana Rosim cuja ajuda foi fundamental para execução das análises

Ao Prof. Dr. Paulo José do Amaral Sobral por ceder o laboratório de Tecnologia de alimentos para a execução das análises de cor e textura, em especial a técnica Ana Monica Quinta Barbosa Bittante pela ajuda na execução das análises.

Ao Prof. Dr. César Gonçalves de Lima pela colaboração nas análises estatísticas.

A minha irmã Msc. Flávia Carolina Vargas e ao meu cunhado Dr. Rodrigo Lemos Meirelles por terem sempre dividido comigo a sua experiência e pela colaboração neste estudo.

Aos meus queridos amigos que por, felizmente serem muitos, não listarei todos os nomes, mas gostaria de representá-los com os nomes de Denise Campos de Carvalho que sempre esteve disposta para ajudar na execução do trabalho ou para ser companhia nos momentos de descontração, a Fábio Fioramonte pelas longas conversas trazendo de volta a lucidez e a calma nos momentos difíceis e ao meu querido namorado, Ricardo Felipe Baldi cuja companhia e o carinho são fundamentais para que eu atinja qualquer objetivo.

Ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos desta universidade pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa concedida.

## RESUMO

VARGAS, S.C. **Avaliação de métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã (*Brycon cephalus*), armazenados em gelo.** 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

Pelo fato do pescado ser a *commodity* alimentar mais comercializada internacionalmente, o controle de qualidade e a segurança deste alimento são fundamentais. Isto abrange além da qualidade da carne, aspectos éticos do bem-estar animal. No Brasil, apenas recentemente é que se tem dado importância a este aspecto na produção de peixes, embora seja prática comum na produção de aves e mamíferos. Neste sentido, uma das etapas de produção mais críticas para manter a qualidade do pescado é o processo de abate, pois o estresse associado a este manejo afeta diretamente na resolução do *rigor mortis*, proporcionando piora na qualidade da carne e diminuindo a vida de prateleira do produto final. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã, *Brycon cephalus*, e estudar sua estabilidade mediante armazenagem refrigerada durante 18 dias. Foram utilizados noventa exemplares de matrinxã com peso de  $535,10 \pm 121,36$  g e comprimento de  $32,93 \pm 2,35$  cm submetidos a três tratamentos: i) abate por choque elétrico, ii) asfixia pela saturação de CO<sub>2</sub>, e iii) choque térmico em solução de água e gelo (1:1). Após o abate os peixes foram mantidos resfriados a 4°C durante 18 dias e foram avaliados o índice de *rigor mortis*, pH ocular e muscular, bases nitrogenadas voláteis totais (BNV), degradação do ATP e seus metabólitos, contração muscular do filé, cor (L\*, a\* e b\*), textura instrumental e análise sensorial segundo o esquema do Mercado Comum Europeu. As amostragens foram realizadas logo após a determinação da morte do animal (hora 0), a 3 e 5 horas e aos 1, 4, 7, 12 e 18 dias de armazenamento. Os dados das análises físico-químicas foram submetidos à ANOVA e constatada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Os resultados da avaliação sensorial foram submetidos ao teste de Wilcoxon. A intensidade da coloração vermelha (a\*) foi maior nos filés dos peixes abatidos por choque elétrico (5,1694) em relação aos abatidos por asfixia pela saturação de CO<sub>2</sub> (0,8639) e mistura de água e gelo (1,035). Porém para a

luminosidade do filé (L\*) ocorreu o inverso sendo que o abate por choque elétrico proporcionou média menor que os abates por saturação de CO<sub>2</sub> e choque térmico (56,1412; 61,8439; 60,9767 respectivamente). Tal fato pode ter ocorrido provavelmente devido o choque elétrico ter causado forte contração muscular e conseqüentemente pequenas hemorragias no filé de matrinxã. Os valores de BNV de todos os tratamentos mantiveram-se abaixo dos limites máximos (30mg 100g<sup>-1</sup>) permitidos pela Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 97) para peixe fresco durante todo o período experimental. A avaliação sensorial mostrou que os peixes de todos os tratamentos apresentaram-se aptos para o consumo até o 18º dia de estocagem, mas a partir deste dia apresentaram classificação B (Rançoso). Os parâmetros de *rigor mortis*, pH ocular e muscular, contração muscular do filé e textura instrumental não apresentaram diferenças entre os métodos de abate, porém durante o período de armazenagem de 18 dias o comportamento destes parâmetros mostrou-se coerente com o esperado para as metodologias adotadas. Porém o tempo decorrido para a morte dos animais foi bastante diferente entre os três tratamentos (choque elétrico: 2 segundos; asfixia pela saturação de CO<sub>2</sub>: 14 minutos; água e gelo: 6,21 minutos). Já na avaliação da degradação de ATP e seus derivados observou-se que a eletronarcose mantém níveis mais elevados de ATP, quando comparada aos demais tratamentos, durante todo o período amostral, contribuindo para a manutenção do frescor. Assim, conclui-se que o choque elétrico pode ser uma boa opção para o abate de matrinxãs, por causar morte rápida e com mínimo de sofrimento.

**Palavras-chave:** avaliação sensorial, bem-estar animal, métodos de abate, pescado, qualidade.

## ABSTRACT

VARGAS, S.C. **Evaluation of slaughter methods on meat quality matrinxã (*Brycon cephalus*) and stored on ice.** 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

Since fish is the most traded feeding commodity internationally, its quality control and security are extremely important. That goes beyond meat quality; it regards ethical aspects of animal welfare. In Brazil this aspect of fish production has only recently received importance, even though it is common in poultry and mammal productions. Therefore, one of the most critical steps to keep fish quality is the slaughter, because the stress caused by this process directly affects *rigor mortis* leading to low meat quality and short display life of the final product. For that reason, the objective of this study was to evaluate the influence of different slaughter methods on meat quality of matrinxã, *Brycon cephalus*, and also to study its stability in cold storage during 18 days. 90 matrinxã fish with average weight  $535.10 \pm 121.36$  g and average size  $32.93 \pm 2.35$  cm were used in three trials: i) slaughter by electric shock, ii) asphyxia by CO<sub>2</sub> saturation, iii) thermal shock using water-ice solution (1:1). After the slaughter process the fish were maintained refrigerated at 4°C during 18 days and the *rigor mortis*, eye and muscular pH index, total volatile basic nitrogen (TVBN), filet muscular contraction, color (L\*, a\* and b\*), instrumental texture and sensory analysis in accordance with the European Community were evaluated. Samples were taken after the animals' death (time 0), at 3 and 5 hours and on days 1, 4, 7, 12 and 18 of storage. Data from physical-chemical analysis were submitted to ANOVA and when significant difference ( $P < 0.05$ ) was found means were compared by the Tukey test. Sensory evaluation results were submitted to Wilcoxon test. Red color (a\*) was more intense for the fish slaughtered by electrical shock (5.1694) when compared to the ones slaughtered by asphyxia with CO<sub>2</sub> saturation (0.8639) and water-ice solution (1.035). On the contrary, for filet luminosity (L\*) the inverse happened and electric shock occasioned lower mean in comparison to the slaughter methods by CO<sub>2</sub> saturation and thermal shock (56.1412; 61.8439; 60.9767, respectively). This might have happened due to the fact that electric shock had caused strong muscular contraction and consequent small hemorrhages in the filet. TVBN values remained



lower than the maximum limits ( $30\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) allowed by legislation (ANVISA) to fresh fish during the experimental period. Sensory evaluation showed that all the tested methods enabled fish consumption till the 18<sup>th</sup> day of storage, when they started presenting grade B (Rancid). *Rigor mortis*, eye and muscular pH, muscular contraction and instrumental texture did not present difference among slaughter methods during the 18-day storage period. Nevertheless, the necessary time to ensure animals' death differed very much among the three methods (electrical shock: 2 seconds; asphyxia by CO<sub>2</sub> saturation: 14 minutes; water-ice solution: 6.21 minutes). In the evaluation of ATP degradation and its derivatives showed that the electrical shock maintains higher levels of ATP, when compared to other treatments throughout the sampling period, helping to maintain freshness. Therefore, it can be concluded that the electrical shock slaughter method may be a good option to slaughter matrixã fish, since it causes rapid death and minimum suffering.

**Keywords:** sensory evaluation, animal welfare, slaughter methods, fish, quality.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Principais referências sobre diferentes métodos de abate de peixes marinhos ou de água doce de interesse comercial .....	23
<b>Tabela 2</b> - Resumo dos parâmetros de avaliação conforme o tempo decorrido após a morte dos peixes .....	37
<b>Tabela 3</b> - Tempo para insensibilização aparente (IA), tempo de exposição ao método de abate (EM), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (TEMP), condutividade elétrica (CE), pH e salinidade (SAL) da água para abate de matrinxãs expostos a eletronarcase , asfixia por CO <sub>2</sub> e choque térmico .....	45
<b>Tabela 4</b> - Valores médios da concentração de ATP muscular (μmol/g) de matrinxã abatido por eletronarcase, asfixia por CO <sub>2</sub> e choque térmico mantidos sob refrigeração durante 432 horas .....	49
<b>Tabela 5</b> - Tempo decorrido para instalação do rigor pleno em matrinxãs abatidos por eletronarcase, asfixia por CO <sub>2</sub> e choque térmico .....	50
<b>Tabela 6</b> - Valores médios da concentração de IMP muscular de matrinxã abatido por eletronarcase, asfixia por CO <sub>2</sub> e choque térmico mantidos sob refrigeração durante 432 horas .....	52
<b>Tabela 7</b> - Valores médios da concentração de Hx muscular de matrinxã abatido por eletronarcase, asfixia por CO <sub>2</sub> e choque térmico mantidos sob refrigeração durante 432 horas .....	52

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Exemplos de matrinxã conservados em gelo .....	33
<b>Figura 2</b> – Avaliação do índice de <i>rigor mortis</i> de matrinxãs submetidos a diferentes métodos de abate .....	38
<b>Figura 3</b> – Avaliação do pH ocular e muscular de matrinxãs submetidas a diferentes métodos de abate .....	39
<b>Figura 4</b> – Medida de variação do comprimento dos filés de matrinxãs submetidos a diferentes métodos de abate .....	40
<b>Figura 5</b> – Avaliação de textura instrumental de filés de matrinxãs submetidos a diferentes métodos de abate .....	41
<b>Figura 6</b> - Pontos de compressão do filé para medida de textura instrumental .....	42
<b>Figura 7</b> - Concentração de hipoxantina no músculo de matrinxãs abatidos por eletronarcose, asfixia e choque térmico armazenados sob refrigeração durante 432 horas .....	52
<b>Figura 8</b> - Valores de pH muscular de matrinxãs abatidos por asfixia por CO <sub>2</sub> (A), eletronarcose (B) e choque térmico (C), estocados sob refrigeração durante 432 horas .....	56
<b>Figura 9</b> - Valores de pH ocular de matrinxãs abatidos por asfixia por CO <sub>2</sub> (A), eletronarcose (B) e choque térmico (C), estocados sob refrigeração durante 432 horas .....	58
<b>Figura 10</b> - Valores de Bases Nitrogenados Voláteis de matrinxãs abatidos por eletronarcose, asfixia por CO <sub>2</sub> e choque térmico, mantidas sob refrigeração durante 432 horas .....	59
<b>Figura 11</b> - Variação de cor L* de filés de matrinxã abatidos por choque térmico (A) e por asfixia por CO <sub>2</sub> na água (B) mantidos durante 432 horas de armazenagem sob refrigeração .....	61
<b>Figura 13</b> - Variação de cor b* (intensidade de amarelo) de filés de matrinxã abatidos por eletronarcose, asfixia por CO <sub>2</sub> na água e choque térmico durante o período de armazenagem .....	61
<b>Figura 14</b> - Variação de cor a* (intensidade de vermelho) de filés de matrinxã abatidos por eletronarcose, choque térmico e asfixia por CO <sub>2</sub> na água .....	62

<b>Figura 15</b> - Evidência de lesão da coluna vertebral em matrinxã abatido por eletronarcose .....	63
<b>Figura 16</b> - Variação da textura (força da compressão) de filés de matrinxã abatidos por eletronarcose, asfixia por CO <sub>2</sub> na água e choque térmico durante o período de armazenagem de 432 horas sob refrigeração .....	66
<b>Figura 17</b> - Contração de filés de matrinxã (%) abatidos por choque térmico (A), eletronarcose (B) e asfixia (C) armazenados sob refrigeração por 432 horas .....	68

## SUMÁRIO

1 Introdução.....	12
2 Revisão Bibliográfica.....	15
2.1 Bem estar e senciência em peixes.....	15
2.2 Métodos de abate para peixes.....	19
2.3 Parâmetros de avaliação da qualidade do pescado.....	24
2.3.1 Rigor Mortis.....	24
2.3.2 Alterações de pH.....	25
2.3.3 Bases Nitrogenadas Voláteis.....	26
2.3.4 Contração do Filé e alterações de Cor.....	28
2.3.5 Alterações de Textura do Filé.....	29
2.3.6 Degradação do ATP e seus catabólitos.....	30
2.3.7 Análise Sensorial.....	31
2.4 Informações sobre a Espécie.....	33
3 Material e Métodos.....	35
3.1 Local.....	35
3.2 Material Biológico.....	35
3.3 Metodologia dos Abates.....	35
3.4 Procedimento Experimental e Amostragem.....	36
3.5 Metodologia das análises laboratoriais.....	37
3.5.1 Índice de rigor mortis (IR):.....	37
3.5.2 pH Muscular e Ocular.....	38
3.5.3 Bases Nitrogenadas Voláteis (BNV).....	39
3.5.4 Contração do filé.....	40

3.5.5. Cor Instrumental.....	41
3.5.6. Textura Instrumental.....	41
3.5.7. Avaliação sensorial do frescor.....	42
3.5.8. Degradação do ATP e seus catabólitos.....	42
3.5.9. Delineamento experimental e análise estatística.....	43
4. Resultados e Discussão.....	44
4.1. Parâmetros de Qualidade de Água e Tempo para Insensibilização.....	44
4.2. <i>Rigor mortis</i> e Degradação de ATP e seus Metabólitos.....	48
4.3. Análise Sensorial.....	53
4.4. Alterações de pH.....	54
4.5. Bases Nitrogenadas Voláteis.....	58
4.6. Avaliação de Cor ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ).....	60
4.7. Textura Instrumental.....	64
4.8. Contração do Filé.....	66
5. Conclusões.....	69
6. Considerações Finais.....	70
7. Referencias Bibliográficas.....	71

## 1. Introdução

A orientação sobre qualidade de carne tornou-se mais importante quando os produtores passaram a se dedicar na busca de harmonia entre as características do produto e exigências dos consumidores. A consciência do consumidor a respeito da qualidade não se limita às características intrínsecas do produto, mas também releva as características extrínsecas, tais como meio ambiente e aspectos relacionados ao bem estar animal (LAMBOOIJ et al., 2008).

Há algumas décadas o abate de animais era considerado uma operação tecnológica de baixo nível científico e não se constituía em um tema pesquisado seriamente por universidades, institutos de pesquisa e indústrias. A tecnologia do abate de animais destinados ao consumo somente assumiu importância científica quando se observou que os eventos que se sucediam desde a propriedade rural até o abate do animal tinham posteriormente grande influência na qualidade da carne.

No Brasil Imperial os animais de corte, como bovinos e suínos, eram mortos aos grupos de 40 indivíduos em um corredor (tronqueira) no qual quatro escravos se atiravam sobre eles, espancando suas cabeças com pedras, sendo esquartejados a seguir. Atualmente, tenta-se fazer dessa operação uma fase do processo de abate com menor estresse aos animais, influenciando significativamente a qualidade da carne. Além disso, é dever moral do homem, o respeito a todos os animais, evitando sofrimentos inúteis àqueles destinados ao abate (ROÇA, 1999).

Nos países desenvolvidos há uma demanda crescente por processos denominados abates humanitários, sendo criadas organizações voltadas para o bem estar dos animais, como a American Society for the Prevention of Cruelty to Animals – ASPCA e Humane Slaughter Association, ambas americanas (SILVEIRA, 2001).

Na verdade, não apenas o abate, mas todo o manejo pré-abate deve seguir as normas que garantam um produto de melhor aceitação no mercado consumidor. Abate humanitário pode ser definido como um conjunto de procedimentos técnicos e científicos que garantam o bem estar dos animais desde o embarque na propriedade rural até a operação de sangria no frigorífico. Além disso, o abate de animais deve ser realizado sem sofrimento desnecessário, sendo que condições humanitárias

devem prevalecer em todos os momentos precedentes a esta atividade (BRASIL, 2000).

Outro aspecto que também vem ao encontro do conceito de abate humanitário são os métodos de criação e manejo de animais. É o que se refere a “carne ética”, ou seja, o alimento que é produzido ou obtido de uma maneira mais humanitária possível. Para que isto ocorra é necessário que os animais não sofram nenhum tipo de dor ou injúria desnecessária e nem estresse por períodos prolongados durante sua criação e abate.

O abate dos animais não é restrito especificamente ao processo de sangria, mas também aos processos de pré-abate, que são na maioria das vezes os maiores responsáveis pelo comprometimento da carcaça e queda na qualidade da carne. De acordo com Barbosa Filho e Silva (2004) os alimentos ditos “éticos” são a nova vertente do mercado mundial de carnes.

A legislação brasileira determina que o abate humanitário deve ser considerado em todas as operações do período pré-abate com o objetivo de evitar desconforto e excitação dos animais ou reações de estresse. Além disso, as condições humanitárias devem prevalecer no ato do abate e nos momentos precedentes ao abate, de maneira que há vários critérios que definem um bom método de abate, podendo-se citar (BRASIL, 2000):

- a) os animais não devem ser tratados com crueldade;
- b) os animais não podem ser estressados desnecessariamente;
- c) a sangria deve ser a mais rápida e completa possível;
- d) as contusões na carcaça devem ser mínimas;
- e) o método de abate deve ser higiênico, econômico e seguro para os operadores, com riscos mínimos.

A história do abate humanitário no Brasil é recente. No Estado de São Paulo, foi aprovado na Assembléia Legislativa, o Projeto de Lei nº 297, de 1990, e na Câmara dos Deputados tramitou o Projeto de Lei nº 3929 de 1989, que dispõem sobre os métodos de abate de animais destinados ao consumo (BRASIL, 1999). Nestes projetos de leis é permitida somente a utilização de métodos de abate mecânicos através de pistolas de penetração ou pistolas de concussão, eletro narcose e métodos químicos com o emprego do dióxido de carbono para mamíferos



e aves domésticos ou silvestres desde que destinados à alimentação humana. Em 1999, a Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura apresentou a Instrução Normativa nº17, de 16 de julho de 1999, sobre Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue, tendo sido o mesmo publicado em janeiro de 2000 (SILVEIRA, 2001).

Contudo a legislação brasileira ainda não comenta nada a respeito de métodos de abate para peixes, visto que estes animais não se enquadram nas suas definições no que se refere aos animais de açougue, e tampouco quanto às metodologias de manejo, transporte e bem estar. Esta situação ocorre devido à deficiência de informações científicas e falta de sensibilidade dos produtores e do mercado consumidor quanto ao bem estar de peixes.

A aquicultura moderna como outros setores zootécnicos deve ser uma atividade direcionada a produção de alimentos seguros, de forma sustentável. Com o continuado crescimento da aquicultura industrial no mundo todo, aumentam as discussões sobre o potencial negativo que esta atividade pode gerar, em termos de agressões ao meio ambiente, bem como sobre o bem estar animal. Pesquisas relacionadas aos efeitos dos procedimentos da aquicultura sobre o bem estar são essenciais para produzirem dados e recomendações sobre a melhor prática e futuras legislações.

Durante a criação de peixes em cativeiro, podem-se verificar condições estressantes como elevada densidade de armazenagem, dietas não balanceadas, má qualidade da água e práticas de seleção, manejo, transporte e captura inadequadas. Uma avaliação confiável do bem estar/sofrimento dos peixes e seus impactos sobre a qualidade do produto final necessitam de uma abordagem multidisciplinar que considera o comportamento do peixe e os diferentes processos bioquímicos e fisiológicos envolvidos (POLI et al. 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do abate por eletronarcole, asfixia por CO<sub>2</sub> e choque térmico sobre a qualidade da carne de matrinxã e estudar a sua estabilidade sob o resfriamento mensurando as principais variáveis físico-químicas e sensoriais utilizadas tanto na indústria quanto na pesquisa, com o intuito de confirmar se método de abate interfere na qualidade da carne de matrinxãs.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Bem estar e senciência em peixes

No Brasil, assim como no mundo todo, a preocupação com o bem estar dos peixes durante os processos produtivos encontra-se em seus passos iniciais, sendo estes aspectos de bem estar praticamente desconhecidos para consumidores, produtores e a legislação vigente. O processo de criação destes animais ainda é repleto de lacunas sobre quais medidas podem promover condições adequadas de bem estar, dificultando assim a possibilidade da implantação de uma política eficaz para o abate de peixes.

A senciência é a capacidade de ter consciência de sensações e sentimentos, ou seja, a capacidade de ter sentimentos subjetivos, sendo assim um pré-requisito para a discussão de bem estar (PEDRAZZANI, et al., 2008). No caso dos peixes a existência da senciência é percebida em alguns comportamentos como, por exemplo, o que ocorre com tilápias durante a disputa por território. O escurecimento do corpo do animal perdedor demonstrando a submissão ao seu oponente, o que causa a redução da agressividade do oponente sobre o peixe escurecido, evitando o prolongamento da luta. Portanto, o escurecimento do corpo ocorre pelo reconhecimento de indivíduos dominantes para evitar as disputas. Estes comportamentos podem ser indicativos de que os peixes conservam memórias e sugerem que os peixes possuem consciência (PEDRAZZANI et al., 2007) .

As evidências apresentadas acerca da percepção da dor nos peixes, da dimensão psicológica da resposta a agentes de estresse que apresentam, e da sua complexidade cognitiva, sugerem fortemente a existência de senciência nestes animais, o que legitima a aplicação do conceito de bem estar aos teleósteos. Ao mesmo tempo, estes aspectos do funcionamento físico, fisiológico e comportamental são de relevância fundamental na avaliação do bem estar, podendo contribuir para a produção de recomendações na manutenção e manejo de peixes em cativeiro, nomeadamente em aquicultura (OLIVEIRA; GALHARDO, 2007).

A questão da dor tem um enorme significado para o bem estar animal, sendo uma causa importante de baixo grau de bem estar. As estruturas do cérebro que transmitem a dor em outros vertebrados também são encontradas em peixes. Além disso, nas situações de risco, os peixes sentem-se estressados, reforçando a evidência de que podem sentir e reagir conscientemente a diferentes estímulos de maneira similar aos mamíferos, sob o ponto de vista da fisiologia e da psicologia (PEDRAZZANI et al., 2007).

Mesmo diante de tais demonstrações de sensibilidade e da presença dos mecanismos responsáveis pela percepção de dor, grande parte da população tende a subestimar a sensibilidade dos peixes. Não são raras estas demonstrações quando em “pesque-pagues”, por exemplo, muitas pessoas carregam seus peixes ainda vivos em sacos plásticos, ou não se incomodam em presenciar a evisceração e o filetagem do animal ainda vivo. Assim, não há reivindicação por parte do mercado consumidor quanto às práticas que promovam o bem estar destes animais, o que, aliado à falta de informações técnicas sobre abate humanitário para peixes, acarreta na falta de legislação, favorecendo a liberação de produtos de baixa qualidade.

O pescado contribui com aproximadamente 25% da oferta mundial da proteína de origem animal (SEBRAE, 2008). Entretanto, as perdas do pescado na pós-captura causadas pela deterioração, atingem cerca de 10 a 12 milhões de toneladas/ano, e ainda aproximadamente mais 20 milhões de toneladas de peixes/ano é rejeitado no mar, prejudicando a segurança alimentar – termo utilizado para garantir que todos tenham acesso físico e econômico ao alimento básico que necessitam (FAO, 2008).

Uma das principais preocupações dos consumidores de produtos aquícolas é a qualidade que estes alimentos podem lhes oferecer, ou seja, a segurança no momento do consumo, frescor, valor nutricional e seus benefícios para a saúde (POLI et al., 2005; VAN DE VIS et al., 2003). É interessante notar que a qualidade e o bem estar estão intimamente relacionados a partir de evidências de que a criação inadequada dos peixes pode resultar na má qualidade do pescado. Em condições de produção, a qualidade do peixe pode ser influenciada por fatores extrínsecos tais como estratégias de alimentação, composição da dieta e manuseio pré e pós abate (RIBAS et al., 2007; ROBB et al., 2000).

Para alcançar a segurança alimentar é necessário que existam três fatores: disponibilidade, acesso e qualidade (SEBRAE, 2008). Assim, é necessário melhorar a segurança do alimento, isto é, produzir alimentos sem contaminação química e/ou microbiológica, além de utilizar adequadamente os alimentos produzidos, reduzindo as perdas pós-captura na aquicultura, aumentando a porcentagem dos peixes utilizados para o consumo humano direto. Para isso, a cadeia produtiva do pescado terá de enfrentar grandes desafios, não apenas se intensificando, mas também se diversificando, através da exploração de novas espécies e modificando seus sistemas e práticas (FAO, 2008).

O controle de qualidade do pescado e a segurança do alimento são fundamentais, pois é a *commodity* alimentar mais comercializada internacionalmente (HUSS, 2003). Porém a qualidade dos peixes também deve abranger aspectos éticos durante a produção (LAMBOOIJ et al., 2006). Para peixes, o bem estar animal começou a ser discutido recentemente (LAMBOOIJ et al., 2002), entretanto na indústria da produção de aves e mamíferos já se tem utilizado o bem estar animal como forma de melhorar o produto final (LAMBOOIJ et al., 2006).

Uma das etapas de produção mais críticas para manter a qualidade do pescado é o processo de abate (RIBAS et al., 2007), pois o estresse associado a este manejo pode afetar diretamente na entrada e resolução do *rigor mortis*, proporcionando principalmente diminuição da vida de prateleira do produto final (ROBB; KESTIN, 2002). Além do abate, as próprias características químicas e estruturais da carne do pescado proporcionam deterioração mais rápida (MELO FRANCO; LANDGRAF, 1996) em relação a outros animais de criação terrestres.

O estresse é um conjunto de respostas do organismo animal diante de estímulos desagradáveis e ameaçadores (URBINATI; CARNEIRO, 2004). Segundo Weendelar Bonga (1997) o estresse é uma condição causada por estímulos intrínsecos, denominados estressores, que apresentam ação dupla, tanto produzindo efeitos que ameaçam ou perturbam o equilíbrio homeostático, como desencadeando um conjunto coordenado de respostas fisiológicas e comportamentais com o fim compensatório ou adaptativo para a sobrevivência animal.

As respostas ao estresse funcionam como um mecanismo que permite aos peixes preservar a saúde frente às ameaças dos estressores (LIMA et al., 2006). A resposta com finalidade adaptativa apresenta como aspecto central a realocação da

energia metabólica de atividades de investimento, como o crescimento e a reprodução, para atividades de restabelecimento da homeostase, como a respiração, locomoção, regulação osmótica e reparação tecidual (WEENDELAR BONGA, 1997).

A atenção e preocupação com o estresse na piscicultura têm aumentado consideravelmente nos últimos anos, por ser questão importante no bem estar dos peixes (ASHLEY, 2007), e também pelos efeitos negativos na produção (URBINATI; CARNEIRO, 2004) e na alteração dos atributos de qualidade da carne (LAMBOOIJ *et al.*, 2002).

O grau em que os atributos de qualidade da carne são afetados pelo estresse é dependente da severidade, duração e velocidade do estressor. O estresse pode ocorrer durante o manejo da produção, como por exemplo, a alta densidade de armazenagem nos sistemas de criação intensiva, transporte e abate (LAMBOOIJ *et al.*, 2002). Os problemas ocasionados pela produção intensiva, tais como diminuição da imunidade favorecendo a instalação de processos infecciosos, canibalismo devido à grande competitividade por alimento ou por períodos prolongados de privação alimentar, má formação óssea ou tecidual devido à desnutrição ou altas densidades de armazenagem, entre outros, (POLI, 2005), em conjunto com a demanda dos consumidores por produtos de melhor qualidade estão alterando o interesse dos produtores para a produção de peixes de maneira sustentável, pois a qualidade do produto final abrange aspectos éticos durante a produção (LAMBOOIJ *et al.*, 2006).

Os métodos de abate são considerados fatores estressantes, podendo induzir a uma resolução precoce do *rigor mortis*, alterando as características organolépticas e diminuindo a vida de prateleira do produto final (SCHERER *et al.*, 2005). O estresse do abate propicia maior atividade do músculo, reduzindo suas reservas energéticas, o ATP (adenosina trifosfato), afetando inicialmente o pH e o desenvolvimento do *rigor mortis*, e posteriormente outros fatores determinantes de qualidade (BAGNI *et al.*, 2007).

As técnicas de abate são diversas, e as espécies de peixes apresentam variação nas respostas aos diferentes métodos (ASHLEY, 2007), sendo assim, a escolha apropriada do método de abate é um passo importante para assegurar a qualidade do pescado (SCHERER *et al.*, 2005).

## 2.2. Métodos de abate para peixes

As técnicas de abate de peixes têm sido alvo de inúmeros estudos, com vários objetivos, entre os quais os de promover o controle de qualidade, a eficiência e a segurança dos procedimentos (CONTE, 2004). Vários trabalhos têm também o objetivo de minimizar o tempo necessário para produzir a morte, e implicitamente reduzir o medo e a dor que os animais possam sentir (LAMBOOIJ et al., 2002). Alguns exemplos de métodos de abate incluem o atordoamento elétrico seguido de decapitação ou corte das brânquias, percussão craniana, choque térmico ou asfixia com a remoção do peixe da água (OLIVEIRA; GALHARDO, 2007).

O abate geralmente é um processo realizado em duas fases. Primeiramente o animal é atordoado com o objetivo de mantê-lo insensível à dor. A morte então é induzida por vários métodos que incluem o sangramento, parada do coração, ou impedindo o acesso ao oxigênio. Estas duas fases podem ocorrer juntas, porém quando ocorrem como operações distintas, o tempo de atordoamento para insensibilização deve ser minimizado, evitando a eventual recuperação da consciência antes que ocorra a morte (LINES et al., 2003)

Os atordoamentos elétricos e percussivos, aplicados somente na cabeça, parecem ser em geral os métodos causadores de menos perturbação, a julgar por dados comportamentais, por indicadores de reflexos cerebrais e pela qualidade da carcaça. A morte por asfixia e com recurso ao gelo parecem ser os métodos menos aceitáveis por exporem os peixes a um período prolongado de sofrimento (CONTE, 2004). Quando aplicado de forma correta, os métodos de abate podem causar pouco estresse, melhorando as propriedades físicas da carne, diminuindo a exaustão de energia muscular, produzindo menos ácido láctico, mantendo o equilíbrio do pH muscular, diminuindo a velocidade de entrada no *rigor mortis*, tendo como consequência um pescado de melhor qualidade (CONTE, 2004).

Com a diminuição do estresse pré-abate algumas características organolépticas podem ser mantidas, como: cor, aroma, odor e sabor além de aumentar a capacidade de manter as características de frescor. Assim, estudos

referentes à suplementação com antioxidantes, bem como a utilização de diferentes métodos de abate podem contribuir para garantir maior vida de prateleira ao pescado.

Uma ampla variedade de métodos de abates é utilizada na aquicultura e cada um deles pode induzir a diversos níveis de estresse. Além disso, métodos de abate que são utilizados comercialmente, assim como a asfixia no ar e imersão em solução de água salgada e gelo, envolvem períodos prolongados de consciência antes da morte (ASHLEY, 2007; EFSA, 2009; POLI et al., 2005; VAN DE VIS et al., 2003). Métodos de abate, como a utilização de dióxido de carbono e atordoamento elétrico foram usados em peixes marinhos, porém ambos têm sido considerados desumanos com diminuição do pH da carne ou aceleração do início do estado de *rigor mortis* (EFSA, 2009; KNOWLES et al., 2007; POLI et al., 2005).

Substâncias anestésicas são frequentemente utilizadas para reduzir a hipermotilidade, facilitando o trabalho com os animais, além de reduzir o estresse causado pela manipulação dos peixes durante as atividades de manejo (INOUE et al., 2005). Porém os métodos baseados no uso de produtos anestésicos químicos para o abate destes animais não são adequados na produção de pescado para consumo humano, devido à possibilidade de ingestão dos resíduos dos agentes anestésicos que são conservados no músculo dos peixes (RIBAS et al., 2007). O óleo de cravo é um agente narcotizante relativamente novo na piscicultura. Seu princípio ativo é o eugenol (4-Allyl-2-methoxyphenol) proveniente do caule, flores e folhas do cravo (*Eugenia caryophyllata* e *E. aromatica*) capaz de causar desde simples analgesia até óbito, porém sua ação fisiológica nos peixes ainda é pouco conhecida (RIBAS et al., 2007).

Um dos métodos de abate mais usual é a imersão do peixe em uma mistura de água e gelo (ASHLEY, 2007), com o abaixamento da temperatura da água para próximo de 1°C, no qual a baixa temperatura afeta a atividade, diminui a taxa de metabolismo e o consumo de oxigênio, finalmente, imobilizando o peixe até que ocorra a morte do animal (RIBAS et al., 2007). A eficácia deste método varia conforme a diferença entre temperatura da água utilizada para o abate e a temperatura da água de cultivo. Por este motivo o choque térmico é mais fácil de ser aplicado para espécies de peixes de águas quentes (ACERETE et al., 2004). Existem questionamentos em termos de bem estar ao se utilizar este método de abate. Alguns trabalhos avaliam tanto questões de bem estar dos peixes, como sua

relação com a qualidade do produto final (BAGNI et al., 2007; LAMBOOIJ et al., 2006; SCHERER et al., 2005). O choque térmico pode tornar o peixe imóvel e aparentemente insensível, além disso, o resfriamento rápido também promove a boa qualidade da carne. Porém não existem comprovações científicas de que a insensibilidade a dor de fato ocorra através do choque térmico, porém é possível que o peixe permaneça consciente, mas paralisado (ROBB; KESTIN, 2002). Este método, ainda é o mais utilizado nas indústrias de beneficiamento de pescado em regiões de clima quente, devido principalmente a facilidade de aplicação e por oferecer resultados positivos de qualidade.

O método de abate por sangria é realizado por perfuração ou corte das brânquias, com posterior mergulho do peixe em água gelada (1°C) (OLSEN, 2008). Para garantir o bem estar animal, este método pode ser realizado em conjunto com prévia insensibilização com CO<sub>2</sub> (ROTH et al., 2005), atordoamento elétrico (LAMBOOIJ et al., 2008; 2006; ROTH et al., 2007) ou choque térmico (LAMBOOIJ et al., 2006). Entretanto, diversas indústrias utilizam a sangria sem nenhuma insensibilização prévia.

Os métodos de insensibilização ou atordoamento, geralmente são seguidos de métodos complementares que provocam a morte dos peixes, como por exemplo: pancada na cabeça (comumente utilizado em peixes de grande porte proveniente da pesca extrativa), perfuração cerebral por pistola de ar comprimido ou por objeto perfuro-cortante. Estes métodos considerados complementares somente são utilizados quando se pretende comercializar o peixe em filés ou postas, já que causam deformações na cabeça, tornando a aparência desagradável (PARISI et al., 2002)

Alguns métodos de atordoamento por eletronarcose ou por adição de gases em misturas de água e gelo, visando um abate mais eficiente, são aplicados por indústrias europeias para o abate de truta e salmão. Por exemplo, é prática comum na Europa expor algumas espécies a um período prolongado de sofrimento com métodos de abate como o choque térmico para o robalo (*Dicentrarchus labrax*) ou com a imersão em gelo e asfixia no ar, como acontece com o turbot (*Psetta maxima*). O atordoamento elétrico dos animais é baseado na indução de um insulto epileptiforme, através de uma corrente elétrica aplicada ao cérebro. O processo de epilepsia é caracterizado por despolarizações rápidas e vigorosas no sistema nervoso central. A primeira etapa induzida pelo atordoamento elétrico produz a fase



tônica através da liberação do neurotransmissor denominado glutamato (GABA), que é seguido por uma fase espasmódica e exaustiva. O neurotransmissor GABA auxilia na recuperação após o insulto. Um ser humano permanece inconsciente durante as três fases de um insulto epileptiforme como o gerado por uma corrente elétrica. Por analogia, um animal vertebrado também é considerado inconsciente e insensível durante a aplicação da corrente. Esta afirmação é possível devido às similaridades nas estruturas cerebrais e semelhanças no padrão de comportamento entre seres humanos e animais vertebrados em situações em que os seres humanos relatam sensações positivas ou negativas (LAMBOOIJ, et al., 2008).

Com métodos como esses, simples observações comportamentais isoladas, tais como o comportamento de fuga, podem indicar que os procedimentos são ideais em termos de bem estar animal (KNOWLES, et al., 2008). Atordoamento elétrico imediatamente após a captura é visto como um método que promove o bem estar do peixe no momento do abate, através da indução a um estado de inconsciência imediata, que persiste até que o animal esteja morto (KNOWLES, et al., 2008).

No Reino Unido alguns sistemas comerciais de abate de truta arco-íris por estimulação elétrica são realizados colocando os peixes em um tanque onde a água recebe um campo elétrico de 50 Hz, suficientemente forte para produzir insensibilidade rápida. Este sistema tem a vantagem de não ser necessário remover os peixes da água antes de serem insensibilizados ou mortos, diminuindo o estresse pré-abate (LINES et al., 2003).

Na Tabela 1 estão concentradas as principais referências sobre métodos de abate de peixes. É possível notar que as espécies mais estudadas são as marinhas e que na maioria dos casos o objetivo dos trabalhos é comparar um método de abate alternativo (CO<sub>2</sub> e Eletricidade) com os métodos comumente utilizados na indústria (asfixia, choque térmico em água e gelo ou percussão craniana). Outro fato notório é a pouca quantidade de espécies tropicais abordadas neste tipo de pesquisa, evidenciando que em nosso continente este aspecto da produção aquícola ainda é pouco estudado.

Dentro do exposto torna-se evidente que a pesquisa de métodos de abates para peixes ainda cursa seus passos iniciais principalmente no que se refere à diversidade de espécies de peixes marinhos e dulcícolas de interesse comercial, cada qual com suas particularidades ambientais, características comportamentais e

organolépticas que devem ser consideradas no momento da escolha do método de abate a ser aplicado, primando por um procedimento que cause o menor sofrimento possível e que promova características de qualidade adequadas às necessidades de um mercado consumidor cada vez mais exigente.

**Tabela 1** - Principais referências sobre diferentes métodos de abate de peixes marinhos ou de água doce de interesse comercial.

Referência	Espécie	Método de Abate					Corte de brânquias
		CO <sub>2</sub>	Água e gelo	Asfixia	Eletricidade	Percussão	
Lambooij et al., 2002, 2006	<i>Clarias gariepinus</i>		x			x	
Lambooij et al., 2006	<i>Cyprinus carpio</i>				x	x	
Duran et al., 2008				x		x	
Scherer et al., 2005	<i>Ctenopharyngodon idella</i>		x		x		
Bagni et al., 2007			x	x			
Giuffrida et al., 2007	<i>Sparus aurata</i>	x	x				x
Tejada e Huidobro, 2002			x	x		x	
Lambooij et al., 2008			x		x		
Bagni et al., 2007	<i>Dicentrarchus labrax</i>		x	x			
Knowles et al., 2007			x		x		
Acerete et al., 2009		x	x	x			
Roth et al., 2006		x				x	
Olsen et al., 2006							x
Robb e Roth, 2003	<i>Salmo salar</i>				x		
Roth et al., 2002, 2006		x			x	x	
Erikson et al., 2006		x	x				
Lambooij et al., 2008	<i>Oreochromis niloticus</i>				x		
Roth et al., 2007,	<i>Scotphalmus</i>				x	x	
Ruff et al., 2002	<i>maximus</i>		x			x	
Knowles et al., 2008	<i>Psetta máxima</i>		x		x		
Morzel et al., 2002			x		x		
Giuffrida et al., 2007				x	x		x
Roth et al., 2005		x				x	
Duran et al., 2008				x		x	
Ozogul e Ozogul, 2004	<i>Oncorhynchus mykiss</i>		x			x	
Lines e Kestin, 2003, 2005					x		
Lines et al., 2003					x		
Robb et al., 2000						x	

### 2.3. Parâmetros de avaliação da qualidade do pescado:

A avaliação da qualidade do pescado pode ser realizada por meio de vários métodos. No entanto, apesar da extensa literatura que existe sobre este assunto, não está descrito nenhum método universal que possa ser aplicado a qualquer espécie de pescado, habitat ou modo de captura (SANCHÉZ-CASCADO, 2005). Este fato se dá devido à complexidade que o próprio conceito de “qualidade do pescado” envolve, pois depende de inúmeros fatores como, por exemplo, segurança, qualidade nutricional, disponibilidade, conveniência, integridade, frescor e sabor, entre outros. Também é dependente de características físicas mais relacionadas com a espécie, como o tamanho e o tipo de produto. O frescor do pescado é um fator fundamental para a qualidade do produto, e pode ser descrito por vários indicadores físicos, químicos, bioquímicos e microbiológicos (ÓLAFSDOTTIR et al., 1997; HUSS, 1995).

Dentre os vários aspectos que contribuem para a definição da qualidade do pescado *in natura*, o frescor destaca-se como o mais importante. O processo degenerativo *post mortem* se dá através de modificações significativas e progressivas do estado inicial de frescor. Isto implica em perda do frescor e deterioração em determinado período de tempo que sofre influencia direta de diversos fatores tais como a espécie do peixe, manuseio e condições de armazenamento (PARISI et al., 2002).

#### 2.3.1. Rigor Mortis

O desenvolvimento do *rigor mortis* no pescado é um fenômeno que persiste, normalmente por um dia ou mais. O momento em que se instala e desaparece varia com a espécie, temperatura, manuseio, tamanho e condição fisiológica do animal (HUSS, 1995). Durante a instalação do *rigor mortis* ocorre uma união irreversível dos

filamentos de actina e miosina. Após a resolução deste estado, o músculo relaxa e recupera a sua flexibilidade inicial, mas não a sua elasticidade (SANCHÉZ-CASCADO, 2005). O início precoce do *rigor mortis*, como resultado do manuseio inadequado e estressante no período pré-abate, pode ocorrer enquanto o peixe ainda está na linha de produção (BERG et al., 1997).

O processamento de tais peixes durante o rigor mortis deve ser evitado, pois este fenômeno pode acarretar efeitos negativos sobre a qualidade do filé. Peixes filetados antes do início da rigidez cadavérica têm propriedades que diferem dos animais filetados durante e após o rigor. Estas propriedades são consideradas favoráveis em termos de qualidade de carne (SKJERVOLD et al., 2001b; STIEN et al., 2005).

O *rigor mortis* é o processo físico mais importante no período *post-mortem*, que se caracteriza pela diminuição, a níveis abaixo do crítico, da adenosina trifosfato (ATP) existente no músculo assim como a diminuição do pH. Um dos passos mais críticos para a manutenção da qualidade na indústria aquícola é o procedimento de abate/insensibilização. A insensibilização por choque térmico somada à diminuição do estresse atrasa a instalação do *rigor mortis*, gerando um intervalo de tempo longo o suficiente para a filetagem e processamento pré-rigor, evitando que o peixe seja filetado enquanto a musculatura esteja rígida aumentando a possibilidade de ruptura do filé (RIBAS et al., 2007).

### **2.3.2. Alterações de pH**

O pH é uma das variáveis físicas mais utilizadas durante a avaliação da qualidade do pescado ao longo do tempo. Logo após a morte, ocorre uma diminuição do pH no músculo do peixe devido a desnaturação das proteínas, interferindo nas características físicas deste tecido (SANTOS, 2008). Esta reação gera um efeito negativo sobre a textura do músculo, pois a desnaturação interfere na capacidade de retenção de água (HUSS, 1995). O pH do músculo diminui desde a neutralidade até cerca de 6,2 – 6,5 devido ao acúmulo de ácido

lático, e aumentando em seguida devido à formação das bases nitrogenadas provenientes da degradação de proteínas (SANTOS, 2008).

A utilização desta variável para avaliar a qualidade do pescado nos momentos subsequentes a morte pode gerar certa ambigüidade. As reservas de energia presentes no músculo, no momento da morte, dependem de vários fatores tais como condição nutricional, período de restrição alimentar, manejo pré abate e método de abate utilizado, que vão condicionar o valor de pH no momento da morte. Por este motivo, esta variável é considerada por alguns autores como indicadora de degradação e não de frescor (RUIZ-CAPILLAS; MORAL, 2001). No entanto, outros autores (PARISI et al.,2002; POLI et al.,2005) sugerem a mensuração do pH ocular como uma alternativa as respostas possivelmente dúbias dessas observações no tecido muscular, apresentando como justificativa o fato de que neste órgão as oscilações do valores são mais evidentes devido a ausência de estruturas protetoras (pele ou pálpebras), podendo assim mostrar de forma mais objetiva o comportamento do pH durante a deterioração do pescado.

A determinação de acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação do pescado, pois o processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre o pH. Entretanto para a avaliação mais segura, torna-se também necessária a realização das análises microbiológica, química e sensorial (STIEN et al. , 2005).

### **2.3.3. Bases Nitrogenadas Voláteis**

Vários testes químicos/bioquímicos têm sido propostos como indicadores de perda de frescor como determinação de amônia, Trimetilamina, Bases Nitrogenadas Voláteis, pH, capacidade tampão, produtos da decomposição do ATP, determinação de Hipoxantina (Hx) e do valor de K. Estes dois últimos são os indicadores mais úteis de perda de frescor, embora seu aumento se deva tanto à degradação enzimática, como à atividade bacteriana. Tanto as reações de degradação microbiológicas como as autolíticas dão origem a uma série de compostos com

comportamento de bases nitrogenadas como o amoníaco, a trimetilamina, a dimetilamina e a monoetilamina, conhecidos no seu conjunto por formarem as Bases Nitrogenadas Voláteis (BNV) (SANTOS, 2008). A trimetilamina (TMA) é o principal componente desta fração, e tem origem na redução, principalmente de origem bacteriana, do óxido de trimetilamina (OTMA). Esta é uma substância naturalmente presente nos peixes marinhos, desempenhando uma função na regulação do equilíbrio osmótico destes animais (ÓLAFSDÓTTIR et al., 1997).

O BNV e a TMA são, por isso, os dois parâmetros químicos mais utilizados para avaliar a qualidade do pescado fresco, tendo os seus resultados apresentado uma boa correlação com o tempo de armazenamento dos produtos de pescado (RUÍZ-CAPILLAS; MORAL, 1999; BAIXAS-NOGUERAS et al., 2003).

A BNV é composta pela trimetilamina (origem na degradação microbiológica), dimetilamina (produzida por reações autolíticas de degradação durante o armazenamento), amônia (proveniente da desaminação dos aminoácidos e catabólitos de nucleotídeos), entre outros compostos nitrogenados básicos voláteis associados com a degradação do pescado (HUSS, 1995). A sua determinação expressa quantitativamente o teor de bases voláteis de baixa massa molecular. Este parâmetro é útil, como índice de degradação de vários produtos de pescado, sendo considerado como um índice higio-sanitário.

No entanto, o valor de BNV em produtos de pescado processados ou mesmo, minimamente processados, no ponto de rejeição pode ser muito variável. Isto porque o processamento pode levar a alteração da flora microbiana, a principal contribuidora para o aumento deste valor (CAKLI et al., 2006; GOULAS; KONTOMINAS, 2005). De fato, com a determinação do BNV é determinada, ao mesmo tempo, a presença de várias substâncias, o que pode conferir uma maior validade a este parâmetro, como índice de qualidade. No entanto, pelo fato de algumas substâncias só se formarem numa fase tardia da degradação, este é normalmente referido como sendo um valor indicativo da degradação e não de frescor. Não existe uma relação proporcional entre o tempo de armazenamento e o teor de BNV, já que este apresenta valores mais ou menos constantes no início, aumentando muito apenas quando o produto se encontra próximo ou após o ponto de rejeição sensorial (PASTORIZA et al., 1998; BAIXAS-NOGUERAS et al., 2003).

Outra limitação em relação à utilização do teor de BNV como índice de degradação está relacionada com as diferenças que se podem encontrar entre

espécies, época do ano, habitat, entre outros (SANCHÉZ-CASCADO, 2005). A determinação do BNV pode ser realizada segundo métodos baseados na microdifusão ou na destilação, ou através de métodos baseados na análise por injeção em fluxo (RUIZ-CAPILLAS; HORNER, 1999).

#### **2.3.4. Contração do Filé e alterações de Cor**

O conceito de filetagem pré-rigor é atualmente uma meta para muitos processadores de salmão na Noruega. Com esta situação como um pano de fundo, é relevante estabelecer o conhecimento da extensão das mudanças no filé logo após o abate (MISIMI et al., 2008).

Durante o estado de rigor, o processo de filetagem torna-se mais difícil, podendo acarretar ruptura dos filés, gerando perdas no rendimento de carcaças e produto com apresentação inadequada. No entanto, se a filetagem ocorrer antes da instalação do rigor mortis, os filés podem encolher no momento da instalação desta fase, sendo que no músculo branco pode encolher até 15% do seu tamanho inicial (SANTOS, 2008), portanto torna-se importante conhecer o comportamento da variação morfológica do filé durante o período de armazenagem a fim se de propor o momento adequado para o processamento do pescado.

A cor dos produtos é a propriedade física responsável por causar as primeiras impressões durante a avaliação de qualidade, sendo muitas vezes a única variável considerado pelo consumidor no momento da compra (SANTOS, 2008). As alterações autolíticas e microbiológicas que ocorrem durante a degradação provocam alteração da cor. Outros fatores que podem levar a alteração da cor de um produto de pescado são as condições de criação, no caso de animais provenientes de aquicultura (HALLIER et al., 2007), as condições de armazenamento e o tipo de manuseio a que estão sujeitos. Outro fator de variação a considerar são as diferentes condições biológicas e alimentação de cada animal (ERIKSON; MISIMI, 2008).

Existem, atualmente, vários procedimentos instrumentais que permitem avaliar a cor dos alimentos, dentre estes um dos mais utilizados é o sistema de cor CIE  $L^*a^*b^*$  (SCHUBRING, 1997).

### **2.3.5. Alterações de Textura do Filé**

As mudanças estruturais que ocorrem durante a degradação do pescado podem ser monitoradas através da análise da textura do músculo. A textura do pescado depende de vários fatores biológicos relacionados com a densidade das fibras musculares, como a gordura e o colágeno (ÓLAFSDÓTTIR et al., 2004).

O músculo do peixe possui uma estrutura muscular bastante complexa e sua integridade depende da presença de proteínas estruturais, muito sensíveis a pequenas alterações capazes de provocar alterações na textura do pescado. O colágeno é um exemplo de uma proteína estrutural ao qual foi atribuída uma função significativa na manutenção da textura.

Após a morte, verifica-se que as reações autolíticas provocam solubilização desta proteína e conseqüentemente maior destruição do tecido conjuntivo, o que acarreta uma perda de estrutura do tecido muscular (HAARD, 2002).

As variações de textura podem ser monitoradas sensorialmente. No entanto, foram desenvolvidas técnicas reológicas objetivas que conseguem reproduzir a avaliação de um painel de peritos (SANTOS, 2008). As diferentes técnicas desenvolvidas baseiam-se em princípios reológicos como a compressão, punção ou força de cisalhamento. Os instrumentos utilizados são denominados texturômetros, acompanhados por uma grande variedade de acessórios, que permitem realizar diferentes tipos de análises.

Existem vários procedimentos para avaliar a textura do pescado, no entanto os dados fornecidos têm uma utilidade limitada como parâmetro de qualidade. Devido à inexistência de uma uniformidade estrutural, foram já identificadas várias características mecânicas do músculo do peixe inteiro ou filé. Os resultados podem ainda ser influenciados pelo método instrumental, se este não considerar a



segmentação e orientação da estrutura muscular (SANTOS, 2008). Esta situação faz com que haja uma grande variabilidade nos valores encontrados entre filés, dependendo do local em que é realizada a análise, o que torna ainda mais difícil a preparação das amostras para este teste. Apesar destas desvantagens, a análise de textura através de métodos mecânicos é muito utilizada na avaliação da qualidade do pescado, uma vez que, em diferentes estudos com diferentes espécies, foi possível encontrar uma boa correlação entre a análise de textura e a análise sensorial. Por outro lado, esta situação não se verificou para todas as espécies e produtos de pescado já analisados (ÓLAFSDÓTTIR et al., 1997).

### **2.3.6. Degradação do ATP e seus catabólitos**

Os produtos da degradação da adenosina trifosfato (ATP) são quantificados com o intuito de monitorar o frescor do pescado, pois logo após a morte do animal, o ATP presente no músculo é rapidamente degradado até Inosina monofosfato (IMP) através de enzimas endógenas. A reação seguinte é mais lenta e consiste na degradação do IMP em inosina e hipoxantina, para a qual são necessárias enzimas como a IMP fosfohidrolase e a inosina ribohidrolase que têm origem bacteriana (ÓLAFSDÓTTIR et al., 1997). Como a concentração destas enzimas aumenta com o período de armazenamento devido ao desenvolvimento bacteriano, a degradação do ATP nos demais catabólitos é bem correlacionada com a perda de frescor do pescado.

Normalmente, o estado de degradação é expresso pelo valor K, que é definido pela razão entre a soma da concentração de inosina (Ino) e hipoxantina (Hx) e a concentração de todos os demais catabólitos (ATP, ADP, IMP, Ino e Hx). Um baixo valor K está associado a um peixe fresco, tendo este índice sido já aplicado na avaliação de pescado congelado, defumado e embalado sob atmosfera modificada (PARISI, 2002).

O valor inicial de K, imediatamente depois da captura, não excede 10% e, em princípio, aumenta de forma gradual como consequência do desdobramento enzimático. Em geral, considera-se a seguinte escala para peixes:

#### **Limites do valor de K**

K < 5% : peixes recém mortos (morte sem sofrimento)

K < 20% : peixes muito frescos (podem ser consumidos como “sashimi”)

K entre 20 – 40% : peixes frescos (devem ser cozidos para consumo)

K > 40% : sem frescor (não são considerados aptos para o consumo)

A taxa de aumento do valor K permite identificar o pescado que tem uma vida útil mais prolongada. A diferença entre a vida de prateleira, em gelo, de diferentes espécies de pescado pode chegar até a 10 dias, até que o valor K atinja 20%. O valor K aumenta mais rapidamente no pescado de águas frias e o aumento pode ser até cinco vezes mais rápido nos músculos escuros que nos brancos.

A quantidade de energia muscular (ATP), no período post-mortem depende do estado nutricional e da exposição dos peixes a procedimentos estressantes durante o processo de abate. Sigholt et al., (1997), Robb, (2002), Skjervold, (2001) e Kiessling et al., (2004), relatam que o estresse pré-abate acelera a instalação do *rigor mortis* assim como o tempo requerido para o alcance do seu nível máximo afetando também características relacionadas a qualidade, tais como textura de filé que pode ser alterada negativamente.

#### **2.3.7. Análise Sensorial**

A análise sensorial é o método de rotina utilizado na indústria para avaliar a qualidade do pescado. Características como a aparência exterior, odor e cor são extremamente importantes para o controle de qualidade do produto. Variáveis relacionadas com a origem, manuseio e defeitos são também consideradas

(OEHLENSCHLÄGER; SÖRENSEN, 1997). Existem vários esquemas de análise sensorial que podem ser aplicados ao pescado cru.

Atualmente, o método mais aplicado na indústria, agrupa as características descritivas de modo a atribuir uma pontuação. Este foi proposto na comunidade Européia, no Regulamento Comunitário 2406/96 de 26 de Novembro de 1996, e inclui esquemas para avaliar o grau de frescor para alguns grupos de pescado (peixes brancos, azuis e elasmobrânquios; cefalópodes e crustáceos), e que se destinam a ser aplicados pela indústria e pelos serviços de inspeção (DALGAARD, 2000)

Os esquemas europeus permitem a classificação do pescado em diferentes categorias em função de um valor numérico obtido na análise sensorial: E: extra; A: pescado fresco; B: rançoso e O: não admitidos para o consumo humano. Apesar da aplicação dos esquemas publicados no regulamento serem aceites pelos países da União Européia, existem algumas discrepâncias devido à utilização de descritores gerais e que nem sempre são os mais adequados, por não descreverem convenientemente as alterações que ocorrem em cada espécie (ÓLAFSDÓTTIR et al., 2004). Tal fato levou ao desenvolvimento de esquemas alternativos que têm em consideração as características de cada espécie e que, ao mesmo tempo, são de rápida e fácil aplicação. Este novo esquema é denominado Método do Índice de Qualidade (QIM) e permite, através da avaliação sensorial de vários parâmetros, classificar o pescado relativamente ao seu grau de frescor, proporcionalmente com o tempo de armazenamento refrigerado. A principal vantagem deste método é a especificidade e objetividade, permitindo a avaliação específica para cada espécie (SANTOS, 2008).

Existem, atualmente, esquemas para avaliar a qualidade de 28 espécies de pescado (bacalhau (*Gadus Morhua*), arenque (*Clupea harengus*), anchova (*Pomatomus saltator*), sardinha (*Cyphocarax Gilbert*), ruivo (*Lepidotrigla cavillone*), linguado (*Paralichthys patagonicus*), turbout (*Scophthalmus maximus*), dourada (*Spaurus aurata*), salmão (*Salmo salar*), pescada (*Cynoscion spp*), polvo (*Octopus vulgaris*), atum (*Thunnus alalunga*), choco (*Sepia officinalis*), lula (*Loligo vulgaris*), etc.) (SANTOS, 2008), porém este número ainda é pouco significativo em relação à quantidade de espécies comercializadas atualmente em todo o mundo.

A análise sensorial objetiva é essencial para avaliar a qualidade do pescado. Contudo, apresenta como principais desvantagens o fato de ser uma análise

dispendiosa, demorada e difícil, particularmente quando é necessário recorrer a um painel de provadores treinados. Os métodos instrumentais são por isso, considerados como um suplemento necessário para a análise da qualidade (DALGAARD, 2000).

#### 2.4. Informações sobre a Espécie

O matrinxã, *Brycon cephalus* (GÜNTHER, 1869), apresentado na Figura 1, é uma das espécies nativas mais promissoras para a piscicultura nacional, por apresentar grande potencial de crescimento e carne de boa qualidade sensorial e nutricional (GRAEF et al., 1987). É uma espécie reofílica de desova total, originária da bacia Amazônica, apresentando reprodução durante a estação chuvosa (CASTAGNOLLI, 1992;). Além disso, habitam águas claras e bem oxigenadas, alimentando-se principalmente de frutos e sementes (GOULDING, 1980).



**Figura 1** - Exemplos de matrinxã conservados em gelo.

Este peixe vem despertando grande interesse em pesquisadores, piscicultores, pesque-pague e da agroindústria de pescado de todo o Brasil. A crescente procura por essa espécie para criação em ambientes controlados se deve, principalmente, à sua fácil adaptação ao cativeiro, aceitação de alimentos tanto de origem vegetal quanto animal, seu rápido crescimento e seu elevado valor comercial (PIZANGO-PAIMA, 1997; SOARES, 2000; IZEL et al., 2004).

Por apresentar carne de coloração branca e sabor delicado, o matrinxã tem bastante aceitação nas regiões Norte e Nordeste do país, e apesar da grande quantidade de espinhos em forma de “Y” em sua musculatura, esta espécie apresenta um grande potencial para a indústria, visto ser apta para a produção de carne mecanicamente separada (CMS) utilizada na produção de hambúrgueres, “nuggets” ou “steak” de peixe, muito bem aceito pelo mercado consumidor.

Analisando os valores de umidade e de gordura, Lessi et al., (2004) observaram que a espécie *Brycon cephalus*, oriunda de piscicultura, pode ser classificada como semigorda, com teor de gordura entre 4,0 e 8,0%. Estes mesmos autores também verificaram que a quantidade de proteína determinada nesta espécie está de acordo com os valores da literatura, podendo o matrinxã ser considerado como uma boa fonte de proteína de alto valor biológico para a alimentação humana, pois apresenta todos os aminoácidos essenciais em proporções balanceadas, indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento do corpo humano.

### 3. Material e Métodos

#### 3.1. Local

O experimento foi conduzido nos Laboratório de Aquicultura, Laboratório de Microbiologia e Micotoxicologia de Alimentos e no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga.

#### 3.2. Material Biológico

Foram utilizados noventa exemplares de matrinxã (*Brycon cephalus*), oriundos de piscicultura comercial da região de Pirassununga, com peso médio de  $535,10 \pm 121,36$  g e comprimento médio de  $32,93 \pm 2,35$  cm. Os peixes foram previamente alojados em tanque de alvenaria com capacidade de 5000 L de água e renovação constante, durante 72 horas antes do procedimento de abate, evitando-se desta forma, que o estresse causado pelo transporte pudesse interferir nos resultados dos experimentos.

### 3.3. Metodologia dos Abates

Para o abate dos matrinxãs foram utilizados três diferentes procedimentos:

- a) *Eletronarcore (ChE)*: os peixes (n = 30) foram colocados em uma caixa plástica com capacidade de 120L, preenchida com água salinizada (0,03%), para melhorar a condutividade elétrica que foi de 700 $\mu$ S e submetida à aplicação de uma corrente elétrica de 155 V e 7,3 A, durante 3min, até a morte dos animais.
- b) *Asfixia por CO<sub>2</sub> (Gás)*: os peixes (n = 30) foram alojados em caixa plástica com capacidade de 120L, repleta de água em temperatura ambiente, na qual foi borbulhado CO<sub>2</sub> com auxílio de pedra porosa por aproximadamente 30 minutos, até a morte dos animais.
- c) *Choque Térmico (ChT)*: os peixes (n = 30) foram imersos em caixa plástica com capacidade de 120L, contendo água e gelo na proporção de 1:1, por 14 minutos até a constatação da morte dos animais.

Foi realizada avaliação dos parâmetros de qualidade da água durante os três procedimentos de abate com o auxílio de uma sonda multi-parametro (Horiba multi-parâmetros, modelo U-10). O comportamento dos animais durante a exposição a cada metodologia de abate e o tempo necessário para a morte dos peixes foram também observado cuidadosamente desde o momento da aplicação de cada método até a morte. O óbito foi confirmado pela ausência de reflexos ao estímulo da linha lateral, com um alfinete e pela ausência de movimentação ocular durante o movimento de inversão de dorso do peixe.

### 3.4. Procedimento Experimental e Amostragem

Após a confirmação da morte dos peixes de cada tratamento, foram realizadas as seguintes operações: pesagem, medida do comprimento total, medida do ponto D0 para o cálculo do índice de *rigor mortis* (IR) e identificação de cada

exemplar com um papel contendo informações e colocado sob o opérculo. Em seguida os peixes foram colocados em caixas isotérmicas, com cobertura de gelo e mantidas em câmara frigorífica (4°C) durante o período de 18 dias.

As amostragens foram realizadas logo após a determinação da morte do animal (hora 0); às 3 e 5 horas após a morte; e aos 1, 4, 7, 12 e 18 dias de armazenagem em gelo seguindo o protocolo resumido na Tabela 2.

**Tabela 2** - Resumo dos parâmetros de avaliação conforme o tempo decorrido após a morte dos peixes.

Parâmetros Avaliados	TEMPO DECORRIDO APÓS A MORTE							
	0h	3h	5h	1dia	4dias	7dias	12dias	18dias
<i>Rigor Mortis</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>pH Ocular</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>pH Muscular</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>BNV</i>	✓			✓	✓	✓	✓	✓
<i>Contração do filé</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Cor</i>				✓	✓	✓	✓	✓
<i>Textura</i>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Avaliação Sensorial</i>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>ATP e seus derivados</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

### 3.5. Metodologia das análises laboratoriais

#### 3.5.1. Índice de rigor mortis (IR):

O índice de *rigor-mortis* foi determinado em cada ponto de amostragem em três peixes de cada tratamento, inicialmente a cada 30 minutos após o abate, com o propósito de identificar o comportamento deste fenômeno até a sua instalação plena (IR = 100%) e posteriormente aos 1, 4, 7, 12 e 18 dias de armazenagem para a



verificação do ponto de sua resolução. O IR foi determinado segundo a fórmula descrita por Bito et al. (1983) (Figura 2):

$$IR = \frac{D - D_0}{D_0} \times 100$$

Onde,

IR = Índice de Rigor.

D0 = Distância inicial entre a superfície da mesa e a base da nadadeira caudal.

D = Distância final entre a superfície da mesa e a base da nadadeira caudal.



**Figura 2** – Avaliação do índice de *rigor mortis* de matrinxãs submetidos a diferentes métodos de abate.

### 3.5.2. pH Muscular e Ocular:

As medidas de pH foram realizadas com o auxílio de um peagômetro de pulsão portátil (Sentron 1001, Integrated Sensor Technology) em três peixes de cada tratamento as 0, 3, e 5h e aos 1,4, 7, 12 e 18 dias de armazenagem. O pH muscular foi medido no lado esquerdo do peixe, na musculatura próxima a

nadadeira dorsal e o pH ocular foi medido diretamente no globo ocular esquerdo (Figura 3).



**Figura 3** – Avaliação do pH ocular e muscular de matrinxãs submetidas a diferentes métodos de abate

### 3.5.3. Bases Nitrogenadas Voláteis (BNV):

As bases nitrogenadas voláteis (BNV) foram determinadas em três peixes de cada tratamento logo após a confirmação da morte (hora 0) e após 1, 4, 7, 12 e 18 dias de acordo com o método de Howgate (1976). Os filés esquerdos do peixe foram pré-homogeneizadas em um processador de alimentos e aproximadamente 10g de amostra foram homogeneizados (Homogeneizador-Microtritador, Nova Técnica) com 60 ml de solução de ácido tricloroacético (TCA) 10% por 2 minutos e mantido em repouso durante duas horas. A seguir, a amostra foi filtrada em papel filtro (Whatman nº1), transferida (25ml do filtrado + 1g de óxido de magnésio) para um tubo do aparelho destilador de nitrogênio (TE-0363, Tecnal), destilada com 15ml de indicador misto (composto de ácido bórico 4%, vermelho de metila 0,1% e verde bromocresol 0,1%) e titulada com HCL 0,02N. O resultado da análise foi calculado de acordo com a fórmula:

$$\text{BNV (mg N/100 g)} = \frac{(\text{vol HCl (ml)} \times \text{N HCl} \times 14 \times \text{vol extr. TCA} \times 100)}{(25 \times \text{peso de amostra})}$$

Onde:

vol HCL = volume de HCl utilizado para a titulação da amostra;

N HCL= normalidade do HCl utilizado na titulação;

vol extr. TCA = volume do extrato em TCA, obtido da soma de volume de solução TCA+volume de água contida na amostra.

#### 3.5.4. Contração do filé:

A variação da contração do comprimento do filé foi realizada com o filé direito de três peixes de cada tratamento, com o auxílio de um paquímetro digital (Starrett, 799ª series) nas horas 0, 3, 5h e nos dias 1, 4, 7, 12 e 18 de armazenagem a 4°C (Figura 4). Na hora 0 os peixes foram filetados e estes filés armazenados sob refrigeração a 4°C e em cada período amostral a medida de contração do filé era mensurada nestas amostras. A porcentagem de variação do comprimento do filé foi obtida através da seguinte fórmula:

$$\% \text{Contração} = 100 - (C \times 100/C0) ,$$

Onde:

C = comprimento final do filé.

C0 = comprimento inicial do filé.



**Figura 4** – Medida de variação do comprimento dos filés de matrinxãs submetidos a diferentes métodos de abate.

### 3.5.5. Cor instrumental:

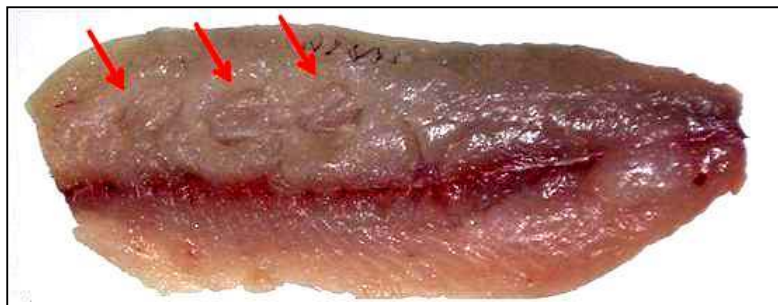
A medida de cor instrumental foi realizada em três filés esqueléticos de diferentes peixes de cada tratamento após 1, 4, 7, 12 e 18 dias de armazenagem, com o auxílio de um calorímetro portátil (Miniscan XE, Hunterlab), previamente calibrado com padrão branco e preto antes de cada análise, operando com fonte de luz D65, ângulo de observação de 10° e abertura de célula de medida de 30 mm. A cor foi expressa utilizando-se os padrões de cor do sistema CIEL\*a\*b\* – “Comission Internationate de L’Eclairage”:  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade da cor vermelho-verde) e  $b^*$  (intensidade da cor amarela-azul).

### 3.5.6. Textura instrumental:

A análise de textura instrumental foi realizada em um texturômetro (TA-XT2i, Stable Micro Systems), previamente calibrado com peso padrão de 5 kg. Os filés foram comprimidos utilizando um probe de alumínio (SMS P/20) com velocidade do pré-teste, teste e pós-teste de 2,0 mm/s e distância da plataforma de 20 mm (Figura 5), em três diferentes pontos de três filés de cada tratamento (Figura 6). A variável estudada foi força de compressão (g) de 40% da altura do filé.



**Figura 5** – Avaliação de textura instrumental de filés de matrinxãs submetidos a diferentes métodos de abate.



**Figura 6** - Pontos de compressão do filé para medida de textura instrumental.

### **3.5.7. Avaliação sensorial do frescor:**

A avaliação sensorial dos matrinxãs submetidos a diferentes métodos de abate foi realizada por cinco julgadores treinados (Anexo 1) de acordo com esquema oficial da União Européia (Regulamento da União Européia, CEE 103/76 modificado pelo Regulamento 2406/96), no qual estabelece quatro níveis de qualidade do pescado (E – extra, A – fresco, B – sem frescor, rançoso, O - deteriorado) nos diferentes pontos de amostragem.

### **3.5.8. Degradação do ATP e seus catabólitos:**

Em cada período de amostragem foi coletado 1g do músculo da parte dorsal do filé direito de cada peixe (três por tratamento) desprezando-se as partes vermelhas da musculatura. O músculo foi homogeneizado com 10 mL de solução de Ácido Perclórico 0,6 M dentro de um tubo falcon mantido em recipiente com gelo, com o auxílio de um Turrex (Turratec, Tecnal) por 20 segundos a 18.000 r.p.m.. O homogeneizado foi filtrado em papel filtro (Whatman nº1) e adicionados 600 µL do

filtrado com 600  $\mu\text{L}$  de solução tampão de fosfato (pH 7,6) em microtubos com capacidade de 1500 $\mu\text{L}$  e centrifugados durante 3 minutos. O sobrenadante foi armazenado em freezer para leitura em cromatógrafo líquido de alta precisão (High Precision Liquid Chromatography HPLC) de acordo com Burns et al. (1985). A fase móvel utilizada foi uma solução de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (0,6M) operando com um fluxo de 1,4mL/min em uma coluna analítica de fase reversa (RP 8MPLC, dimensões: 4,6mm x 10cm, tamanho da partícula de 10 $\mu\text{m}$ , embutido em uma coluna protetora, 4,6mm x 3cm, tamanho da partícula de 10 $\mu\text{m}$ ).

Os padrões utilizados para obtenção do tempo de retenção de cada metabólito foram: Hipoxantina (Hx), adenosina trifosfato (ATP), adenosina monofosfato (AMP), inosina monofosfato (IMP) e inosina (INO) adquiridos na forma purificada (Sigma Aldrich).

### **3.5.9. Delineamento experimental e análise estatística**

Para o pescado fresco mantido resfriado, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 3 tratamentos (eletroanestesia, asfixia por  $\text{CO}_2$  na água e choque térmico) nos intervalos de tempo avaliados (tempo 0, após 3, 5 horas, 1,4,7,12,18 dias).

Os dados físicos e químicos foram analisados por Análise de Variância (ANOVA) com diferença significativa de  $P < 0,05$ . Foi aplicado o teste de Tukey para a verificação da fonte de variação método de abate. Caso as fontes de variação tempo ou a interação tempo X método de abate tenham sido significativas foram realizadas análises de regressão. Para os escores de pontuação da análise sensorial foi utilizado o teste Wilcoxon. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SAS versão 9.1.3 (SAS/STAT®, 2002).

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Parâmetros de Qualidade de Água e Tempo para Insensibilização

Os tempos decorridos para a insensibilização dos peixes em cada método de abate assim como a variação das variáveis de qualidade de água durante a aplicação de cada tratamento encontram-se na Tabela 3.

Para o método eletronarcolese os valores de pH, oxigênio dissolvido e temperatura (6,5; 5,69mg/L; 23,5°C respectivamente) mantiveram-se estáveis durante toda a aplicação da corrente elétrica e dentro do esperado para a água utilizada. A salinidade observada neste tratamento (0,03%) ocorreu devido a diluição de NaCl na água onde os peixes foram imersos para a aplicação da corrente com o intuito de melhorar a condutividade elétrica (0,7 mS) aumentando assim a eficácia do tratamento.

**Tabela 3** - Tempo para insensibilização aparente (IA), tempo de exposição ao método de abate (EM), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (TEMP), condutividade elétrica (CE), pH e salinidade (SAL) da água para abate de matrinxãs expostos a eletronarcorese, asfixia por CO<sub>2</sub> e choque térmico.

Tratamento	IA	EM	PARAMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA					
			OD (mg/L)	TEMP (°C)	CE (mS)	pH	SAL (%)	
Eletronarcorese	2 seg	3 min	INÍCIO	5,6	23,5	0,7	6,5	0,03
			FINAL	5,6	23,5	0,7	6,5	0,03
Asfixia por CO <sub>2</sub>	14 min	32 min	INÍCIO	5,9	23,2	0,023	6,1	0
			FINAL	5,7	23,4	0,101	4,8	0
Choque Térmico	6,21 min	8 min	INÍCIO	19,2	1,4	0,005	6,6	0
			FINAL	19,1	1,7	0,026	5,9	0

No método de asfixia por CO<sub>2</sub> na água, houve queda no valor do pH de 6,1 no início do tratamento para 4,8 no final. Este fato pode ter ocorrido devido à formação de ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) resultante da mistura de água e dióxido de carbono. O valor de oxigênio dissolvido não apresentou queda significativa durante a aplicação do tratamento (5,92 mg/L no início e 5,74 mg/L no final), e os outros parâmetros como condutividade elétrica (início: 0,023 mS; final: 0,101 mS), temperatura (início: 23,2°C; final: 23,4°C) e salinidade (início: 0%; final: 0%) mantiveram-se dentro do que era esperado.

No abate por choque térmico a temperatura da água foi mantida entre 1,4 e 1,7°C durante toda a aplicação do tratamento. O oxigênio dissolvido na água apresentou valores bastante altos (início: 19,22mg/L final: 19,18mg/L) como é esperado para água de baixa temperatura (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994). Os valores de pH (início: 6,6 final: 5,9), condutividade (início: 0,005mS; final: 0,026mS) e salinidade (início: 0%; final: 0%) também se mantiveram dentro do esperado para as condições da água em questão.

A insensibilização aparente foi observada quando todos os peixes submetidos a cada tratamento apresentavam-se com o ventre voltado para cima e sem apresentar movimentação de opérculos. No método de eletronarcorese este fato foi



observado rapidamente, pois em apenas 2 segundos nenhum dos peixes apresentava qualquer sinal de movimento, porém para garantia de que todos viessem a óbito, a corrente foi mantida por 3 minutos.

Os animais abatidos por asfixia por CO<sub>2</sub> na água levaram 14 minutos para deixarem de apresentar sinais de movimento e durante todo este tempo apresentavam batimentos de fuga e “boquejavam” na superfície da água. Depois deste período alguns animais voltavam a apresentar atividade muscular vigorosa, movimentação de opérculo e movimentação ocular quando retirados da água para avaliação destes comportamentos, que só cessaram completamente aos 32 minutos de exposição ao CO<sub>2</sub>. Além da acidificação do ambiente, a saturação do dióxido de carbono na água provavelmente torna o oxigênio indisponível para os peixes uma vez que foi observado que os valores de OD encontravam-se dentro dos ideais para a espécie, apesar dos peixes apresentarem comportamento de asfixia.

No tratamento em que os peixes foram abatidos por choque térmico os movimentos de fuga ocorreram durante aproximadamente 2 minutos. Após este período os peixes apresentavam-se imóveis no fundo da caixa, sem inversão de dorso, com alguns movimentos de fuga esporádicos. Aos 6 minutos e 21 segundos de exposição à solução de água e gelo todos os animais apresentavam-se com o ventre voltado para superfície da água e com 8 minutos de exposição à baixa temperatura nenhum peixe apresentava qualquer tipo de movimentação muscular e nenhuma resposta quando estimulados na linha lateral com o auxílio de um alfinete.

Ruff et al.,2002, testaram sangria em água e gelo, eletronarcole e percussão no crânio como métodos de abate para pregado (*Scophthalmus maximus*), e notaram que nos dois primeiros métodos os peixes levaram 1,0 e 1,5 horas respectivamente para deixarem de apresentar sinais de atividade muscular ou movimentação de opérculo. Já no abate por percussão cranial a insensibilização foi instantânea. Neste mesmo trabalho os autores notaram que ao serem colocados nas caixas de solução de água e gelo, como método de insensibilização prévia para abate por sangria, os peixes reagiram dando algumas voltas ao redor da caixa antes de deitarem no fundo assim como foi observado neste trabalho.

Morzel et al. (2003) relatam que pregados abatidos por sangria com insensibilização prévia em solução de água e gelo foram capazes de apresentar atividade física por até 30 minutos, enquanto os peixes submetidos à sangria em temperatura ambiente, ou seja, sem insensibilização prévia, apresentaram respostas

comportamentais por pelo menos 90 minutos, e afirmam que a sangria não é um método de abate adequado para peixes considerando-se os aspectos de bem estar animal, mesmo utilizando a diminuição da temperatura como método de insensibilização. No presente estudo com matrinxã, os exemplares abatidos por choque térmico levaram pouco mais de 6 minutos para cessarem a movimentação, período de tempo bastante inferior aos relatados na literatura, isto porque grande parte dos trabalhos sobre metodologia de abate para peixes são realizados em regiões de clima temperado ou frio como, por exemplo, na Europa, o que diminui a diferença entre a temperatura do ambiente de cultivo e a temperatura utilizada para a realização do abate por choque térmico. Nas espécies tropicais, como observado no matrinxã neste trabalho, a diferença entre a temperatura da água de cultivo (23,4°C) e a temperatura no momento do abate (1,4°C) favorecem a utilização desta metodologia, pois reduzem o tempo de insensibilização dos animais.

Roth et al., 2002, também observaram que o nitrogênio causa atordoamento na truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), porém sem os movimentos frenéticos de fuga como o causado pelo abate com o CO<sub>2</sub>. Esta espécie apresentou atordoamento aparente, flutuando com o ventre para cima na superfície do tanque, com 6 a 8 minutos de exposição ao N<sub>2</sub>. Azam et al. (1989) e Marx et al. (1997) citados por Robb et al., 2002, constataram que o abate desta mesma espécie utilizando o dióxido de carbono levou de 2 a 5 minutos, contudo Robb 2003) e Roth et al., (2002) perceberam que para o salmão do atlântico (*Salmo salar*) a velocidade do método de abate é dependente da elevação da temperatura, onde à temperatura de 14°C a insensibilização durou 4,7 minutos, enquanto que à 6°C levou 6,1 minutos. Para as matrinxãs abatidas pela asfixia por CO<sub>2</sub> neste trabalho, o tempo para a total insensibilização (32 minutos) foi muito maior que o observado por estes autores, o que pode ter ocorrido devido as diferenças fisiológicas e metabólicas entre espécies de água doce e salgada.

Na Austrália os peixes são insensibilizados com a adição de eugenol na água. Este método não parece causar reações adversas por parte dos peixes, porém requer no mínimo 30 minutos de exposição ao anestésico para que aparentem insensibilizados (ROBB ; KESTIN, 2002).

#### 4.2. *Rigor mortis* e Degradação de ATP e seus Metabólitos

No presente trabalho, para os peixes abatidos por eletronarcolese a concentração do ATP muscular foi significativamente maior que a observada nos demais tratamentos em todos os pontos amostrais deste experimento (Tabela 4). Este fato se explica graças à eficiência da eletronarcolese como método de abate no que se refere à velocidade de promoção de insensibilidade, uma vez que quanto mais rápido este estado é atingido, menor a movimentação do animal, preservando as reservas deste componente no tecido muscular. No entanto para as avaliações de *rigor mortis* não foram observadas diferenças significativas nos períodos de tempo para a instalação completa do fenômeno em nenhum dos três tratamentos estudados o que nos sugere que, por se tratar de uma espécie tropical e pela diferença de temperatura entre a água de cultivo e o ambiente de conservação (em gelo), a rigidez observada nos animais abatidos por eletronarcolese tenha sido devido ao cold-shock.

O *rigor mortis* pode ser definido como uma contração muscular lenta, porém intensa e irreversível, que ocorre quando o nível de ATP muscular é reduzido a níveis inferiores a 1,0  $\mu\text{mol/g}$  (GREASER, 1986) ou quando 95% do metabólito foram degradados (KNOWLES et al., 2008). Este fenômeno se instala quando os níveis de ATP estão exauridos de tal forma que os filamentos musculares perdem a capacidade de deslizar uns sobre os outros tornando o músculo rígido (KNOWLES et al., 2008).

Amlacher (1961) relata que o *rigor mortis* pré-determina decisivamente a vida-de-prateleira de peixe fresco. Quando é prolongado no tempo, por meio de um atraso no seu início retarda a multiplicação de bactérias do peixe, enfatizando que este retardamento pode ser influenciado pelo manuseio pré e pós abate, assim como pelas condições nutricionais e fisiológicas do animal antes de ser abatido.

O estudo de *rigor-mortis* está geralmente relacionado aos efeitos das temperaturas de armazenagem, especialmente em peixes tropicais. Com respeito a este ponto, as experiências mostram a ocorrência do “cold shock”, termo usado para descrever um estado de rigidez muscular que ocorre em peixes estocados em gelo e

que ainda mantenham grandes reservas de ATP muscular (PEREZ et al., 2001). Apesar de se usarem as mesmas explicações para os mecanismos entre o “cold shock” e rigor, Nambudiri e Gopakumar (1988) estudaram peixes tropicais e mostraram que estes fenômenos apresentam diferenças principalmente no que se refere ao conteúdo de ATP presente no músculo no momento que se estabelece a rigidez muscular e observaram que o estado de “cold shock” se estabeleceu quando 40% da concentração de ATP ainda permaneciam no músculo (ALMEIDA et al., 2005). PEREZ et al. (2001) relataram que o híbrido de “cachama” cultivado e sacrificado em gelo (0°C) sofreu uma contração violenta conhecida como “cold shock” e que, nesse momento, o conteúdo de ATP foi de 0,50µmol/g no músculo.

No presente trabalho foram observadas algumas oscilações nas concentrações de ATP durante o período de estocagem estudado. Este fato pode ser explicado pela dinâmica experimental adotada e pela natureza da análise, uma vez que para este tipo de experimento não é possível utilizar o mesmo exemplar para a execução das análises em todos os tempos amostrais, o que implica na possibilidade da interferência de características individuais de cada exemplar utilizado no momento da observação.

**Tabela 4** - Valores médios da concentração de ATP muscular (µmol/g) de matrinxã abatido por eletronarcore, asfixia por CO<sub>2</sub> e choque térmico mantidos sob refrigeração durante 432 horas.

Tratamento	Período de Estocagem (h)							
	0	3	5	24	96	168	288	432
<b>Eletronarcore</b>	3,8 <sup>a</sup>	5,21 <sup>a</sup>	3,51 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,56 <sup>a</sup>
<b>Asfixia</b>	0,02 <sup>b</sup>	0,006 <sup>b</sup>	0,006 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,003 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0,003 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
<b>Choque Térmico</b>	0 <sup>b</sup>	0,003 <sup>b</sup>	0,003 <sup>b</sup>	0,006 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,006 <sup>b</sup>	0,006 <sup>b</sup>	0,003 <sup>b</sup>

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (p<0,05).

Sob o ponto de vista de qualidade de carne, a manutenção do ATP muscular após o abate auxilia na manutenção das características de frescor, uma vez que a presença deste metabólito no tecido muscular interfere diretamente na resolução do *rigor mortis* aumentando o tempo de prateleira do produto final, além do que o aumento na concentração de seus derivados decorrentes da sua degradação, como por exemplo, a hipoxantina, confere sabor desagradável à carne. Contudo, apesar de apresentar concentrações significativamente maiores de ATP durante todo o período de estocagem, os animais abatidos por eletronarcore não

tiveram o seu período de frescor estendido quando comparado aos demais tratamentos. Morkore, et al. (2006), encontraram valores de ATP muito parecidos logo após a morte de salmões (*Salmon salar*) estressados e não estressados pelo método de abate. No entanto para os peixes estressados a degradação do ATP ocorreu numa velocidade maior do que o observado para peixes não estressados assim como o observado neste trabalho nos peixes abatidos por choque térmico e asfixia.

Para a instalação do rigor pleno não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos três métodos de abate avaliados neste experimento, (Tabela 5) onde todos os tratamentos levaram 1,5 horas para a instalação total do fenômeno e permaneceram nesta condição até 96 horas de estocagem, quando finalmente ocorreu a dissolução do rigor.

**Tabela 5** - Tempo decorrido para instalação do rigor pleno em matrinxãs abatidos por eletronarcose, asfixia por CO<sub>2</sub> e choque térmico.

Período de Estocagem (h)	Índice de Rigor (%)		
	Eletronarcose	Asfixia	Choque Térmico
0	0	0	0
0,5	45,36	36,17	40,77
1,0	96,57	93,21	94,89
1,5	99,82	98,99	99,40
2,0	100,00	99,73	99,87

LESSI et al. (2004), observaram que o músculo de matrinxãs jovens criados em Manaus e armazenados em gelo, iniciou a contração muscular imediatamente após a morte por hipotermia e alcançando contração total em menos de 3 horas, coincidindo com a redução total do ATP do músculo. Esses autores citam que o curto período de pré-rigor, causado possivelmente pela degradação de ATP e a duração do rigor total de 4 dias podem ser características especiais dessa espécie de criatório e/ou do tamanho do peixe.

CURRAN et al. (1986) estudaram as reações de “cold shock” em tilápia, (*Oreochromis aureus/niloticus*), e quando sacrificada a 0°C, esta apresentou reação de “cold shock”, com início da rigidez 2 horas depois de colocada em gelo e rigidez total depois de 8 horas. Parry et al., (1987) estudaram o efeito do “cold shock” em carpa chinesa (*Aristyichthys nobilis*) e em truta arco-íris (*Salmo gairdnerii*)

sacrificadas e estocadas à temperatura de 0°C. A carpa sofreu o fenômeno de “cold shock”, enquanto a truta não sofreu esse fenômeno.

Ruff et al., (2002), constataram que para pregado (*Scophthalmus maximus*) estocado em gelo a instalação do rigor pleno ocorreu 20 horas, 24 horas e 36 horas após o abate por sangria, choque térmico e percussão, respectivamente. A resolução do rigor ocorreu mais rapidamente nos peixes abatidos por sangria, choque térmico e percussão, respectivamente.

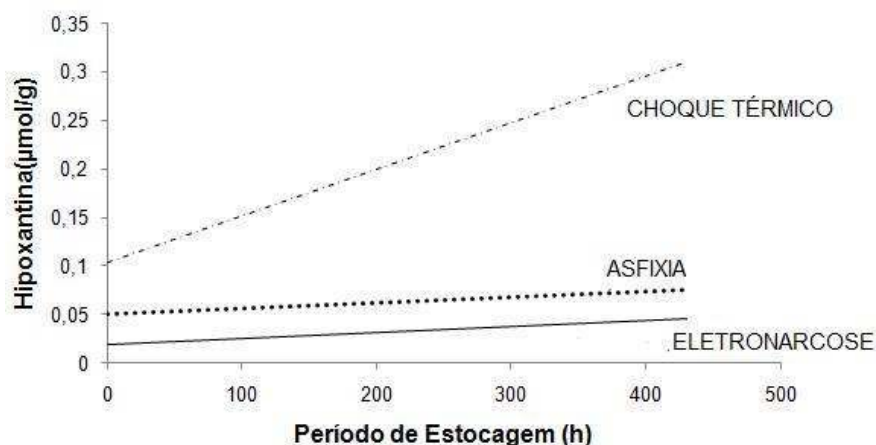
Parisi, et al., (2002) verificaram que robalos abatidos por choque térmico e conservados em gelo a 1°C mantiveram sua condição de *rigor mortis* durante 11 dias, embora os órgãos e partes internas do animal na realidade, já mostrassem sinais de deterioração. Neste mesmo trabalho, os peixes conservados a 4 °C mostraram sinais de perda de frescor externamente antes de mostrá-los internamente.

Neste trabalho foi observado que a concentração de Inozina monofosfato (IMP) se manteve praticamente estável durante todo o período de estocagem de 18 dias (432 horas) para os peixes abatidos por choque térmico e asfixia. Já nos animais abatidos por eletronarcole a concentração deste metabólito começa a aumentar conforme a diminuição da concentração do ATP no tecido (Tabela 6). Os peixes abatidos por asfixia apresentaram maiores médias de concentração de IMP na maior parte dos pontos amostrais, provavelmente devido à rápida degradação do ATP pelo estresse causado pelo método de abate aplicado. A formação de Hipoxantina (Hx) foi bastante acelerada nos peixes abatidos por choque térmico ( $Hx = 0,0005x + 0,1$ ), nos quais foram observadas as maiores concentrações deste metabólito em todos os pontos amostrais (Tabela 7), seguida do abate por asfixia ( $Hx = 6 \cdot 10^{-5}x + 0,04$ ) e eletronarcole ( $Hx = 6 \cdot 10^{-5}x + 0,01$ ), respectivamente (Figura 7).

**Tabela 6** - Valores médios da concentração de IMP muscular de matrinxã abatido por eletronarcole, asfixia por CO<sub>2</sub> e choque térmico mantidos sob refrigeração durante 432 horas.

Tratamento	Período de Estocagem (h)							
	0	3	5	24	96	168	288	432
<b>Eletronarcole</b>	3,74 <sup>c</sup>	2,85 <sup>c</sup>	5 <sup>c</sup>	8,5 <sup>b</sup>	4,68 <sup>c</sup>	8,02 <sup>a</sup>	10,15 <sup>b</sup>	8,08 <sup>b</sup>
<b>Asfixia</b>	8,38 <sup>a</sup>	8,54 <sup>b</sup>	9,69 <sup>a</sup>	10,1 <sup>a</sup>	8,76 <sup>a</sup>	7,91 <sup>b</sup>	10,58 <sup>a</sup>	8,37 <sup>a</sup>
<b>Choque Térmico</b>	5,74 <sup>b</sup>	9,51 <sup>a</sup>	7,23 <sup>b</sup>	6,61 <sup>c</sup>	8,65 <sup>b</sup>	7,16 <sup>c</sup>	7,44 <sup>c</sup>	7,71 <sup>c</sup>

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



**Figura 7** - Concentração de hipoxantina no músculo de matrinxãs abatidos por eletronarcole, asfixia e choque térmico armazenados sob refrigeração durante 432 horas.

**Tabela 7** - Valores médios da concentração de Hx muscular de matrinxã abatido por eletronarcole, asfixia por CO<sub>2</sub> e choque térmico mantidos sob refrigeração durante 432 horas.

Tratamento	Período de Estocagem (h)							
	0	3	5	24	96	168	288	432
<b>Eletronarcole</b>	0 <sup>ab</sup>	0,006 <sup>ab</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,02 <sup>ab</sup>	0,046 <sup>c</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,03 <sup>ab</sup>
<b>Asfixia</b>	0,04 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,08 <sup>b</sup>	0,05 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,08 <sup>b</sup>
<b>Choque Térmico</b>	0,1 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

As mudanças autolíticas ocorrem nos peixes através de dois tipos de deterioração; enzimática e bacteriológica. As atividades enzimáticas individuais que participam das reações mediante as quais o ATP se degrada em hipoxantina, através de IMP e da inosina variam muito de espécie para espécie, depende da temperatura e do pH e também de outros fatores como as condições de manipulação, o estado físico dos peixes antes da captura, dos métodos de captura e da maneira como são sacrificados (AMLACHER, 1961; HUSS, 1988a). Elevada atividade muscular durante o abate acarreta brusca queda no ATP e no pH *post mortem*, o rigor aparece em consequência das primeiras mudanças bioquímicas *post-mortem*, e pode ser influenciado por fatores extrínsecos, como a captura, a temperatura de armazenagem e, principalmente, pela maneira como o peixe é sacrificado (BOYD et al., 1984).

Durante o metabolismo *post mortem* do ATP, a Inosina monofosfato (IMP) formada, atua como um realçador do sabor do pescado. A hipoxantina (Hx), resultante das etapas finais da degradação do ATP, porém rapidamente formada em condições de manipulação adversas antes e durante o abate, confere um sabor amargo à carne, sendo considerada como um contribuinte para o “off-flavor” no pescado (OZOGUL e OZOGUL, 2004). IMP e Hx são relatadas como sendo relativamente estáveis, a temperatura de esterilização para enlatamento e foram sugeridas para a avaliação da qualidade de conservas atum, bem como outras espécies afins (TOKUNAGA et al. , 1982).

### **4.3. Análise Sensorial**

No presente trabalho não foram observadas diferenças significativas entre os métodos de abate aplicados para os quesitos observados na análise sensorial segundo o esquema da União Européia. Nenhum dos tratamentos foi capaz de estender o período de estocagem, uma vez que todos os exemplares de matrinxã estocados em gelo, abatidos pelos métodos testados neste experimento, foram classificados como EXTRA até o 4º dia de estocagem (96 horas), e posteriormente passaram a categoria “A” (fresco) até o 18º dia de estocagem quando então foram classificados como Rançoso (categoria B). No entanto, segundo a análise estatística aplicada aos dados desta variável representados pela equação Análise Sensorial =  $-0,0023x+3,09$ , a partir deste período o pescado passaria a se apresentar como inapto para o consumo humano. Lessi, et al (2004), estudando também matrinxãs abatidas por choque térmico, observaram tempo de vida- útil de até 26 dias de armazenagem em gelo, sendo 13 dias em primeira qualidade. Porém o esquema utilizado pelos avaliadores neste trabalho foi o proposto pela Torry Research Station da Escócia, a qual considera, além do habitat do peixe avaliado, as condições de cultivo e o peso dos animais.



Outro fato observado no presente estudo foi que as principais alterações de perda de qualidade na análise sensorial dos matrinxãs ocorrem a partir do 7º dia de estocagem (168 horas) e que apesar de não apresentarem diferenças estatisticamente significativas, os peixes abatidos por choque térmico apresentaram maiores pontuações, o que poderia classificar este método como mais adequado segundo esta análise .

Ozogul e Ozogul (2004) comparando choque térmico e percussão como métodos de abate para truta arco-íris observaram que a primeira metodologia resultou em um rápido esgotamento de ATP e mais rápida perda de frescor, que está associado com um maior nível de atividade muscular durante o abate. Estes mesmos autores afirmam que evitar o estresse antes e durante o abate pode melhorar a qualidade de conservação dos peixes. Erikson et al.(2010) e Sigholt et al. (1997) relatam valores K menores em peixes abatidos por percussão do que os encontrados nos batidos por asfixia em gelo quando testaram métodos de abate para salmão do Atlântico.

Almeida (1998) estudou as alterações *post-mortem* em *Colossoma macropomum* procedente da piscicultura e conservado em gelo em Manaus-AM. De acordo com os resultados obtidos por meio da avaliação organoléptica, essa espécie teve vida-de-prateleira até 43 dias de armazenagem em gelo, demonstrando que os peixes de criatórios de clima tropical de água doce apresentam vida-de-prateleira mais prolongada do que as espécies de peixes de clima temperado e frio.

Kodaira (1992) observou, em tambaqui proveniente de cultivo conservado em gelo, que as primeiras variações ocorreram entre 6 e 9 dias de armazenagem. Entre 15 e 18 dias, os exemplares começaram a apresentar alterações nas paredes abdominais; fato que não se observou nesse estudo até 18 dias de armazenagem.

#### **4.4.Alterações de pH**

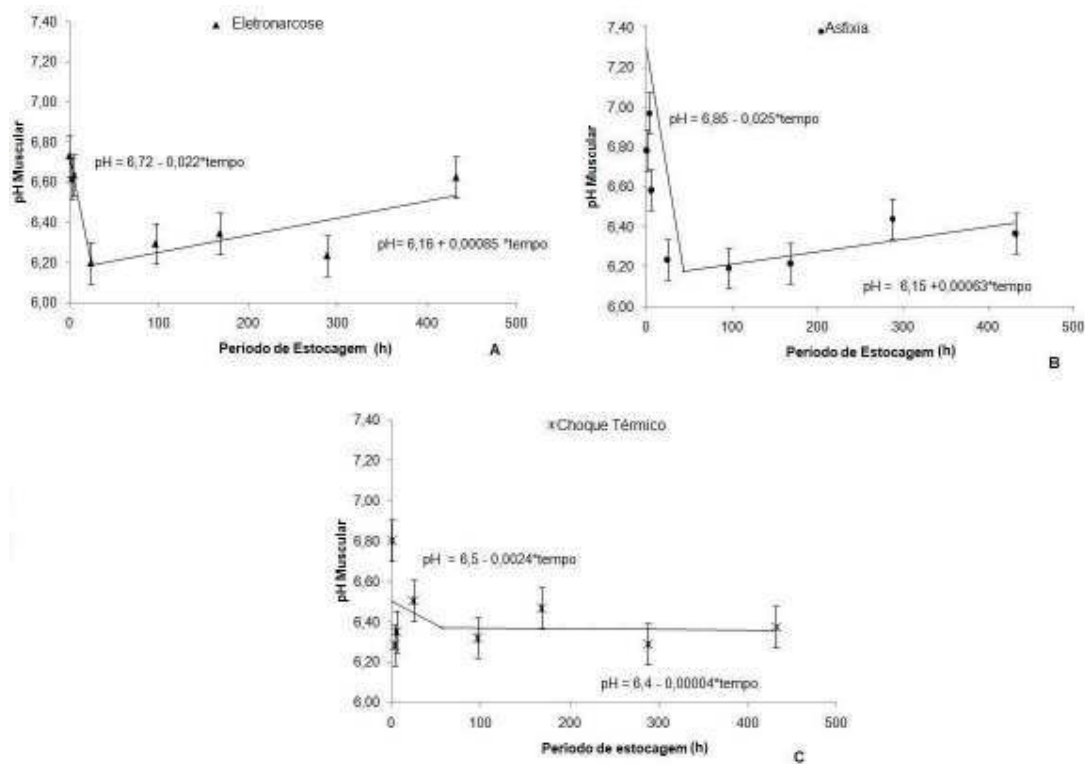
Para o pH muscular foram observados comportamentos similares nos três tratamentos, explicado por regressões lineares segmentadas onde os valores iniciais

desta variável são próximos e posteriormente tendem a cair, ou seja, o tecido muscular se torna mais ácido. A intensificação da acidez no tecido ocorre até 56 horas de armazenagem para o tratamento onde os peixes foram abatidos por choque térmico; 24,5 horas nos peixes abatidos por eletronarcose e 26,5 horas nos peixes abatidos pela asfixia por CO<sub>2</sub> na água, e são expressas pelas seguintes equações: Choque térmico:  $\text{pH} = 6,5 - 0,0024 \cdot \text{tempo}$ ; Eletronarcose:  $\text{pH} = 6,72 - 0,022 \cdot \text{tempo}$ ; Asfixia por CO<sub>2</sub>:  $\text{pH} = 6,85 - 0,025 \cdot \text{tempo}$ .

Após os períodos de armazenagem citados para cada tratamento os valores de pH muscular passam a apresentar comportamentos distintos pois nos peixes abatidos por choque térmico esta variável continua caindo porém numa velocidade menor, representada pela seguinte equação:  $\text{pH} = 6,4 - 0,00004 \cdot \text{tempo}$ . Para os demais tratamentos os valores do pH muscular tendem a subir porém em velocidades diferentes conforme descrito nas equações: Eletronarcose:  $\text{pH} = 6,16 + 0,00085 \cdot \text{tempo}$  e Asfixia por CO<sub>2</sub>:  $\text{pH} = 6,15 + 0,00063 \cdot \text{tempo}$ . A Figura 8 mostra os gráficos que representam a variação do pH muscular de matrinxã observada neste trabalho.

Há dois principais processos envolvidos na conversão de músculo em carne após a morte do peixe: a acidificação do tecido e o desenvolvimento do *rigor mortis*. Para uma boa qualidade de carne geralmente é considerado que o início rigor deve ser adiado ao máximo e deve ocorrer com a menor temperatura possível, e a queda do valor do pH inicial deve ser atrasada e um o valor mínimo deve ser alcançado em baixa temperatura (KNOWLES et al., 2007).

Segundo Conde (1975), o pH do pescado fresco varia entre 6,6 e 6,8 assim como foi observado neste trabalho (Choque térmico: 6,80; Asfixia por CO<sub>2</sub>: 6,78; Eletronarcose: 6,73). Ainda segundo este mesmo autor, à medida que o pescado se deteriora os valores de pH aumentam e podem atingir 7,2. Este valor não foi atingido em nenhum dos tratamentos testados no presente estudo, mas para os peixes abatidos por eletronarcose e asfixia por CO<sub>2</sub> na água o valor do pH apresentou aumento dentro do período de armazenagem de 432 horas, enquanto que no abate por choque térmico esta variável apresentou queda durante este mesmo período. Oehlenschläger e Sörensen (1997) citam que o pH de um peixe fresco é menor que 7, contudo o pH parece ser o método menos eficiente na diferenciação das várias categorias de frescor do pescado (FONTES et al., 2007).



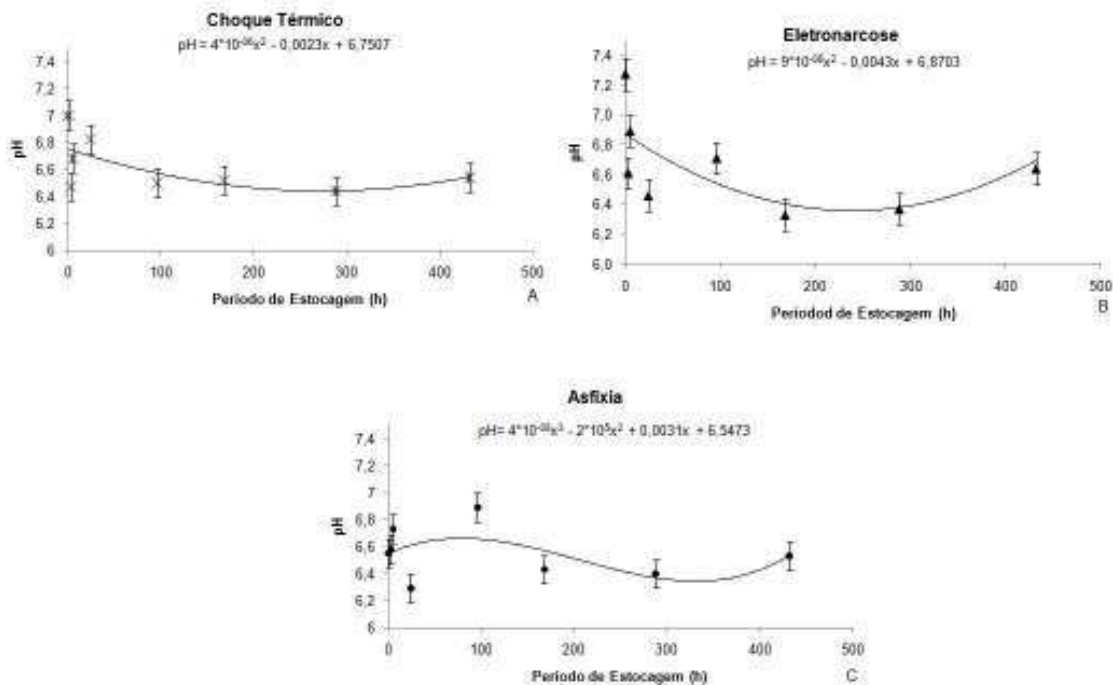
**Figura 8** - Valores de pH muscular de matrinxãs abatidos por asfixia por CO<sub>2</sub> (A), eletronarcose (B) e choque térmico (C), estocados sob refrigeração durante 432 horas.

O pH final do pescado após a sua morte está relacionado com a quantidade de glicogênio disponível nesse momento. A diminuição do pH é consequência da conversão do glicogênio em ácido láctico (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). Robb e Frost, (1999), evidenciam que a velocidade da queda do valor do pH após o abate pode influenciar na coloração dos filés e na regeneração do ATP interferindo assim no tempo de instalação do *rigor mortis*.

Bello e Rivas (1992) detectaram, para tambaquis, conservados a 0°C e estressados pela captura, valores de pH de 6,69; 6,75 e 6,54. Perez et al. (2001) encontraram valor de pH, no momento da captura, de 6,94 no híbrido de tambaqui abatido por choque térmico e Martinez-Valdivieso et al. (1998) observaram que o pH em “cachama híbrida” mostrou-se constante entre 6,4 e 6,6, quando a amostra era imediatamente resfriada em gelo. Nair et al. (1971) relataram que o pH de carpa abatidas por choque térmico apresenta-se praticamente constante entre 6,3 e 6,5 durante 36 dias de armazenagem em gelo.

Knowles et al., (2008) comparando o abate de pregado (*Psetta máxima*) com choque térmico e eletronarcose, não encontraram diferença entre os valores de pH duas horas após o abate (6,82 e 6,79 respectivamente). Além disso, estes mesmos autores verificaram que a taxa de diminuição do pH para esta espécie conservada sob refrigeração em 24 horas após o abate é a mesma.

Para as medidas de pH ocular (Figura 9) nos tratamentos nos quais os peixes foram abatidos por eletronarcose e choque térmico os valores apresentaram comportamentos consonantes com os observados por Parisi et. al., (2002) uma vez que logo após o abate estes valores foram altos (eletronarcose: 7,27 e choque térmico: 7), e durante a armazenagem este parametro passa a cair, porém no final do período experimental, quando os peixes já não se apresentavam aptos para o consumo humano (segundo a análise sensorial), os valores do pH ocular voltaram a subir devido a ação bacteriana e as reações autolíticas ocorridas no tecido. No entanto para a mesma variável nos peixes abatidos por asfixia por CO<sub>2</sub> não foi possível observar coerência no comportamento do pH ocular uma vez que foram observadas várias oscilações nos valores durante o período de armazenagem, não possibilitando a visualização de um comportamento equivalente aos demais tratamentos nem com o esperado para este tipo de estudo com pescado. Este fato pode ter ocorrido devido a grande sensibilidade deste tecido gerando valores de pH muito diversos e não possibilitando a obtenção de uma equação estatística de segundo grau para a explicação destas observações, como seria o esperado de acordo com Parisi et. al., (2002).



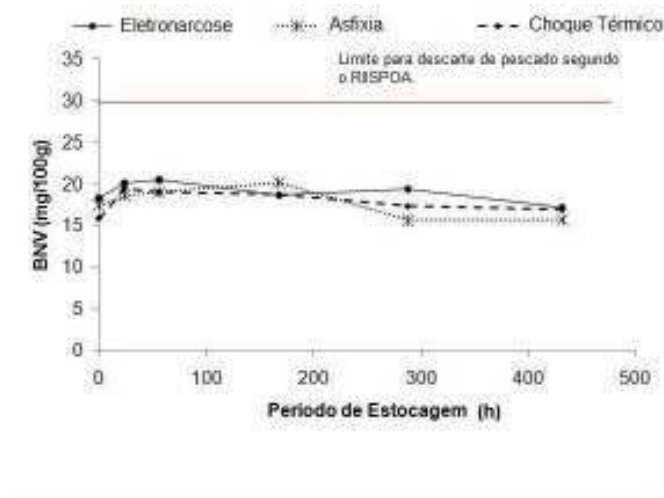
**Figura 9** - Valores de pH ocular de matrinxãs abatidos por asfixia por CO<sub>2</sub> (A), eletronarcose (B) e choque térmico (C), estocados sob refrigeração durante 432 horas.

#### 4.5. Bases Nitrogenadas Voláteis

Não houve diferença significativa para interação tratamento x período de armazenagem para as BNV, analisadas em músculo dos peixes armazenados em gelo. O abate por eletronarcose apresentou média maior (19,02 mg/100g) que os demais durante todo o período de armazenamento provavelmente devido a presença de sangue na musculatura dos peixes abatidos por este método.

Batista et al.,(2004), observaram também em matrinxãs abatidas por choque térmico, com 16 dias de armazenagem em gelo, uma quantidade média de BNV igual a 19,0mg/100g de músculo ( $\pm 0,9$ ). O pH foi de 6,24 ( $\pm 0$ ) e as avaliações sensoriais (física gustativa) revelaram que o peixe estava em boa qualidade (classe B) e em qualidade especial (classe A), segundo tabela proposta pela Torry Research Station Aberdeen. Neste mesmo estudo o valor BNV aumentou no 29º dia atingindo

valor médio de 33,3mg/100g de músculo ( $\pm 0,3$ ) e o pH determinado foi de 6,37 ( $\pm 0$ ) (Lessi *et al.*, 2004). No presente trabalho, até o 18º dia de armazenagem a 4°C nenhum dos tratamentos atingiu o valor máximo de BNV indicado pelo RISPOA (30mg/100g) para descarte de pescado (Figura 10). Porém neste mesmo período todos os tratamentos apresentaram peixes não indicados para o consumo, classificados como na categoria B (rançoso) segundo o esquema proposto pela União Européia para avaliação sensorial de peixes brancos.



**Figura 10** - Valores de Bases Nitrogenadas Voláteis de matrinxãs abatidas por eletroanestose, asfixia por CO<sub>2</sub> e choque térmico, mantidas sob refrigeração durante 432 horas.

Huss (198b) destaca que o conteúdo total de compostos básicos voláteis em pescado é geralmente baixo nas primeiras etapas de armazenamento em gelo e somente quando o pescado apresenta perda de qualidade, esse conteúdo aumenta rapidamente, fator não observado no presente estudo, uma vez que os valores desta variável se mantiveram estáveis durante todo o período de armazenagem, mesmo quando se apresentaram inaptos para o consumo humano quando da análise sensorial. Este mesmo autor cita que os valores de BNV não devem ser utilizados para estimar as primeiras alterações e somente para avaliar o grau de deterioração nas últimas etapas de conservação do pescado. Porém para Lessi *et al.* (2004), esta afirmação tem sido válida apenas para pescado procedente de mar e, também para pescado de rios e que são manejados inadequadamente, no entanto, para peixes procedentes de piscicultura no Amazonas, esse índice tem se mostrado excelente para avaliação das alterações da qualidade.

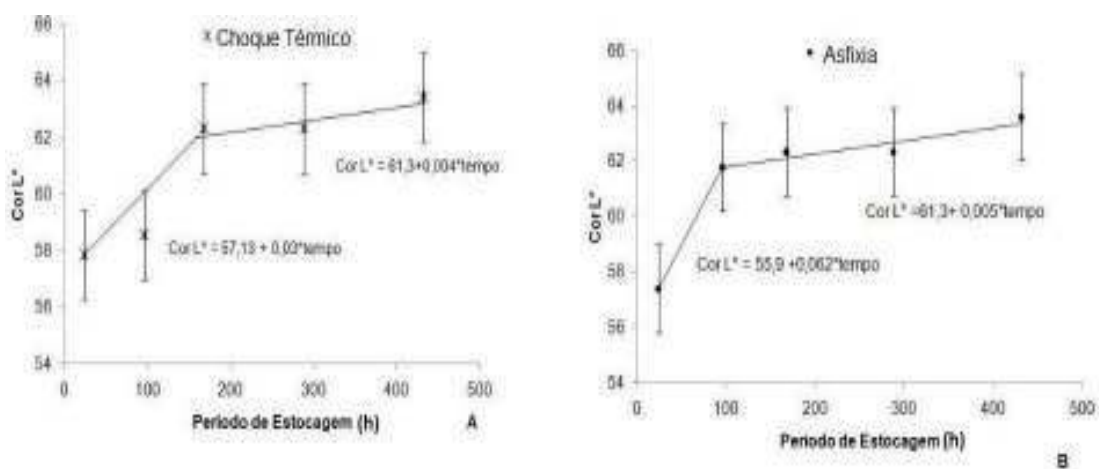
Em contraposição a estas informações Lessi et al., 2004 relatam que alguns autores têm citado que esta determinação não se mostra um bom índice de avaliação da qualidade, porque apresenta inicialmente quantidades muito elevadas de BNV. No entanto, outros autores citam que isto se atribui à ação enzimática que ocorre no músculo e, principalmente pela quantidade de bactérias presentes capazes de produzir compostos nitrogenados, como amônia e aminas voláteis, que levam à deterioração do pescado mais rapidamente

#### 4.6. Avaliação de Cor ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ )

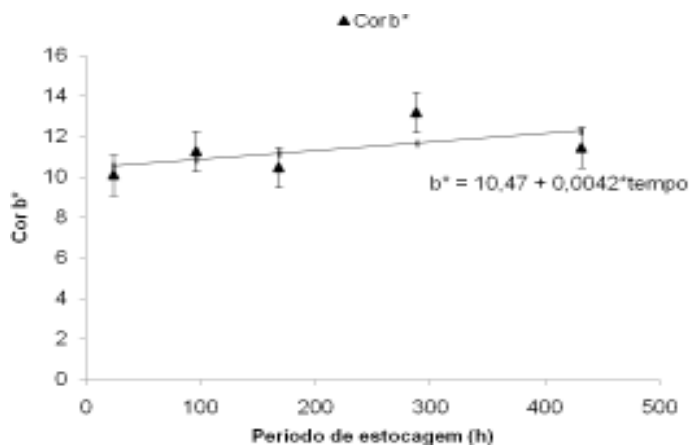
Para os parâmetros de cor dos filés observou-se que a variável Cor  $L^*$  (luminosidade do filé) aumenta ao longo do período de armazenagem para os abates por asfixia por  $CO_2$  na água e por choque térmico. Foram ajustadas regressões lineares segmentadas para estes dois tratamentos, pois a velocidade do aumento da luminosidade varia após um determinado período de tempo. Para os filés dos peixes abatidos pela asfixia por  $CO_2$  na água a luminosidade aumenta até 94 horas de armazenagem segundo a equação:  $Cor L^* = 55,9 + 0,062 * tempo$ , e após este período a equação que explica o comportamento desta variável passa a ser  $Cor L^* = 61,3 + 0,005 * tempo$ . Para os filés dos peixes abatidos por choque térmico o comportamento da luminosidade segue conforme a equação  $Cor L^* = 57,13 + 0,03 * tempo$  até 160 horas de armazenagem e, após este período passa a ser explicado conforme a equação  $Cor L^* = 61,3 + 0,004 * tempo$ . Os gráficos que representam estas variáveis são apresentados na Figura 11. Para os filés dos peixes abatidos por eletronarcose a média de Cor  $L^*$  é constante ao longo do tempo (53.9) e bem inferior aos demais tratamentos.

A intensidade da coloração vermelha ( $a^*$ ) não apresentou diferença significativa ao longo do período de armazenagem, entretanto ela foi maior nos filés dos peixes abatidos por eletronarcose (4,84) em relação aos abatidos pela asfixia por  $CO_2$  (0,58) e choque térmico (0,80). Estas alterações na coloração dos filés se deram devido às hemorragias verificadas nas carcaças no momento da filetagem

provenientes das lesões geradas pela corrente elétrica aplicada no momento do abate (Figura 12). A variável  $b^*$  (intensidade de cor amarela) de filés de matrinxã aumentou ao longo do tempo para os três tratamentos de forma constante, o que pode ser explicado por uma única reta:  $b^* = 10,4684 + 0,004209x$  (Figura 13).



**Figura 11** - Variação de cor  $L^*$  de filés de matrinxã abatidos por choque térmico (A) e por asfíxia por  $CO_2$  na água (B) mantidos durante 432 horas de armazenagem sob refrigeração.



**Figura 12** - Variação de cor  $b^*$  (intensidade de amarelo) de filés de matrinxã abatidos por eletronarcose, asfíxia por  $CO_2$  na água e choque térmico durante o período de armazenagem.

O atordoamento/abate elétrico é reconhecido como uma forma rápida e eficiente de induzir inconsciência e insensibilidade em peixes (ROBB; ROTH 2003; LAMBOOIJ, et al. , 2004). No entanto, lesões como fraturas de vértebras e ruptura das artérias dorsal podem ocorrer gerando danos, como manchas de sangue e



hemorragias na carne de peixes abatidos/atordoados por eletricidade (ROTH 2003), igualmente ao ocorrido com os peixes deste trabalho, nos quais a luminosidade dos filés de peixes abatidos por eletronarcorese foi menor que nos demais tratamentos enquanto que a intensidade de vermelho foi maior (Figura 13).

A ocorrência dessas lesões parece estar associada com a força do campo elétrico aplicado, condutividade da água, frequência, forma da onda elétrica, duração da corrente e espécie de peixe abatida (DIGRE et al., 2010). Essas lesões não são aceitáveis comercialmente, pois tendem a reduzir o valor de mercado do produto final. No entanto, variações na corrente elétrica no momento do abate/atordoamento podem diminuir ou até mesmo extinguir a ocorrência deste tipo de danos (ROTH 2007).

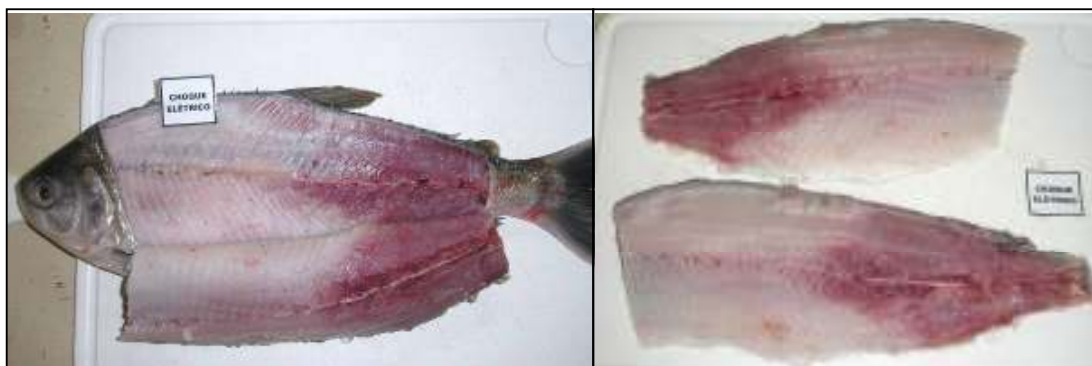
Morzel et al. (2003) compararam três métodos de abate para pregado, sendo eles eletronarcorese (150 V por 2 s seguido de 25 V para 5min), sangria em solução de água e gelo e percussão com o objetivo de avliar os aspectos de bem-estar animal e qualidade de carne. Os resultados deste experimento demonstraram que os peixes abatidos por electricidade tinham a coloração da carne mais vermelha e mais escura, exatamente como foi observado nos matrinxãs abatidas pelo mesmo método no presente trabalho.



**Figura 13** - Variação da variável  $a^*$  (intensidade de vermelho) de filés de matrinxã abatidos por eletronarcorese, choque térmico e asfixia por  $CO_2$  na água.

Roth et al., 2007 relatam que a exposição do peixe a eletricidade pode gerar uma elevada atividade muscular, podendo provocar danos na espinha, bem como à aorta dorsal ou veias, levando a hematomas no filé. Este evento foi observado também em nosso experimento e foi bastante evidente em um dos peixes pois

quando filetado apresentou um hematoma bastante delimitado sugerindo lesão na coluna vertebral (Figura 14). A força da contração muscular e, assim, o risco de lesão é dependente do tipo de corrente, intensidade de campo e frequência (ROTH et al., 2004; LINES; KESTIN, 2005). Salmonídeos parecem ser mais sensíveis a campos elétricos correntes na região de 50-100 Hz (ROTH et al. , 2004). Em seu estudo com pregado insensibilizado com corrente elétrica em torno de 50 ou 400 Hz, ROTH et al., 2007, não encontraram lesões relacionadas a exposição a eletricidade. Neste sentido, outras voltagens e tempo de exposição à corrente elétrica deveriam ser avaliados para o matrinxã, com intuito de diminuir as hemorragias e consequente alteração na cor da carne



**Figura 14** - Evidência de lesão da coluna vertebral em matrinxã abatido por eletronecrose.

Robb et al., 2000, evidenciam que a estimulação elétrica durante o abate pode afetar a cor. Estes mesmos autores relatam que para trutas arco-íris a estimulação elétrica durante o abate torna a carne significativamente mais clara provavelmente devido à acidificação proveniente da desnaturação das proteínas musculares.

Para pregado, Knowles et al., 2008 não encontraram diferença significativa na coloração dos filés desta espécie abatidos por choque térmico ou elétrico. LAMBOOIJ, et al., 2008, afirmam que para robalos (*Dicentrarchus labrax*) as variações nos padrões de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) são significativamente dependentes do método de atordoamento/abate e do tempo de armazenamento quando esta espécie é abatida por eletronecrose ou por choque térmico, fator não observado neste trabalho pois para os peixes abatidos por eletronecrose a luminosidade do filé permaneceu constante (53,9) durante as 432 horas de armazenagem.

A incidência demasiada de luz e oxigênio durante a armazenagem resulta na oxidação de lipídeos e pigmentos, causando mudanças na cor dos produtos cárneos (OLIVO, 2006), diminuindo a sua luminosidade. Para peixes estocados inteiros aumento de luminosidade uma vez que a presença da pele atua como uma barreira contra a ação da luz e do oxigênio impedindo as perdas de luminosidade devido à oxidação. Neste trabalho com o matrinxã, este fato tornou-se evidente tendo em vista que as mensurações de cor foram realizadas em peixes recém filetados que foram armazenados inteiros e escarnados apenas no momento da medição.

#### 4.7. Textura Instrumental

Neste trabalho não foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre nenhum dos tratamentos para a força de compressão dos filés de matrinxã. O comportamento observado para esta variável ao longo do tempo foi de diminuição, de forma constante, durante o período de armazenagem para os três tratamentos, o que pode ser explicado por uma única reta:  $y = 1425,84 - 1,27x$  (Figura 15).

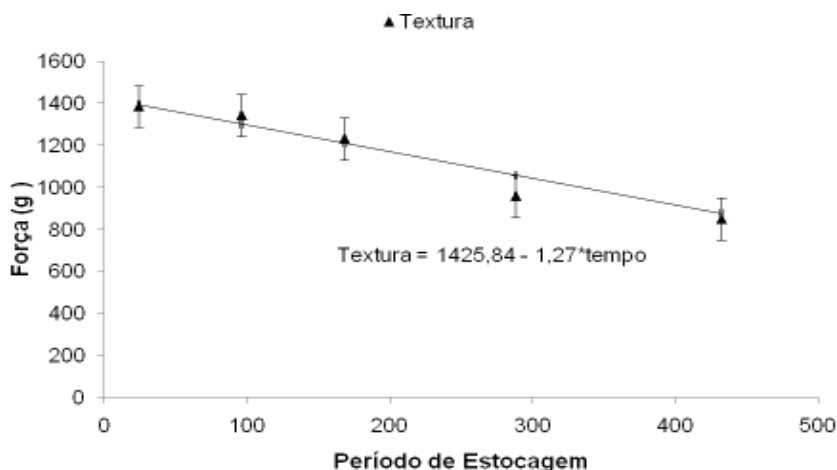
Nas primeiras 24 horas de armazenamento a média de força de compressão nos filés foi de 1384,92 g para todos os tratamentos, atingindo 848,64 g ao final de 432 horas de armazenagem sob refrigeração, uma vez que o músculo torna-se menos firme com o progresso da degradação (CONTRERAZ –GUZMÁN, 2002)

Firmeza é um fator importante para avaliar a qualidade da carne de peixe e fundamental no momento da comercialização. Alguns estudos mostram que, freqüentemente, a carne de peixe amolece depois de 24 horas de armazenamento refrigerado (TOYOHARA; SHIMIZU, 1988, OKA et al. 1990, MOCHIZUKI ;SATO, 1996).A maioria desses estudos têm sido realizados principalmente em peixes marinhos para estudar as causas do amolecimento post-mortem da carne, mas pouco tem sido realizado em espécies de água doce, das quais foram estudadas as carpas (*Cyprinus carpio*) e truta (*Oncorhynchus mykiss*, *Salmo Irideus*; MA; YAMANAKA, 1991;. ANDO et al., 1999).

O estresse pré-abate acelera o início e o escore máximo de rigor e também características de qualidade relacionadas, tais como textura de filé que pode ser alterada negativamente (SIGHOLT et al., 1997; ROBB, 2001; SKJERVOLD, 2001; KIESSLING et al., 2004). Alguns autores referem-se a perda de textura, causada pela ação de proteases sobre as proteínas miofibrilares, incluindo catepsinas, calpaínas e enzimas hidrolíticas como elastase e colagenase (DELBARRE-LADRAT, 2006). Embora tenha sido reconhecido o efeito de proteases é posterior e independente da perda inicial textura em alguns peixes sob refrigeração (LADRAT et al., 2003;. SHIGEMURA et al., 2003).

Roth et al., (2007) também não encontraram diferença significativa para os métodos de abate sobre os valores de força de compressão de filés de pregado abatidos por percussão, sangria ou eletronarcese. Este mesmo autor (2006) em seu experimento com salmão do atlântico (*Salmo salar*) mostra que os músculos de peixes abatidos por eletronarcese, apresentaram uma instalação muito mais rápida do *rigor mortis* quando comparados a peixes abatidos por choque térmico, porém as características de textura de carcaças de peixes de ambos os tratamentos foram bastante similares.

Santos (2008) encontrou comportamento semelhante em filés de pregado, observando que os valores das variáveis de textura apresentavam uma tendência a diminuição com o tempo de armazenamento. Essa diminuição resulta do avançar do estado de degradação, que torna o músculo do filé menos firme e com menor resistência a compressão (SANTOS, 2008).



**Figura 15** - Variação da textura (força da compressão) de filés de matrinxã abatidos por eletronarcolese, asfixia por CO<sub>2</sub> na água e choque térmico durante o período de armazenagem de 432 horas sob refrigeração.

Enzimas lisossômicas e citolíticas têm sido associadas com diminuição da textura da musculatura de peixes no período *post mortem* (ANDO et al., 2001; CHÉRET, et al., 2007; YAMASHITA; KONAGAYA, 1991). Degradação de miofibrilas do tecido conjuntivo intramuscular é provavelmente causado pelas proteases como as catepsinas assim como as proteases dependentes de cálcio. Em várias espécies de peixe as catepsinas B, D e L são consideradas as enzimas mais importantes no processo de amaciamento muscular no período *post mortem*. No entanto outros autores afirmam que o exercício intenso antes da morte provoca uma maior proteólise durante o armazenamento, acarretando em diminuição da textura (BELCASTRO et al., 1998; MORZEL et al., 2006).

#### 4.8. Contração do Filé

Para as avaliações de contração de filé foram observados comportamentos similares nos três tratamentos, explicado por regressões lineares segmentadas (Figura 16) onde inicialmente os valores desta variável tendem a subir, ou seja, a

porcentagem de contração aumenta diminuindo o comprimento final do filé e após um determinado ponto, a contração tende à estabilidade podendo ocorrer um leve decréscimo conforme o tratamento aplicado.

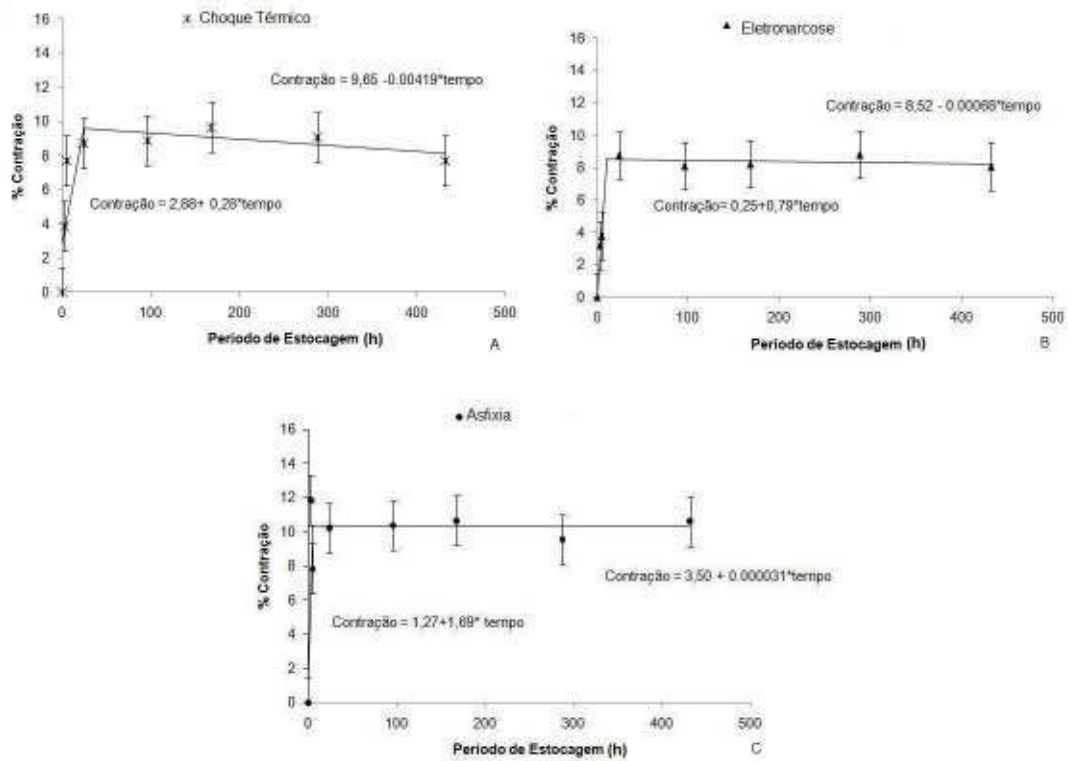
No tratamento onde os peixes foram abatidos por choque térmico o período de contração acentuada dos filés é mais longo e acontece até 25 horas de armazenagem conforme a equação  $pH = 6,5 - 0,0024 * \text{tempo}$ . Após este período passamos a observar um movimento de expansão no filé que pode ser explicado conforme a equação:  $pH = 6,4 - 0,00004 * \text{tempo}$

Para o abate por eletronarcose foi observado o comportamento ascendente da contração até 10 horas de armazenagem conforme a equação:  $pH = 6,72 - 0,022 * \text{tempo}$ . A partir deste ponto a musculatura do filé deixa de se contrair e passa a apresentar uma sutil expansão conforme uma segunda regressão:  $pH = 6,16 + 0,00085 * \text{tempo}$ .

No abate por asfixia por  $CO_2$  na água o comportamento ascendente da regressão ocorre até 5 horas de armazenagem, porém de forma mais acentuada que no primeiro caso. Este comportamento é expresso pela seguinte equação:  $pH = 6,85 - 0,025 * \text{tempo}$ . Após este período de armazenagem a contração continua a ocorrer no filé, porém com uma intensidade bastante menor como o verificado na equação:  $pH = 6,15 + 0,00063 * \text{tempo}$

Peixes filetados antes da instalação do *rigor mortis* tendem a apresentar maiores valores de contração do filé, pois a musculatura é separada da estrutura óssea que normalmente impede tal retração. Vários autores relatam as diferenças em relação a peixes filetados antes ou depois do rigor principalmente quanto a qualidade da técnica de filetagem utilizada (SORENSEN et al., 2004).

Skjervold et al.(2001a) relata que a espécie também influencia na taxa de contração do filé mostrando que para salmão do Atlântico este valor foi de 14% e em bacalhau cerca de 25% . No presente estudo com matrinxã, a taxa máxima de contração encontrada foi de 11,96% nos peixes abatidos por asfixia por  $CO_2$  na água, 8,8 % nos peixes abatidos por eletronarcose e 9,08% nos abatidos por choque térmico, sem que fosse constatada diferença significativa entre estes tratamentos para esta variável.



**Figura 16** - Contração de filés de matrinxã (%) abatidos por choque térmico (A), eletroanestose (B) e asfixia (C) armazenados sob refrigeração por 432 horas.

## 5. Conclusões

As três metodologias de abate utilizadas neste trabalho (eletroanestesia, asfixia por CO<sub>2</sub> e choque térmico) são eficientes para o abate de matrinxãs sob o ponto de vista da estabilidade da carne desta espécie quando armazenada refrigerada.

As perdas ocorridas na variável cor, referentes à luminosidade e intensidade de vermelho no filé, provenientes das hemorragias causadas no abate por eletroanestesia, não foram suficientes para comprometer a estabilidade e aceitação da carne armazenada sob refrigeração, tendo em vista que para as análises químicas e sensoriais não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para os aspectos referentes ao bem estar animal a eletroanestesia apresenta-se como uma metodologia eficiente e segura no abate de matrinxãs, uma vez que provoca morte rápida, sem promover sofrimento desnecessário ao animal, atendendo os preceitos básicos de abate humanitário para animais de açougue.



## 6. Considerações Finais

Para a análise sensorial o Esquema da União Européia não se mostrou completamente eficiente quando aplicado a espécie estudada neste trabalho uma vez que alguns de seus quesitos tais como odor de brânquias e de cavidade abdominal tem como referência características muito peculiares a peixes de água salgada. Assim recomenda-se a elaboração de um MIQ (Método de Índice de Qualidade) específico para matrinxã ou a utilização de um esquema já existente para espécies de comportamento alimentar e habitat similares ao desta espécie.

As metodologias de abate apresentadas neste estudo têm caráter experimental e foram realizadas em pequena escala. Por isso recomenda-se ainda um estudo da viabilidade econômica da implantação da eletronarcose como método de predileção para o abate de peixes em escala industrial.

Sugere-se também uma investigação mais apurada sobre as variações na voltagem da corrente elétrica aplicada no abate bem como o tempo de aplicação e suas conseqüências na qualidade da carne das diversas espécies de peixe comercializadas para o consumo humano, a fim de minimizar ou extinguir os possíveis danos causados pelas hemorragias provenientes do choque.

## 7.Referências Bibliográficas

ACERETE, L., BALASCH, J., ESPINOSA, E., JOSA,A., TORT, L.,. **Physiological responses in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L.) subjected to stress by transport and handling**. Aquaculture, v.237, p. 167–178, 2004.

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, v. 287, p.139–144, 2009.

ACKMAN, R.G. **Nutritional composition of fats in seafoods**. Progr. Food Nutr. Sci., v. 13, p. 161-241, 1989.

ALMEIDA, N.M. **Alterações post-mortem em *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), procedente da piscicultura e conservado em gelo**. Manaus, 90p. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos), Faculdade de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Amazonas (UFAM), 1998.

ALMEIDA, N.M.. BATISTA, G.M., KODAIRA, M., LESSI, A.L.V.E., **Determinação do índice de *rigor-mortis* e sua relação com a degradação dos nucleotídeos em tambaqui (*Colossoma macropomum*), de piscicultura e conservados em gelo**, Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.3, p.698-704, mai-jun, 2005.

AMLACHER, E. **Rigor mortis in fish**. In: BORGSTROM, G. (Ed.) Fish as Food. New York: Academic Press, Cap. 12, p. 385-409, 1961.

ANDO M, NISHIYABU A, TSUKAMASA Y, MAKINODAN Y. **Post mortem Softening of Fish Muscle During Chilled Storage as Affected by Bleeding**. Journal of Food Science,v.64 (3),p. 423-428, 1999.

ANDO, M., JOKA, M., MOCHIZUKI, S., SATOH, K. I., TSUKAMASA, Y., MAKINODAN, Y. **Influence of death struggle on the structural changes in chub mackerel muscle during chilled storage**. Fisheries Science,v. 67, p. 744–751, 2001.

ASHLEY, P. J. **Fish welfare: current issues in aquaculture**. Applied Animal Behaviour Science, Amsterdam, v. 104, p. 199-235, 2007.

BAGNI, M. *et al.* **Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*)**. Aquaculture, Amsterdam, v. 263, p. 52-60, 2007.

BAIXAS-NOGUERAS, S., BOVER-CID, S., VECIANA-NOGUÉS, T., NUNES, M. L., VIDAL-CAROU, M. C. **Development of a Quality Index Method to evaluate freshness in Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*)**. Journal of Food Science, v. 68, p.1067–1071, 2003.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O. **Abate Humanitário: ponto fundamental do bem estar animal**. Revista Nacional da Carne, São Paulo (SP), v.328, p. 36-44, 2004.

BATISTA, G.M. et al., **Alterações bioquímicas *post mortem* de matrinxã *Brycon cephalus* (GUNTHER, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.24(4): p.573-81, 2004.

BELCASTRO, A.N., SHEWCHUK, L.D., RAJ, D.A.,. **Exercise-induced muscle injury: a calpain hypothesis**. Molecular and Cellular Biochemistry, v. 179, p. 135–145, 1998.

BELLO, R.A.; RIVAS, W.G. **EVALUACION Y APROVECHAMIENTO DE LA CACHAMA (*COLOSSOMA MACROPOMUM*) CULTIVADA, COMO FUENTE DE ALIMENTO**. In: Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. Italy, Mexico: FAO, 1992. D.F, n.2, out, 113p.

BERG T, ERIKSON U, NORDTVEDT TS.. **Rigor mortis assessment of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and effects of stress**. Journal of Food Science v. 62, p. 439–46, 1997.

BITO, M.; YAMANADA, K.; MIKUMO, Y.; AMANO, K. **Studies on rigor mortis of fish. I. Diference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified cutting methods**. Bulletin Tookai Reg. Fish Res. Lab., v.109, p.89-96, 1983.

BOYD NS, WILSON ND, JERRET AR, HALL BI. **Effects of brain destruction on post-harvest muscle metabolism in the fish kahawai (*Arripis trutta*)**. J. Food Sci.; v.49: p.177–179, 1984.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº.3929 de 1989**.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº.3, de 07 de janeiro de 2000. **Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açogue**. S.D.A./M.A.A. Diário Oficial da União, Brasília, p.14-16, 24 de janeiro de 2000, Seção I. [online] [citado em 24 11 07] Disponível em: [www.agricultura.gov.br/das/dipoa/Anexo%20Abate.htm](http://www.agricultura.gov.br/das/dipoa/Anexo%20Abate.htm).

BULUSHI, I. A., POOLE, S., DEETH, H. C., DYKES, G. A.; **Biogenic Amines in Fish: Roles in Intoxication, Spoilage, and Nitrosamine Formation - A Review**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v.49, n.4, p. 369 – 377, 2009.

CAKLI, S., KILINC, B., DINCER, T., TOLASA, S. **Comparison of the shelf lifes of map and vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Onchoryncus mykiss*)**. Eur Food Res Technol, v.224, p. 19 – 26, 2006.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: Funep, 1992.

CHÉRET, R., DELBARRE-LADRAT, C., DE LAMBALLERIE-ANTON, M., VERREZ-BAGNIS, V., **Calpain and cathepsin activities in post mortem fish and meat muscles**. Food Chemistry, v. 101, p. 1474–1479, 2007.

CONDE, J.M.M. **Guia del inspector veterinário titular: 1- bromotologia sanitaria**. Barcelona: Biblioteca Veterinária Aedos. p.190-260, 1975.

CONTE, F.S. **Stress and the welfare of cultured fish**. Applied Animal Behaviour Science, v.86, p.205-223, 2004.

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

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e invertebrados**. Santiago de Chile: Centro de estudos em ciência y tecnologia de alimentos, 309 p, 2002.

**Correlation of Type V Collagen Content with Post mortem Softening of Fish Meat During Chilled Storage**. Fisheries Sci.;69(4):842-848, 2003.

CURRAN, C.A.; POULTEN, R.G.; BRUETON, A.; JONES, N.S.D. **Cold shock reactions in iced tropical fish**. J. Food Technol., v. 21, n. 3, p. 289-299, 1986.

DALGAARD, P. ;**Freshness, Quality and Safety in Seafoods**. F-FE 380A/00 Programme FLAIR-FLOW of EU. Danish Institute for Fisheries Research, Denmark. pp 6 – 20, 2000.

DALGAARD, P., MADSEN, H.L., SAMIEIAN, N., EMBORG, J.; **Biogenic amine formation and microbial spoilage in chilled garfish (*Belone belone belone*) – effect of modified atmosphere packaging and previous frozen storage**. Journal of Applied Microbiology, v.101, p.80 – 95, 2006.

DELBARRE-LADRAT, C., CHÉRET, R., TAYLOR, R., VERREZ-BAGNIS, V. **Trends in postmortem aging in fish: understanding of proteolysis and disorganization of the myofibrillar structure**. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 46, 409–421, 2006.

DIGRE, H., ERIKSON, U., MISIMI, E., LAMBOOIJ, B., VAN DEVIS, H., **Electrical stunning of farmed Atlantic cod *Gadus morhua* L.: a comparison of an industrial and experimental method**. Aquaculture Research, v. 41, p. 1190 - 1202, 2010.

DURAN A., ERDEMLI, U., KARAKAYA, M., YILMAZ, M. T.. **Effects of slaughter methods on physical, biochemical and microbiological quality of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and mirror carp *Cyprinus carpio* filleted in pre-, in- or post-rigor periods**. FISHERIES SCIENCE,v.74: p.1146–1156, 2008.

EFSA, **Scientific opinion of the panel on animal health and welfare on a request from the European Commission on welfare aspect of the main systems of stunning and killing of farmed seabass and seabream**. EFSA J. 1010, 1–52. 2009.

ERIKSON, U., MISIMI, E., FISMEN, B. , **Bleeding of anaesthetized and exhausted Atlantic salmon: body cavity inspection and residual blood in pre-rigor and smoked fillets as determined by various analytical methods** Aquaculture Research, v.41, p. 496-510 , 2010.

ERIKSON, U., MISIMI, E.; **Atlantic Salmon Skin and Fillet Color Changes Effected by *Perimortem* Handling Stress, *Rigor Mortis*, and Ice Storage.** Journal of Food Science: Food Chemistry, v. 73, p. 50 –59, 2008.

ERIKSON, U.; HULTMANN, L.; STEEN, J. E. **Live chilling of Atlantic salmon (*Salmo salar*) combined with mild carbon dioxide anaesthesia I. Establishing a method for large-scale processing of farmed fish.** Aquaculture, v.252, p.183-198, 2006.

FALCÃO, P.T., LESSI, E., LEITÃO, M.F.F. **Deterioração do jaraqui (*Semaprochilodus insignis*, Schombugk, 1841) capturado no estado do Amazonas e conservado em gelo.** Ciênc. Tecnol. Alim. v. 14, n. 4, p. 168-177, 1994.

FAO. **Yearbooks of fishery statistics:** summary tables. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/fi/STAT/summary/default.htm#aqua>>. Acesso em: 23 agosto. 2009.

Fisheries and Aquaculture Departament. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/>>. Acesso em: 23 agost. 2008.

FLICK, G.J., GRANATA, L.A.; **Biogenic Amines in Foods.** In: WALDEMAR M. DABROWSKI, ZDZISLAW E. SIKORSKI (Ed). **Toxins in Food.** CRC Press, Boca Raton, USA, 2005.

FONTES, M.C.; ESTEVES, A.; CALDEIRA, F.; SARAIVA,C.; VIEIRA-PINTO, M.; MARTINS C.; **Estado de frescor e qualidade higiênica do pescado vendido numa cidade do interior de Portugal,** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.59, n.5, p.1308-1315, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). State of world aquaculture 2006.FAO Fisheries Technical Paper 500. Rome, 2006.

GIUFFRIDA, A., PENNISI, L., ZIINO, G., FORTINO, L., VALVO, G., MARINO, S., PANEBIANCO, A., **Influence of slaughtering method on some aspects of quality of gilthead seabream and smoked rainbow trout.** Vet. Res. Commun.v 31, p.437–446, 2007.

GOULAS, A.E., KONTOMINAS, M.G. **Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes.** Food Chemistry, v.93, p. 511 – 520,2005.

GOULDING, M. **The Fishes and Forest, Explorations in Amazonian Natural History.** University of California Press, Berkeley, USA. 280 p, 1980.

GRAEF, E. W.; RESENDE, E. K. DE, PETRY, P.; STORTI FILHO,A. **Policultivo de matrinhã (*Brycon* sp) e jaraqui(*Semaprochilodus* sp) em pequenas represas.** Acta Amazonica, v.16/17 , p.33-42, 1987.

GREASER, M.L., **Conversion of Muscle to Meat,** In: BECHTEL, P.J.Muscle as Food New York: Academic Press, p 37 – 102, 1986.

HAARD, N; **The role of enzymes in determining seafood color, flavor and texture.** In: H. ALLAN BREMNER (Ed). Safety and Quality Issues in Fish Processing. Cambridge, UK: Woodhead publishing, 2002.

HALLIER, A., CHEVALLIER, S., SEROT, T., PROST, C. **Influence of farming conditions on colour and texture of European catfish (*Silurus glanis*) flesh.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 87, p. 814 – 823, 2007.

HOWGATE, P. **Determination of total volatile bases.** Torry Research Station. Aberdeen, TD 564, Appendix 4, 1976.

HUSS, H.H. 2003. **Assessment and management of sea food safety and quality.** Food Agriculture Organization (FAO). *Fisheries Technical Paper 444*. Rome:FAO.

HUSS, H.H. El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad. In:FAO. **Manual de Capacitación Preparado por el Programa de Capacitación FAO/DANIDA en Tecnología Pesquera y Control de Calidad.** Roma: FAO, 1988. V.29.

HUSS, H.H. **Fresh fish: quality and quality changes.** Rome: FAO: DANIDA, 1988. 132p. (FAO Fisheries Series, n. 29).

HUSS, H.H. **Quality and Quality Changes in Fresh Fish.** FAO Fishiers Technology. Pap. 348. FAO Rome. Italy, 1995.

INOUE, L.A.K.A., NETO, C.S., MORAES, G. **Efeito do óleo de cravo na resposta de estresse do matrinxã (*Brycon cephalus*) submetido ao transporte.** Acta Amazônica, Manaus, v. 35, n. 2, p. 289 – 295, 2005.

IZEL, A. C. U.; PEREIRA-FILHO, M.; MELO, L.A.S.; MACEDO, J.L.V.. **Avaliação de níveis protéicos para nutrição de juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*).** Acta Amazônica, vol.34(2). p 179-184, 2004.

KIESSLING, A., ESPE, M., RUOHONEN, K., MORKORE, T.. **Texture, gaping and colour of fresh and frozen Atlantic salmon flesh as affected by pre-slaughter iso-eugenol or CO<sub>2</sub> anaesthesia.** Aquaculture, v. 236, p.645–657. 2004.

KNOWLES T.G., BROWN S.N., WARRISS P.D., LINES J., TINARWO A., BRAVOA., CARVALHO H. & GONCALVESA. **Effect of electrical stunning at slaughter on the carcass, flesh and eating quality of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*).** Aquaculture Research, v. 38, p. 1732 - 1741, 2007.

KNOWLES, T.G., BROWN, S.N., WARRISS, P.D., LINES, J., TINARWO, A., BRAVO, A., CARVALHO, H., GONÇALVES, A., **Effect of electrical stunning at slaughter on the carcass, flesh and eating quality of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*).** Aquaculture Research, v. 38, p.1732–1741, 2007

KNOWLES, T.G., BROWN, S.N., WARRISS, P.D., LINES, J., TINARWO, A., SENDON, m.; **Effect of electrical stunning at slaughter on the quality of farmed turbot (*Psetta maxima*).** Aquaculture Research, v.39,p. 1731-1738, 2008.

KODAIRA, M. **Manejo del pescado de águas continentales em condiciones de refrigeração.** In: Informes Nacionales y Documentos Seleccionados Presentados en la Cuarta Reunion del Grupo de Trabajo sobre Tecnologia Pesquera. Cartagena, Colombia: FAO, p.104-128, 1992.

LADRAT, C., VERREZ-BAGNIS, V., NOËL, J., FLEURENCE, J B, D and L. **In vitro proteolysis of myofibrillar and sarcoplasmic proteins of white muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects of cathepsins.** Food Chem. v.81, p. 517–525, 2003.

LAMBOOIJ, B., GERRITZEN, M.A., REIMERT, H., BURGGRAAF, D., ANDRÉ, G., VAN DE VIS, H., **Evaluation of electrical stunning of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in seawater and killing by chilling: welfare aspects, product quality and possibilities for implementation,** Aquaculture Research, v. 39, p, 50-58, 2008.

LAMBOOIJ, E., VAN DER VIS, J.W., KLOOSTERBOER, R.J., PIETERSE, C., **Welfare aspects of live chilling and freezing of farmed eel (*Anguilla Anguilla* L.): neurological and behavioural assessment.** Aquaculture, v. 210, p.159-169, 2002.

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. 254, p. 388–395, 2006.

LEE, K.G., SHIBAMOTO, T.; **Antioxidant property of aroma extract isolated from clove buds (*Syzygium aromaticum* L.).** Food Chemistry, v.74, p.443–448, 2001.

LESSI, E., BATISTA, G.M., KODAIRA, M., FALCÃO, P.T., **Alterações bioquímicas *post-mortem* de matrinxã *brycon cephalus* (günther, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo,** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 24(4), p. 573-581, 2004.

LINES, J., KESTIN, S., **Electric stunning of trout: power reduction using a two-stage stun.** Aquacultural Engineering, v. 32, p. 483–491, 2005.

LINES, J.A., ROBB, D.H., KESTIN, S. C., CROOK, S. C., BENSON, T., **Electric stunning: a humane slaughter method for Trout,** Aquacultural Engineering, v. 28 p.141 - 154, 2003

MA, B., YAMANAKA, H., **Studies on Thaw-Rigor in Red Sea Bream and Carpa Muscles.** Nippon Suisan Gakkaishi. v. 57, p.1365-1368, 1991.

MARINÉ-FONT, A., VIDAL-CAROU, M. C.; IZQUIERDO-PULIDO, M.; VECIANA-NOGUÉS, M. T.; **Aminas biógenas em alimentos: unos microcomponentes de interés múltiple.** Revista Espanhola Del Nutricion Comunitaria, v.1, n.4, p. 138-141, 1995.

MARTINEZ-VALDIVIESO, R. *et al.* **Efecto del tiempo de retardo en la refrigeração sobre la estabilidad microbiológica de cachama durante su almacenamiento en hielo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Antonio de A. Figueiredo (Ed.). RJ: SBCTA. v.1, p.232-235, 1998.

MARX, H., BRUNNER, B., WEINZIERL, W., HOFFMAN, R., STOLLE, A., **Methods of stunning freshwater fish: impact on meat quality and aspects of animal welfare.** Z. Lebensm. Unters. Forsch. A. v. 204, p. 282–286, 1997.

MELO FRANCO, B. D. G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos.** São Paulo, Atheneu, 1996. 182 p.

MISIMI, E., ERIKSON, U., DIGRE, H., SKAVHAUG, A. , MATHIASSEN J.R., **Computer Vision-Based Evaluation of Preand Postrigor Changes in Size and Shape of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) and Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fillets during Rigor Mortis and Ice Storage: Effects of Perimortem Handling Stress** Journal Of Food Science, v. 73, Nr. 2, 2008.

MOCHIZUKI, S., SATO, A., **Effects of Various Killing Procedures on Post mortem Changes in the Muscle of Horse Mackerel.** Bull Japan Society of Science in Fish.v.64, p.276 – 279, 1996.

MORKORE, T. **Relevance of dietary oil source for contraction and quality of prerigor filleted Atlantic cod.** Aquaculture 251, 2006, p.56–65.

MORZEL M., SOHIER D., VAN DE VIS H. **Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v.83,p.19-28, 2003.

MORZEL, M., CHAMBON, C., LEFEVRE, F., PABOEUF, G., LAVILLE, E., **Modifications of trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle proteins by preslaughter activity.** Journal of Agriculture and Food Chemistry v. 54, p. 2997–3001, 2006.

MORZEL, M.; SOHIER, D.; VAN DE VIS, H. **Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and fles quality.** Journal of the Science of food and Agriculture, v.82, p.19-28, 2002.

NAIR, R.B. et al. **Studies on chilled storage of fresh water fish I. Changes occurring during iced storage.** Journal Food Science and Technology, v.8, p.53-56, 1971.

NAMBUDIRI, D.D.; GOPAKUMAR, K. **Cold Shock reactions in tropical fishes.** J. Food Sci. Technol., v. 25, n. 2, p. 89-91, 1988.

NIELSEN, J., 1997. **Sensory analysis of fish. Proceedings of the Final Meeting of the Concerted Action “Evaluation of Fish Freshness”**, Nantes (France), November 12– 14. International Institute of Refrigeration, Paris, France, pp. 279–286.

NORDGREEN,A.H., SLINDE,E., MOLLER,D., ROTH,B., **Effect of Various Electric Field Strengths and Current Durations on Stunning and Spinal Injuries of Atlantic Herring.** Journal of Aquatic Animal Health v.20, p. 110–115, 2008.



OEHLENSCHLÄGER J.; SÖRENSEN, N.K. **Criteria of fish freshness and quality aspects**. In: THE FINAL MEETING OF THE CONCERTED ACTION - EVALUATION OF FISH FRESHNESS – 1997.

OKA H, OHNO K, NINOMUYA J. **Changes in Texture During Cold Storage of Cultured Yellowtail Meat Prepared by Different Killing Methods**. Bull Japan Society of Science in Fish.v.56, p.1673-1678, 1990.

ÓLAFSDÓTTIR, G., MARTINSDÓTTIR, E., OEHLENSCHLÄGER, J., DALGAARD, P., JENSEN, B., UNDELAND, I., MACKIE, I.M., HENEHEN, G., NIELSEN, J., NILSEN, H.; **Methods to evaluate fish freshness in research and industry**. Trends, Food Science, v. 8, p. 258 – 265, 1997.

ÓLAFSDÓTTIR, G., NESVADBA, P., DI NATALE, C., CARECHE, M., OEHLENSCHLÄGER, J., TRYGGVADÓTTIR, S., SCHUBRING, R., KROEGER, M., HEIA, K., ESAIASSEN, M., MACAGNANO, A., JØRGENSEN, BO M.; **Multisensor for fish quality determination**. Trends in Food Science & Technology, v.15, 86 – 93, 2004.

OLIVEIRA, R. F.; GALHARDO, L. **Sobre a aplicação do conceito de bem estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura** Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, suplemento especial, p.77-86, 2007.

OLIVO, R. **Alterações oxidativas em produtos cárneos**. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes. São Paulo: Varela, 2006. p.155-163.

OLSEN S.H., S\_RENSEN N.K., STORMO S.K. & ELVEVOLL E.O. **Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in  $\phi$ llets of Atlantic salmon (*Salmo salar*)**. Aquaculture, v. 258,p. 462 – 469, 2006.

OLSEN S.H., SORENSEN N.K., LARSEN R., ELVEVOLL E.O., NILSEN H., **Impact of pre-slaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) – Measured chemically and Visible and Near-infrared spectroscopy**. Aquaculture, Amsterdam, v.284, p.90 – 97, 2008.

ÖNAL, A.; **A review: Current analytical methods for the determination of biogenic amines in foods**. Food Chemistry, v.103, p.1475 – 1486, 2007.

OZOGUL, Y. & OZOGUL, F.. **Effects of slaughtering methods on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) stored in ice and MAP**. European Food Research and Technology, v. 219, p. 211–216, 2004.

PARISI, G.; FRANCI, O.; POLI, B. M; **Application of multivariate analysis to sensorial and instrumental parameters of freshness in refrigerated sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during shelf life**. Aquaculture, v. 214, p. 153–167, 2002.

PARRY, R.W.H. et al. **Cold shock in fish: its characteristics in bighead**. Journal Food Science and Technology, v.22, p.637-642, 1987.

PASTORIZA, L., SAMPEDRO, G., HERRERA, J.J., CABO, M.L. **Influence of sodium chloride and modified atmosphere packaging on microbiological,**

**chemical and sensorial properties in ice storage of slices of hake (*Merluccius merluccius*)**. Food Chemistry, v.61, p.23 – 28, 1988.

PEDRAZZANI, A. S.; MOLENTO, C. F. M.; CARNEIRO, P. C. F.; CASTILHO, M. F.. **Senciência e Bem estar de Peixes: Uma Visão de Futuro do Mercado Consumidor**. Panorama da Aquicultura, julho/agosto, 2007.

PEDRAZZANI, A. S.; MOLENTO, C. F. M.; CARNEIRO, P. C. F.; CASTILHO, M. F.. **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.

PÉREZ, M. et al. **Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre los cambios *post-mortem* y frescura en híbridos de Cachama (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) cultivados**. Anales Venezolanos de Nutrición, v.14, n.2, p.53-59, 2001.

PIZANGO-PAIMA, E. G. **Estudo da alimentação e composição corporal do matrinxã, *Brycon cehalus* (Gunther, 1869) (Characiformes, Characidae) na Amazônia central**. Manaus: INPA/ FUA, 1997. 71p. Dissertação Mestrado.

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

PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L.; **Manual de Piscicultura tropical**, Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, 1994.

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, p. 250–258. 2007

ROBB D.H.F. & ROTH B. **Brain activity of Atlantic salmon (*Salmosalar*) following electrical stunning using various field strengths and pulse durations**. Aquaculture, v. 216, p. 363 – 369, 2003.

ROBB, D. H. F.; KESTIN, S. C. **Methods used to kill fish: field observations and literature reviewed**. Animal welfare, v. 11, p. 269-282. 2002.

ROBB, D., O'CALLAGHAN,M., LINES, J. & KESTIN, S. C. (2002). **Electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): factors that affect stun duration**. Aquaculture, v.205, p. 359–371.

ROBB, D.H.F., KESTIN, S.C., WARRISS, P.D., **Muscle activity at slaughter: I. Changes in flesh colour and gaping in rainbow trout**. Aquaculture, v.182, p. 261–269. 2000.

ROÇA, R. O. **Abate humanitário melhora a carne: bem estar animal na hora do abate influencia na qualidade do produto**. Revista Açougueiro & Frigorífico. São Paulo, v.5, n.42, p.28-30, 1999.

ROÇA, R. O. **Abate humanitário: manejo ante-mortem**. Revista Tecnologia de Carnes, v.3, n.1, p.7-12, 2001.

ROTH, B. *et al.* **Slaughter quality and rigor contraction in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*); a comparison between different stunning methods**. Aquaculture, Amsterdam, v. 272, p. 754-761, 2007.

ROTH, B., MOELLER, D., SLINDE, E., 2004. **Ability of electric field strength, frequency, and current duration to stun farmed Atlantic salmon and pollock and relations to observed injuries using sinusoidal and square wave alternating current**. N. Am. J. Aquac.66, 208–216.

ROTH, B., MOELLER, D., VELAND, J. O., IMSLAND, A. & SLINDE, E. (2002). **The effect of stunning methods on rigor mortis and texture properties of Atlantic salmon (*salmo salar*)**. Journal of Food Science, 67, 1462–1466.

ROTH, B., SLINDE, E., ARILDSEN, J., **Pre or post mortem muscle activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). The effect on rigor mortis and the physical properties of flesh**. Aquaculture, v. 257, p. 504–510, 2006.

ROTH, B.; IMSLAND, A.; GUNNARSSON, S.;FOSS, A.; SCHEVIS-SMIT, R.; **Slaughter quality and rigor contraction in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*); a comparison between different stunning methods**. Aquaculture v.272, p. 754 a 761, 2007.

ROTH, B.; TORRISEN, O. J.; SLINDE, E. **The effect of slaughtering procedures on blood spotting in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*)**. Aquaculture, Amsterdam, v. 250, p. 796-803, 2005.

RUFF, N.; FITZGERALD, R.D.; CROSS, T.F.; TEURTIE, G., KERRY, J.P.; **Slaughtering method and dietary  $\alpha$ - tocophenyl acetate supplementation affect rigor mortis and fillet shelf-life of turbot *Scophthalmus maximus* L.**; Aquaculture Research, v. 33, p. 703 – 714, 2002.

RUIZ-CAPILLAS, C., HORNER, W.F.A. (1999). **Determination of trimethylamine nitrogen and total volatile basic nitrogen in fresh fish by flow injection analysis**. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 79, p.1982 – 1986.

RUIZ-CAPILLAS, C., MORAL, A.; **Correlation between chemical and sensory quality indices in hake stored in ice**. Food Research International,v. 34, 441 – 447, 2001.

SÁNCHEZ-CASCADO, S.. **Estudio de alternativas para la evaluación de la frescura y la calidad del boquerón (*Engraulis encrasicolus*) y sus derivados**. Ed. Autor. Dissertação para obtenção grau de Doutor em Nutrição, Tecnología e Higiene de los Alimentos. Universitat Barcelona, 2005.

SANTOS, J. M. S.; **Filetes de Pregado (*Psetta maxima*) Embalados em Atmosfera Modificada: Avaliação da qualidade física, química e microbiológica**.; Dissertação apresentada à Faculdade de Farmácia da

Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Controlo de Qualidade na área Científica Água e Alimentos.p.170, 2008.

SÃO PAULO (Estado). **Código Sanitário do Estado de São Paulo**. São Paulo: IMESP, 1991. 412p.

SCHERER R., AUGUSTI P.R., STEIENS C., BOCHI V.C., HECKTHEUER L.H., LAZZARI R., RADUNZ-NETO J., POMBLUM S.C.G. & EMANUELLIT.**Effect of slaughter method on postmortem changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) stored in ice**. Journal of Food Science v.70, p.348 - 353, 2005.

SCHERER, R. *et al.* **Effect of slaughter method on *postmortem* changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) stored in ice**. Journal Food Science, v. 70, p. C348-354, 2005.

SCHUBRING, R. (1997). **Instrumental Colour Measurement as a Tool for the Determination of Fish Freshness**. In: Methods to determine the freshness of fish in research and industry. Proceedings of the Final Meeting of the Concerted Action AIR3CT94-2283FAIR Programme of EU- Co-sponsored by the IIR, Paris.

SCORVO FILHO, J.D.; MARTIN, N.B.; AYROZA, L.M.S. **Piscicultura em São Paulo: custos e retornos de diferentes sistemas de produção na safra de 1996/1997**. *Informações Econômicas - IEA*, São Paulo, v. 28, n.3, p. 41-60, 1998.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICROS E PEQUENAS EMPRESAS. **Aquicultura e pesca: tilápias: relatório completo: estudos de mercado SEBRAE/ESPM**. São Paulo. 160 p., 2008.

SHIGEMURA Y, ANDO M, TSUKAMASA Y, MAKINODAN Y, KAWAI T.

SIGHOLT, T., ERIKSON, U., RUSTAD, T., JOHANSEN, T.S.. **Handling stress and storage temperature affect meat quality of farm-raised Atlantic salmon**. Journal of Food Science, v. 62, n.4, p. 898–906, 1997.

SILVEIRA, E. T. F. **Bem estar animal e seus impactos na indústria de carnes do Brasil**. In: I Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, Anais... São Pedro. p.56-79, 2001.

SKJERVOLD P.O., RORA A.M.B., FJÆRA S.O., VEGUSDAL A, VORRE A, EINEN O.,**Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon**. Aquaculture 194:315–26. 2001.

SKJERVOLD, P.O., FJAERA, S.O., OSTBY, P.B., ISAKSSON, T., EINEN, O., TAYLOR, R.. **Properties of salmon flesh from different locations on pre- and post-rigor fillets**. Aquaculture 201:91–106. 2001.

SOARES, C. M. et al., **Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela do farelo de canola na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*)**. Rev. Bras. Zootec., Viçosa, v.29, n.1, p.15-22, 2000.

SORENSEN, T.L., MOLLER, J.V., NISSEN, P. **Phosphoryl transfer and calcium ion occlusion in the calcium pump.** *Science*, v.304:p. 1672–1675, 2004.

STIEN L.H., HIRMAS E., BJ\_RNEVIKM., KARLSEN \_\_., NORTVEDT R., R\_R\_ A.M.B., SUNDE J. & KIESSLING A. **The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.).** *Aquaculture Research*, v. 36, p.1197 – 1206, 2005.

TEJADA, M., HUIDOBRO, A., **Quality of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage related to the slaughter method and gutting.** *Eur. Food Res. Technol.*, v 215, p.1–7. 2002

TOKUNAGA, T., IIDA H., NAKAMURA, K., TERANO, S., FURUKAWA, T., SATOJ & HOSHINO, C.. **Study on the several chemical test for estimating the quality of canned products.** I. On canned mackerel. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 107, 1-10. ,1982.

TOYOHARA, H., SHIMIZU, Y., **Relation of the *Rigor mortis* of Fish Body and the Texture of the Muscle.** *Bull Japan Society of Science in Fish.*v.54; p.1795-1798. 1988

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P. *et al. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva.* São Paulo: TecArt, 2004. cap. 6, p. 171-193.

VAN DE VIS, H., KESTIN, S., ROBB, D., OEHLENSCHLAGER, J., LAMBOOIJ, B., MUNKNER, W., KUHLMANN, H., TEJADA, M., HUIDOBRO, A., OTTERA, H., ROTH, B., SORENSEN, N.K., AKSE, L., BYRNE, H., NESVADBA, P., **Is humane slaughter of fish possible for industry?** *Aquaculture Research*, v. 34, p. 211–220, 2003.

WENDELAAR BONGA, S.E. **The Stress Response in Fish.** *Physiological Reviews*, Boston, v. 77, n. 3, p. 591-625, 1997.

WILLS, C. C., ZAMPACAVALLO G., POLI, B. M, PROCTOR M.R.M., HENEHAN, G.T.M. **Nitrogen stunning of rainbow trout,** *International Journal of Food Science and Technology*, v.41, p. 395–398, 2006.

YAMASHITA, M., KONAGAYA, S.. **Hydrolytic action of salmon cathepsin-b and cathepsin-l to muscle structural proteins in respect of muscle softening.** *Nippon Suisan Gakkaishi*, v. 57, p. 1917–1922, 1991.