

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E ATRIBUTOS DE
QUALIDADE E PROPRIEDADE DA CARNE DE SURUBIM
SUBMETIDOS A DEPURAÇÃO PÓS CAPTURA E
TRANSPORTE

Acadêmica: Letícia Emiliani Fantini

Aquidauana-MS
Fevereiro/2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E ATRIBUTOS DE
QUALIDADE E PROPRIEDADE DA CARNE DE SURUBIM
SUBMETIDOS A DEPURAÇÃO PÓS CAPTURA E
TRANSPORTE

Acadêmica: Letícia Emiliani Fantini
Orientador: Cristiane Meldau de Campos Amaral
Co-orientador: Jorge Antonio Ferreira de Lara

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana-MS
Fevereiro/2014

F219p Fantini, Letícia Emiliani

Parâmetros fisiológicos e atributos de qualidade e propriedade da carne de surubim submetidos a depuração pós captura e transporte/ Letícia Emiliani Fantini. Aquidauana, MS: UEMS, 2014.

68p.; 30cm

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2014.

Orientador: Cristiane Meldau de Campos Amaral.

1. Hematologia 2. Qualidade de carne 3. Depuração I. Título

CDD 23.ed. - 636



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PRODUÇÃO ANIMAL NO CERRADO-PANTANAL



LETÍCIA EMILIANI FANTINI

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 07/02/2014.

Dra. Cristiane Meldau de Campos Amaral

Dra. Elisabeth Criscuolo Urbinati

Dr. André Luiz Julien Ferraz

Dedico aos meus pais Olívia Aparecida Soares Fantini e Adalberto Fantini.
Vocês proporcionaram que meu sonho se tornasse realidade, emprestaram-me
seu amor para que eu pudesse existir. Mais que isso, trabalharam sacrificando
seus sonhos em favor dos meus. Por tudo, sou infinitivamente grata.

AGRADECIMENTOS

Agradeço

À Deus por ter me dado força nas horas mais difíceis, ajudando-me a não desistir. 'A fé em Deus nos faz crer no incrível, ver o invisível e realizar o impossível'.

À Dra. Cristiane Meldau de Campos Amaral pela orientação, confiança, estímulo, críticas, auxílio, paciência, encorajamento e grande amizade demonstrada durante a graduação, mestrado e principalmente na realização deste trabalho. Agradeço por ter me acolhido nesses quase 7 anos de orientação com dedicação e empenho. Soube dar-me espaço e liberdade para escolher e decidir o meu próprio caminho. Agradeço por ter ficado ao meu lado nos momentos mais difíceis, 'e como tiveram momentos ein'. Momentos esses que serviram para amadurecimento, crescimento pessoal e profissional. Os meus agradecimentos são por todos os momentos, os difíceis, mas não deixando de lembrar dos felizes, aqueles com muitas conversas, risadas, 'na verdade, gargalhadas'. A senhora PROF serei eternamente grata.

Ao meu co-orientador Dr. Jorge Antonio Ferreira de Lara, mais do que por me ter aberto as portas do seu laboratório, por me ter mostrado outros horizontes e me ter ajudado a ver mais longe, a resolver dúvidas e a descobrir soluções.

À Empresa Mar &Terra e ao Fabio Mazzoti Santamaria, pela parceria, disponibilização dos animais, espaço para realização do experimento em condições reais de funcionamento do frigorífico e colaboração na pesquisa científica deste trabalho.

À EMBRAPA Cgap – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal por ter disponibilizado o laboratório para realização das análises da carne.

Ao Centro Universitário da Grande Dourados – UNIGRAN e Profa. Dra. Claucia Aparecida Honorato por ter deixado a disposição, seus alunos e laboratório para realização das análises sanguíneas. A parceria foi fundamental para realização desse trabalho.

À Profa. Dra. Cleujosí da Silva Nunes, que me auxiliou em várias análises, principalmente as bioquímicas, sou grata por seus ensinamentos, incentivo e dedicação.

À Profa. Dra. Margarete de Castro e ao técnico José Roberto pela realização das análises de cortisol plasmático, no Laboratório de Endocrinologia do Hospital das clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo - USP.

À banca examinadora da qualificação e defesa Dra. Elisabeth Criscuolo Urbinati, Dr. André Luiz Julien Ferraz e Dr. Jayme Aparecido Povh pelas considerações e sugestões que só fizeram melhorar o trabalho.

Aos colegas do laboratório de Ictioparasitologia, Robson Andrade Rodrigues, Cleujosí da Silva Nunes, Jade Aprigio, Nandara Soares, Leonardo Augusto, Evelyn Lopes de Oliveira, Pamela Nascimento, Josiele Farinha e Marcelo Nascimento. Sem vocês com certeza a finalização deste trabalho não teria ocorrido.

Aos alunos e técnicos do Laboratório de carnes da ENBRAPA- Corumbá, Jovana Garbelini, Tábata Cristina, Rosileide, Antônio, Carlos e Augusto.

À minha amiga de kit net, Mariane Chitolina, que ouvia pacientemente todos meus desabafos, histórias e aguentava o meu mal humor.

Ao meu namorado e porto seguro, Felipe Carneiro por ter suportado meus momentos de surtos, estresse, e por estar comigo neste momento tão importante da minha vida.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho. A execução de uma dissertação não é exclusivamente uma tarefa solitária. Para a sua concretização convergem inúmeras vontades que, num esforço coletivo, me permitiu chegar ao fim, que será apenas um novo começo!

SUMÁRIO

Resumo	i
Abstract	ii
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	01
1- Introdução	01
2- Revisão de Literatura	02
2.1- Produção de Pescado	02
2.2- <i>Pseudoplatystoma</i> spp.	03
2.3- Estresse em peixes	06
2.4- Cortisol e glicose plasmática	08
2.5- Glicogênio do fígado e músculo	10
2.6- Parâmetros hematológicos	11
2.7- <i>Rigor mortis</i>	14
2.8- Alterações de pH	16
2.9- Capacidade de Retenção de água (CRA)	17
2.10- Cor instrumental – valores (L*), (a*), (b*)	18
2.11- Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM)	19
2.12- Composição química do pescado	19
3- Objetivo	20
4- Referências Bibliográficas	21
CAPÍTULO 2- Respostas hematológicas de surubins submetidos a depuração no pré-abate	31
Resumo	31
Abstract	32
Introdução	33
Material e Métodos	34
Resultados e Discussão	36
Conclusão	40
Agradecimentos	40
Referências	41
Tabelas e Figuras	43
CAPÍTULO 3 – Atributos de qualidade e propriedade da carne de surubins submetidos a depuração no pré-abate	46
Resumo	46
Abstract	47
Introdução	48
Material e Métodos	49
Resultados e Discussão	53

Conclusão	60
Agradecimentos	60
Referências	61
Tabelas e Figuras	64
CAPÍTULO 4- Considerações finais	67

RESUMO

Estudos relacionados com depuração de peixes pós captura e transporte, envolvendo a qualidade de carne, principalmente de espécies nativas como o surubim *Pseudoplatystoma* spp. auxiliam na detecção de pontos críticos na qualidade da carne. O surubim apresenta carne nobre com baixo teor de gordura e ausência de espinhas intramusculares e é considerado uma das espécies alvo para a aquicultura. Com este estudo objetivou-se avaliar os parâmetros hematológicos, hormonais, metabólicos, bioquímicos, atributos de qualidade e propriedades da carne de surubins submetidos a diferentes tempos de depuração no pré-abate. Para isso o experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa foram avaliados os parâmetros hematológicos de surubins *Pseudoplatystoma* spp. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos foram 0, 2, 4 e 24 horas de depuração. Foram colhidas alíquotas de sangue com seringas heparinizadas de 10 exemplares de peixes de cada tratamento, retiradas por punção do vaso caudal. Foram determinados o hematócrito, hemoglobina, número de eritrócitos, volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e o tromboleucograma. Na segunda etapa adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e 15 repetições. Os tempos foram 0, 2, 4, 8 e 24 horas de depuração. Foram analisados: cortisol, glicose plasmática, glicogênio do fígado e músculo, pH, Cor (L^* , a^* , b^*), capacidade de retenção de água, índice de fragmentação miofibrilar, índice de *rigor mortis* e composição centesimal. Os dados foram submetidos a análise estatística. Com base no perfil hematológico, observou-se alterações nos surubins abatidos imediatamente após o transporte, com altos valores, principalmente de leucócito. O descanso posteriormente a captura e transporte aumenta a condição de bem estar dos peixes. Os diferentes tempos de depuração influenciam o perfil hematológico de surubins, e após captura e transporte apresentam indicativos de estresse. Apesar dos valores de composição química do pescado estarem dentro dos padrões comercializados no mercado. O manejo de captura e transporte influencia as propriedades de qualidade de carne de surubins *Pseudoplatystoma* spp., promove mudança na coloração do filé e alteração no estabelecimento *rigor mortis*.

Palavras-chave: carne, glicose, pH, *rigor mortis*, surubim

ABSTRACT

Related debugging of fish after catch and transport studies involving meat quality, especially native species as surubim *Pseudoplatystoma* spp. assist in the detection of critical points on meat quality. The catfish has prime beef with low-fat and no intramuscular bones and is considered one of the target species for aquaculture. This study aimed to evaluate the hematological, hormonal, metabolic, biochemical parameters, and quality attributes of meat surubins subjected to different times of the pre-slaughter debugging properties. For this, the experiment was divided into two stages. In the first stage hematological parameters were evaluated surubins *Pseudoplatystoma* spp. We adopted a completely randomized design with four treatments and 10 repetitions. The treatments were 0, 2, 4 and 24 hour debugging. Aliquots of blood with heparinized syringes 10 specimens of fish in each treatment withdrawn by puncture of the caudal vessels were harvested. Hematocrit, hemoglobin, red blood cell count, mean corpuscular volume (MCV) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) were determined and tromboleucograma. In the second step we adopted a completely randomized design with five treatments and 15 repetitions. The times were 0, 2, 4, 8 and 24 hour debugging. Were analyzed: plasma cortisol, glucose, liver glycogen and muscle pH, color (L^* , a^* , b^*), water holding capacity, myofibrillar fragmentation index, index of rigor mortis and chemical composition. Data were analyzed statistically. Based on the hematological profile, observed changes in surubins slaughtered immediately after transport, with high values, mainly leukocytes. The rest of the carriage subsequently increases the wellness condition of the fish. The different times of debugging influence hematological profile surubins and after transport present indicative of stress. Although values of chemical composition of the fish are marketed within the standards on the market. The management of capture and transport influences the properties of meat quality surubins *Pseudoplatystoma* spp., promotes change in coloration of the fillet and change on the property *rigor mortis*.

Keywords: meat, glucose, pH, *rigor mortis*, surubim

CAPÍTULO 1 - Considerações Gerais

1- Introdução

Muitos frigoríficos no país passam por grandes dificuldades em relação a demanda de produção, devido as oscilações que ocorrem na cadeia produtiva do pescado. Firmar contratos antecipados de fornecimento de pescado é uma aposta de alto risco (KUBITZA e ONO, 2005), por esse motivo o mercado consumidor pode controlar a demanda de produção.

Conforme as empresas solicitam pescados aos frigoríficos, eles tendem a adequar a linha de produção buscando uma forma de atender com eficácia as necessidades do mercado. E para que a entrega do produto seja rápida, os frigoríficos reduzem ou até mesmo eliminam etapas de processamento de peixes.

Uma das etapas que sofrem diversas variações no tempo é a depuração, na qual peixes são colocados em reservatório de alvenaria, com água corrente e alta vazão, permanecendo em um tempo pré-estabelecido de 12 a 24 horas, suficiente para os peixes vivos passarem por uma limpeza do trato digestivo o que evita um impacto negativo com o material fecal na água, que aumenta a demanda de oxigênio, favorece o acúmulo de metabólitos tóxicos como a amônia e o CO₂ e provoca estresse nos peixes, prejudicando a qualidade do produto (KUBITZA, 1997).

Animais abatidos estressados podem apresentar rápida instalação do *rigor mortis*. Autores relatam gapping no filé (ROBB et al., 2000), alteração na coloração dos filés (SKJERVOLD et al., 2001), na suculência (MORKORE, 2006), redução na capacidade de retenção de água (ROBB e KESTIN, 2002) e variações nos níveis de cortisol plasmático (WILKINSON et al., 2008), reduzindo a vida de prateleira do produto (ROBB e KESTIN, 2002; BOSWORTH et al., 2007).

Controlar os fatores que aceleram a instalação do *rigor mortis*, antes da carcaça atingir a temperatura de resfriamento, é essencial para se obter carne de boa qualidade (MORKORE, 2006). O estresse antes do abate resulta em instalação do *rigor mortis* mais rapidamente, influenciando atributos de qualidade da carne. Alterações fisiológicas como o aumento dos níveis de cortisol, glicose

e cloreto plasmáticos têm sido usadas para determinar o grau de estresse dos animais (LUPATSCH et al., 2010).

Este estudo foi proposto para avaliar os diferentes tempos de depuração no manejo pré-abate sobre os parâmetros hematológicos, metabólicos, hormonais, bioquímicos e verificar sua influência na qualidade e propriedades da carne do surubim *Pseudoplatystoma* spp.

2- Revisão de Literatura

2.1- Produção de pescado

No triênio de 2008-2010, a produção aquícola nacional de origem continental aumentou de forma significativa, resultado de um incremento de aproximadamente 40% durante este período, crescimento devido ao desenvolvimento do setor, que por sua vez, se deu pela ampliação de políticas públicas que facilitaram o acesso aos programas governamentais existentes, tais como o Plano Mais Pesca e Aquicultura, desenvolvido pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2012).

A produção mundial de pescado (proveniente tanto da pesca extrativa quanto da aquicultura) atingiu aproximadamente 168 milhões de toneladas em 2010, representando um incremento de aproximadamente 3% em relação a 2009. O Brasil contribuiu com apenas 0,75% (1.264.765 t) da produção mundial de pescado em 2010, ocupando o 19º lugar e caindo uma posição em relação ao ranking geral de 2009 (MPA, 2013).

O consumo per capita aparente de pescado no país em 2010 foi de 9,75 kg/hab./ano, com crescimento de 8% em relação ao ano anterior. Desse total, 66% do pescado consumido é produzido no Brasil (MPA, 2012). Em 2009 a produção de surubins foi de 2.126,7 toneladas, e em cinco anos sua produção cresceu 414,9 % atingindo a marca de 8.824,3 toneladas em 2011 (MPA, 2013).

Na região Centro-Oeste, a produção de espécies nativas é a atividade com maior expressão (QUEIROZ et al., 2002). O Mato Grosso do Sul produziu, no ano de 2003, um volume de 432 toneladas de *Pseudoplatystoma* spp., o que o posiciona como um dos maiores produtores do Brasil (IBAMA, 2005). Segundo Mayumeoshiro et al. (2012), no estado de Mato Grosso do Sul, há um grande número de pisciculturas, voltadas principalmente à produção intensiva de

surubins, e empresas relacionadas à cadeia produtiva do pescado, como fábricas de ração e frigoríficos. Entretanto, a intensificação dos sistemas de produção criam condições para maior ocorrência de agentes estressores que podem promover alterações na qualidade de carne.

2.2- *Pseudoplatystoma* spp.

A ordem Siluriforme engloba mais de 2.200 espécies de bagres espalhados por todos os continentes e são encontrados em grande diversidade de formas, tamanhos e hábitos (KUBITZA et al., 1998). Os surubins são bagres pertencentes ao gênero *Pseudoplatystoma* (BUIRAGO-SUÁREZ & BURR, 2007). Espécies desse gênero compreendem os maiores peixes desta família e podem ser encontrado nas principais bacias hidrográficas da América do Sul: Amazônica, do Prata e do São Francisco (MARQUES, 2008).

Como características, os siluriformes apresentam de um a quatro pares de barbilhões, nadadeira adiposa e corpo desprovido de escamas ou placas ósseas. Muitos ainda apresentam o primeiro raio das nadadeiras peitorais e dorsal como um rígido espinho ou “ferrão”, que podem ou não estar associados com glândulas de toxinas (KUBITZA et al., 1998).

Esses ferrões situados nas nadadeiras dorsal e peitorais dos surubins exigem grande atenção para se evitar acidentes no manejo e ferimentos entre os próprios peixes durante a despesca. Esta parece ser a única característica negativa relacionada ao manejo dos surubins (KUBITZA et al., 1998).

As características anatômicas também estão relacionadas com o hábito alimentar. O surubim é um peixe basicamente piscívoro, predador ativo e voraz (BUIRAGO-SUÁREZ e BURR, 2007). Apresenta cavidade bucofaringeana extensa para a apreensão da presa inteira, apresenta áreas dentígeras no palato e na posição faringeana, bem como rastros branquiais pouco numerosos e pontiagudos para prender e sacrificar a presa (RODRIGUES e MENIN, 2006).

As exigências nutricionais desta espécie não são totalmente conhecidas, o que contribui negativamente para o desenvolvimento de rações comerciais específicas nas suas diferentes fases de desenvolvimento. São encontradas, no mercado, rações comerciais para peixes carnívoros, as quais apresentam em média 40% de proteína bruta (PB) e 8,0% de extrato etéreo (EE). Rações com

teor de 40% de PB podem ser utilizadas em todas as fases de produção dos surubins.

Segundo informações obtidas pela empresa Mar&Terra (*com. pess.*), a produção de surubins é dividida em 3 ou 4 fases de acordo com o sistema que é produzido. Animais com 15 g treinados para comerem ração são terminados em viveiros escavados com peso médio de 1,5 kg, em um período médio de 12 meses. Nesse período, apresentam conversão alimentar variando de 1,3 a 2,2.

No Brasil, existem centenas de espécies de bagres e muitas delas apresentam características zootécnicas, organolépticas e de mercado bastante atrativas para a piscicultura industrial (KUBITZA et al., 1998). O cruzamento entre diferentes espécies (Tabela 1) resulta nos híbridos *Pseudoplatystoma* spp. os quais são amplamente produzidos, consumidos e apreciados no mercado nacional, além de serem exportados para diversos países europeus (*com. pess.*).

Cada espécie de peixe apresenta um nome vulgar e quando se realiza o cruzamento entre duas espécies, o nome vulgar do híbrido se dá pela junção do nome vulgar da fêmea seguido do nome do macho. Por exemplo, o cruzamento de uma fêmea de cachara com um macho de pintado produz o cachapinta, popularmente conhecido como ponto e vírgula. Geralmente, utiliza-se o gênero da espécie com a sigla spp. (que significa que não há uma espécie definida), ou seja *Pseudoplatystoma* spp.

Tabela 1. Principais híbridos praticados em aquicultura no Brasil envolvendo o gênero *Pseudoplatystoma*

Cruzamentos de espécies puras		Híbrido
Fêmea	Macho	Nome popular
Cachara (<i>P. reticulatum</i>)	Pintado (<i>P. corruscans</i>)	Cachapinta
Pintado (<i>P. corruscans</i>)	Cachara (<i>P. reticulatum</i>)	Pintachara
Cachara (<i>P. reticulatum</i>)	Jundiá (<i>Leiarius marmoratus</i>)	Cachadia
Pintado (<i>P. corruscans</i>)	Jundiá (<i>L. marmoratus</i>)	Pintadiá
Jundiá (<i>L. marmoratus</i>)	Pintado (<i>P. corruscans</i>)	Janditado
Cachara (<i>P. reticulatum</i>)	Pirarara (<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>)	Cachapira
Pintado (<i>P. corruscans</i>)	Pirarara (<i>P. hemiliopterus</i>)	Pintapira
Pintado (<i>P. corruscans</i>)	Jurupoca (<i>Hemiosorubim platyrhynchos</i>)	Pintajuru

Fonte: Carvalho et al. (2008); Porto Foresti et al. (2011)

Piscicultores estão realizando o cruzamento entre híbridos F1 e uma terceira espécie, a exemplo do cruzamento entre Cachapinta (fêmea de *P. reticulatum* com macho de *P. corruscans*) e o jundiá (*Leiarius marmoratus*). Os resultados encontrados foram satisfatórios para esse cruzamento, sendo que na larvicultura, o crescimento final e a sobrevivência foram de $19,8 \pm 3,0$ g e 53%, respectivamente (PONZETTO et al., 2009).

Uma importante característica de interesse para a produção comercial é o rendimento de processamento. O surubim, apesar de não ter passado por nenhum melhoramento genético, apresenta alto rendimento. Crepaldi (2004) demonstrou rendimentos de carcaça de 66,9% e 70,9% em duas classes de peso estudadas, 1,5 e 2,7kg, respectivamente. Faria et al. (2006), avaliando peixes mais pesados, em média 12kg, encontraram rendimentos de carcaça de 71,63%.

Os rendimentos de filé do surubim são variáveis. Burkert et al. (2008) encontraram valores de 47,79% para surubins produzidos em viveiros, enquanto que Fantini et al. (2013) encontraram valores de 40,16% e 38,97% produzidos em tanque-rede e viveiro, respectivamente. Esses resultados são próximos ao do bagre africano 46,28% e superiores ao da tilápia do Nilo 36,50% (FARIA et al., 2006).

O surubim ganhou espaço entre os consumidores. Ele pode ser encontrado em pratos populares como filés, postas, petiscos e em pratos mais refinados, como o carpaccio. Na filetagem, os filés dos surubins, são divididos em dois grupos, filés laterais e filés abdominais, esse último vem ganhando espaço entre os consumidores, que denominaram de mignon, podendo ser encontrado a quase cinquenta reais o quilo.

Outro nicho de mercado explorado é o fornecimento de espécimes vivos para pesque e pague (KUBITZA et al., 1998; CREPALDI et al., 2006). A agressividade e o grande porte que alcançam fizeram com que os surubins conquistassem rapidamente esse mercado. Nesse tipo de comércio, o quilo do peixe tende a alcançar maiores valores, tornando-se uma alternativa extremamente interessante para os piscicultores (CREPALDI et al., 2006).

Por apresentarem carne saborosa, com baixo teor de gordura e ausência de espinhas intramusculares, os surubins *Pseudoplatystoma* spp. são os peixes de água doce de grande valor comercial, considerados produtos nobres que os tornam adequados aos mais variados preparos (KUBITZA et al., 1998).

2.3- Estresse em peixes

Uma das principais preocupações do consumidor de produtos de aquicultura é a qualidade do pescado, ou seja, seu valor de segurança, frescor e saúde. Além disso, os consumidores e os produtores estão se tornando cada vez mais conscientes das questões de bem-estar dos peixes (POLI et al., 2005; VAN DE VIS et al., 2003). Durante todo o período de produção, os peixes são submetidos a diferentes formas de manejo e a variações ambientais que podem afetar o seu equilíbrio orgânico (WENDELAAR BONGA, 1997), desencadeando o estresse.

O estresse apresenta um valor adaptativo, à medida que permitem o ajuste do animal às variações ambientais para manutenção de sua homeostase (WENDELAAR BONGA, 1997) e quando os mecanismos de ajuste excedem seus limites normais, a resposta pode ser deletéria à sua saúde (BARTON e IWAMA, 1991).

Um animal estressado passa por três fases distintas, que compõem a Síndrome Geral da Adaptação (SGA). O primeiro estágio da SGA é uma reação de alarme, usualmente caracterizada por uma rápida resposta fisiológica, seguida de um segundo estágio, de resistência. Durante a segunda fase, o organismo se adapta ao distúrbio com o objetivo de recuperar a homeostase. Se o estresse é muito intenso ou persiste por longo período, a adaptação pode não ser mais possível e o organismo entra no terceiro estágio, que é o de exaustão (SELYE, 1950).

A resposta do estresse compreende uma série de alterações fisiológicas e pode ser diferenciada em aguda e crônica. A primeira geralmente ocorre em procedimentos de manejo, como captura e transporte. O segundo tipo de resposta, a crônica, acontece em condições que mantêm os peixes por longos períodos em situações estressantes, como baixa qualidade de água (pH incorreto, baixo nível de oxigênio dissolvido na água e superpopulação), podendo levar à redução no desempenho produtivo (crescimento e reprodução) e da resposta imune (IWAMA, 1993).

Os efeitos da resposta de estresse são divididos em primários, secundários e terciários (Figura 1). Entre os efeitos primários, encontra-se o aumento de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) e corticosteróide

(cortisol) no plasma. Entre as secundárias, estão os efeitos metabólicos provocados pelos primários, como as alterações da glicemia, do acúmulo de ácido láctico muscular, de glicogênio hepático e muscular, alterações no hematócrito e no número de leucócitos, e ainda os efeitos hidrominerais, como alterações nas concentrações plasmáticas de cloro, sódio, potássio, proteínas e na osmolaridade do plasma (WENDELAAR BONGA, 1997). Os efeitos terciários principais são a redução de desempenho produtivo e reprodutivo e a diminuição da resistência às doenças (HONTELA, 1998).

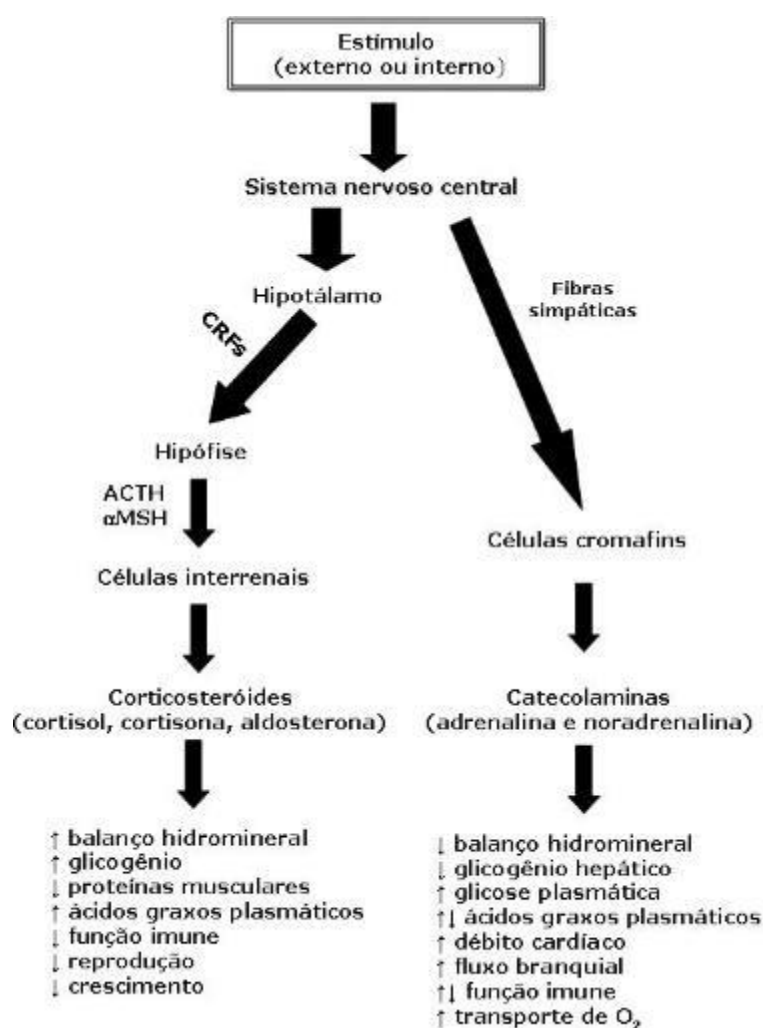


Figura 1. Diagrama ilustrativo das respostas ao estresse em peixes. ACTH: hormônio adenocorticotrófico; CRF: fatores liberadores de corticotrofinas; MSH: hormônio melanócito estimulante; ↑: efeito estimulatório; ↓: efeito inibitório. Modificado de Wendelaar Bonga (1997).

O transporte reduz a capacidade dos peixes de tolerar a ação de um segundo agente estressor, como uma densidade de estocagem inadequada e

prolongada (SPECKER e SCHRECK, 1980). Trabalhos com o uso de agentes redutores de estresse (MCAVOY e ZAEPFEL, 1997; CARNEIRO e URBINATI, 2001; SMALL, 2003; BENDHACK e URBINATI, 2009; IVERSEN et al., 2009) e as precauções na estocagem após o transporte podem aumentar a condição de bem estar dos animais (TAKAHASHI et al., 2006).

Pescados submetidos a estresse pré-abate apresentam carne com características indesejáveis como maciez excessiva, aumento na incidência de gapping e diminuição da capacidade de retenção de água (ROTH et al., 2002; OZOGUL e OZOGUL, 2004; ERIKSON et al., 2006; LAMBOOIJ et al., 2006).

É interessante notar que as questões de qualidade e bem-estar estão intrinsecamente ligadas, pois há evidências de que produção de peixes inadequada resulta em menor qualidade de carne (RIBAS et al., 2007).

2.4- Cortisol e glicose plasmática

Estudos têm mostrado que o aumento do cortisol plasmático está relacionado com a resposta de ativação do eixo HHI (hipotálamo-hipófise-interrenal) frente a exposição do animal a estressores e está relacionado ao processo de gliconeogênese, resultando na quebra do glicogênio e consequentemente elevadas concentrações de glicose no plasma (VIJAYAN et al, 1997).

Concentrações de cortisol plasmático em diferentes espécies de peixes normalmente se elevam alguns minutos após a exposição a um estressor agudo moderado, atingem um pico e retornam a valores basais dentro de, aproximadamente, 6 horas (PICKERING e POTTINGER, 1989). A resposta de juvenis de surubim *Pseudoplatystoma* spp. a estressores agudos é semelhante à de alguns teleósteos, cujo pico de cortisol é atingido em 30 min após o desafio (BARRY et al., 1993; HEAD e MALISON, 2000).

Fagundes e Urbinati (2008) observaram que em pintado *Pseudoplatystoma corruscans* submetido a agentes estressores como captura, transporte e luz, a variável cortisol atingiu um pico em 30 minutos após o estresse de captura e reduziu aos valores de repouso dentro de 60 minutos, enquanto que o pico de glicose ocorreu em 30 minutos e se manteve até 24 horas após a captura. Quando os surubins foram submetidos ao procedimento de transporte

de 12 horas, o cortisol reduziu significativamente após 48 horas, enquanto a glicose mensurada no tempo 0, foi igual ao tratamento controle, mas os níveis registrados em 12, 24 e 48 horas, foram significativamente mais baixos.

O aumento no nível sanguíneo de glicose como resposta de estresse é documentado em vários trabalhos (CARMICHAEL et al., 1983; BENFEY e BIRON, 2000; SADLER et al., 2000; CARNEIRO et al., 2002; URBINATI et al., 2004). A dosagem da glicose sanguínea é considerada uma ferramenta prática no diagnóstico da ocorrência de estresse fisiológico em peixes (WENDELAAR BONGA, 1997; ACERETE et al., 2004; ARAÚJO et al., 2009; TAVARES-DIAS et al., 2009).

O retorno da resposta fisiológica (do cortisol) do surubim a concentrações de repouso ocorre dentro de apenas 3 horas (LIMA et al., 2006a). Essa velocidade de retorno, sugere que o surubim apresenta boa tolerância ao estresse, visto que uma rápida resposta de cortisol tem sido associada a animais mais resistentes ao estresse (FEVOLDEN et al., 2002). O perfil de alterações do cortisol circulante pode ser tanto discreto quanto exorbitante (LIMA et al., 2006b), o que pode diferenciar é a intensidade e o estressor aplicado.

O transporte é considerado um procedimento traumático, pois expõe os peixes a uma série de fatores adversos, que inclui desde a captura nos tanques de produção, o manejo, o transporte em si, até a soltura dos animais e a estocagem nos tanques de recepção (SPECKER e SCHRECK, 1980; BARTON e PETER, 1982; JOHNSON e METCALF, 1982; CARMICHAEL et al., 1983; ROBERTSON et al., 1987; ROBERTSON et al., 1988; STAURNES et al., 1994; IVERSEN et al., 1998; TAKAHASHI et al., 2006).

Quando Fagundes (2009) submeteu pintados *Pseudoplatystoma corruscans* a transporte por 12 horas, observou que no tempo em que a glicose foi aferida (0, 24, 48, 76 e 96) horas após o transporte, o tempo de 0 hora foi o que apresentou níveis mais elevados de glicose plasmática, reduzindo após 24 horas (não diferindo dos demais tempos testados, incluindo controle). Isso mostra que o tempo de 24 horas é suficiente para que a glicose retorne aos níveis basais.

2.5- Glicogênio do fígado e músculo

O glicogênio é uma das muitas formas de armazenamento da energia consumida como alimento pelo peixe. O glicogênio é encontrado em grande quantidade no fígado e músculo dos peixes. Embora o tecido muscular de peixes carnívoros, como a truta arco-íris, possa concentrar cerca de 6% a mais glicogênio que o fígado, as quantidades totais de glicogênio muscular ou hepático podem ser consideradas iguais (STEFFENS, 1989).

O glicogênio hepático é considerado um estoque emergencial de energia prontamente utilizável nos primeiros momentos de situações críticas de estresse (CHRISTIANSEN e KLUNGSOYR, 1987). O ciclo do glicogênio hepático no catabolismo mostra que esta forma de reserva orgânica é muito mais importante como suprimento de intermediários metabólicos para processos biosintéticos, que fonte de energia (CHRISTIANSEN e KLUNGSOYR, 1987). O glicogênio é um nutriente muito utilizado em adaptações bioquímicas em várias situações de estresse ambiental. Variações do pH, dos níveis de oxigênio dissolvido na água, da salinidade, e períodos de grande esforço físico e mudanças de dietas podem resultar tanto em aumento como em diminuição do estoque de glicogênio (MORAES et al., 1996; SOENGAS et al., 1995).

Segundo Pereda et al. (2005), quando cessa o aporte de oxigênio do músculo, o metabolismo torna-se anaeróbico, e a principal fonte de energia é a degradação do glicogênio muscular. Geralmente o glicogênio se esgota em menos de 24 horas. O glicogênio na musculatura é hidrolisado em glicose, que serve como substrato para a formação de ácido lático. O acúmulo de ácido lático leva ao abaixamento do pH na musculatura dos peixes. Essa queda do pH muscular está associada ao acúmulo de ácido lático procedente da glicólise e a hidrólise de ATP. A degradação do ATP correlaciona-se com a progressão da rigidez cadavérica, na qual as proteínas filamentosas, actina e a miosina, na presença de cálcio, formam o complexo actomiosina originando a contração do músculo (WATABE et al., 1991) correspondente encurtamento muscular.

Sob condições de estresse, ocorre uma redução nas reservas de glicogênio dos peixes e, conseqüentemente, menor acúmulo de ácido lático na musculatura. Isto deixa o pH da carne mais próximo da neutralidade, acelerando

a ação de enzimas musculares (auto-hidrólise), o desenvolvimento de bactérias e a consequente degradação da carne (KUBTZA et al., 1999).

2.6- Parâmetros hematológicos

Alguns parâmetros hematológicos podem ser usados como indicadores biológicos no monitoramento da saúde dos peixes e do ambiente, como rápida ferramenta na identificação do estresse. Essas informações podem ser utilizadas para avaliar o estado fisiológico de peixes, padronizando as condições ideais para produção (ARAÚJO et al., 2009).

Estudos sobre o quadro hematológico de peixes brasileiros em condições de produção tem aumentado nas últimas décadas (ARAÚJO et al., 2009), pois as variáveis relativas ao eritrograma auxiliam na identificação de processos anemiantes, enquanto o leucograma auxilia no diagnóstico de processos infecciosos e outros estados de desequilíbrio homeostático (TAVARES-DIAS et al., 2009).

Em decorrência do estresse pode ocorrer aumento ou redução na concentração de hemoglobina, hematócrito, contagem de eritrócitos, volume corpuscular médio e concentração da hemoglobina corpuscular média, além de alterações morfológicas dos eritrócitos e decréscimo no percentual e linfócitos e trombócitos (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004).

Segundo Barton e Iwama (1991) e Wendelaar Bonga (1997) os parâmetros sanguíneos de peixes teleósteos podem ser afetados por estresse agudo ou crônico.

Fagundes e Urbinati (2008) submeteram pintados a três manejos diferentes, captura, perseguição e exposição ao ar durante três minutos; transporte por 12 horas e exposição a luz contínua e escuridão. Para o primeiro manejo, de captura, observou-se redução dos valores em relação ao grupo controle. Após o transporte por 12 horas os valores de hematócrito foram semelhantes com picos em 12 e 24 horas após transporte. A exposição dos pintados a luz contínua e escuridão promoveu um aumento do hematócrito, do número de eritrócitos e da concentração de hemoglobina em relação ao grupo controle. Takahashi et al. (2006), estudando juvenis de pacu pós-transporte verificaram que apesar do hematócrito não ter apresentado diferença estatística

houve uma redução após o transporte, acompanhado da redução de hemoglobina (sem diferença estatística). Mudanças no hematócrito durante respostas de estresse podem indicar hemoconcentração ou hemodiluição devido aos distúrbios osmorregulatórios (MORGAN e IWAMA, 1997).

Em geral, as células sanguíneas apresentam as mesmas funções em diferentes espécies animais, no entanto há uma variação na quantidade, tamanho e forma. Em surubins sadios *Pseudoplatystoma* spp., produzidos em sistemas intensivos, com peso médio de 937,27 g, a contagem de trombócitos totais foi de $43.852,08 \pm 16.454,67$ / μ L. No leucograma os valores médio da contagem de leucócitos totais foi de $29.709,66 \pm 13.217,80$ / μ L, monócitos $960,10 \pm 1.184,99$ / μ L, linfócitos $23.312,21 \pm 11,605,04$ / μ L, basófilos $1.390,16 \pm 970,73$ / μ L, eosinófilos $241,69 \pm 378,10$ / μ L, neutrófilos $3.256,84 \pm 2.370,30$ / μ L, leucócitos granular PAS-positivo (LG-PAS) $439,48 \pm 545,06$ / μ L e leucócitos imaturos $159,89 \pm 419,16$ / μ L (PÁDUA et al., 2009).

As células sanguíneas apresentam diferentes funções:

- *Eritrócitos*: Os eritrócitos são as células mais numerosas no sangue, sua função consiste no transporte de oxigênio e do gás carbônico, desempenhado pelo seu componente principal, a hemoglobina (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004).
- *Leucócitos*: Dentre os componentes do sangue, os leucócitos representam importante papel na imunidade não específica e os seus valores podem ser considerados como indicadores do estado de saúde dos peixes (MISRA et al., 2006).
- *Neutrófilos*: No processo inflamatório, os neutrófilos são as primeiras células a deixar os vasos sanguíneos e chegar ao sítio inflamatório (ROITT et al., 1998). Segundo Vale et al. (2002), os neutrófilos são células fagocíticas com importante papel na defesa contra infecções.
- *Eosinófilos*: Eosinófilos são encontrados com menor frequência no sangue de peixes, sendo este fator atribuído à pequena porcentagem dessas células, podendo muitas vezes passar despercebido (RANZANI, 1995; TAVARES-DIAS e MORAES, 2004). Em peixes, a função do eosinófilo ainda está por ser esclarecida (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004).

- *Basófilos*: A função dos basófilos de peixes não está definida e parece estar ligada a processos alérgicos, já que possuem histamina em seus grânulos (THRALL et al., 2007).

- *Monócitos*: Os Monócitos atuam na reação inflamatória e resposta imunológica nas quais ocorre a fagocitose, sendo de extrema importância para os mecanismos de defesa do hospedeiro. São descritos tanto para peixes ósseos quanto cartilagosos. Além da atividade fagocitária, os monócitos possuem habilidade citotóxica não-específica, apresentando um aumento da atividade fagocítica de antígenos bacterianos, induzida pela liberação de fatores ativadores de macrófagos através da inoculação dos patógenos mortos ou de seus produtos (THRALL et al., 2007).

- *Linfócitos*: Linfócitos são células que geralmente ocorrem em maior percentual, essas participam do processo inflamatório (FINN e NIELSON, 1971; MACARTHUR et al., 1984), entretanto sua função não está bem esclarecida (KOZINSKA et al., 1999).

- *Trombócitos*: A funcionalidade dessa célula pode estar envolvida no processo de coagulação do sangue e também está ligada a processos inflamatórios (MARTINS et al., 2006). Essas células reduzem a predisposição de infecção (TAVARES-DIAS e MORAIS, 2004).

- *Célula Granulocítica Especial CGE*: Aparecem em percentual relativamente baixo nas famílias Characidae, Ciprinidae, Erythrinidae e Prochilodontidae, e sua função não está bem esclarecida (TAVARES-DIAS e MORAIS, 2004).

Na Figura 1, são encontrados as identificações dos eritrócitos, trombócitos e diferentes tipos de leucócitos de *Pseudoplatystoma* spp. (PÁDUA et al., 2009).

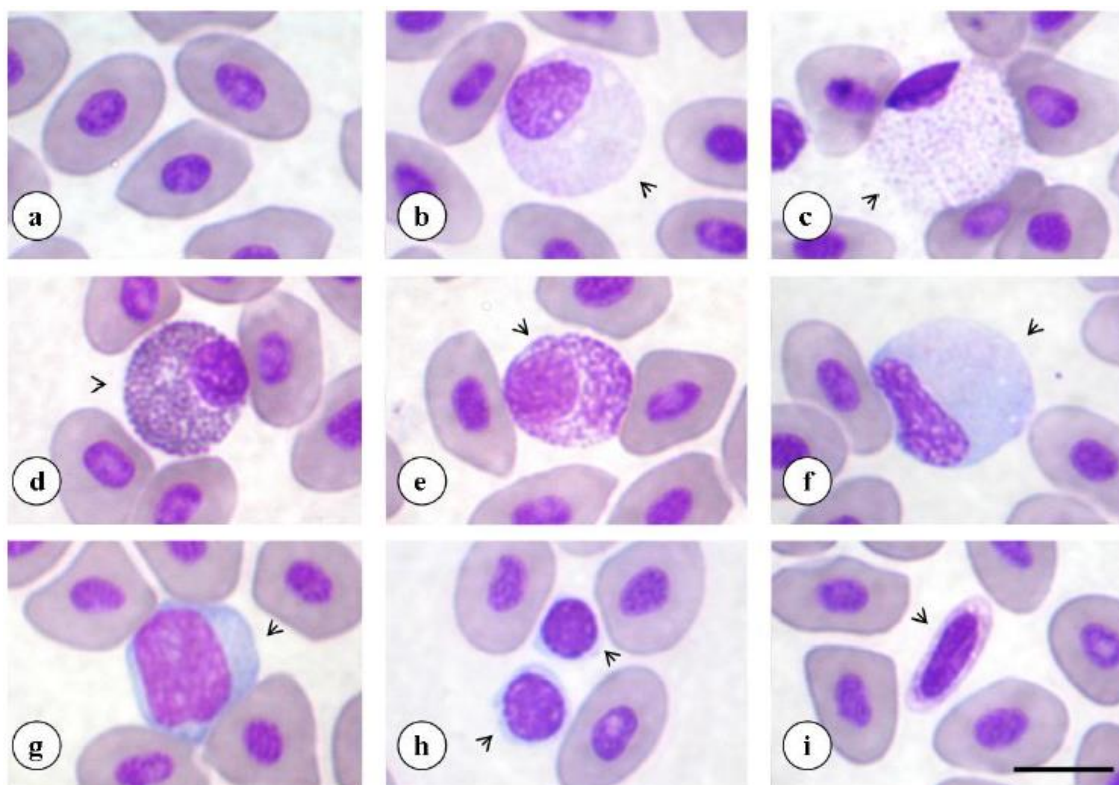


Figura 1 Células sanguíneas de surubim híbrido (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *P. corruscans*). Eritrócitos (a); neutrófilo (b); LG-PAS (c); eosinófilo (d); basófilo (e); monócito (f); leucócito imaturo (g); linfócitos (h) e trombócito (i). Coloração May Grünwald-Giemsa-Wright. Barra =7 µm. Fonte: Pádua et al. (2009).

2.7- Rigor mortis

O *rigor mortis* caracteriza-se pela contração muscular (OGAWA e OGAWA, 1999), segundo Lewrie (2005) com a morte do peixe, há a falência sanguínea e o aporte de oxigênio e o controle nervoso deixam de chegar até a musculatura. Durante o processo de instalação de *rigor mortis*, ocorre a decomposição do ATP produzindo ADP, acompanhada da desfosforilação de creatina-fosfato (CP), cujo fósforo inorgânico é utilizado para regeneração do ATP. Quando não há mais CP disponível, a degradação do ATP passa a ocorrer de forma irreversível. Nessa fase, ocorre o enrijecimento muscular, tornando-se impossível a dissociação das proteínas contráteis actina e miosina (OGAWA e OGAWA, 1999).

Os agentes de estresse ou estressores em peixes podem ser de inúmeros tipos, de natureza física, química, e os percebidos pelos animais (BARTON e DWYER, 1997). As alterações comportamentais verificadas constituem mecanismos adaptativos que visam, em geral, reduzir ou eliminar a

exposição a agentes de stresse. Quando possível, o comportamento mais imediato é a fuga ou imobilização (SCHRECK et al., 1997). Situações de fuga fazem com que os peixes utilizem suas reservas energéticas, diminuindo as concentrações de glicose e ATP *post mortem* e consequentemente, encurtando o tempo de *rigor mortis*, e reduzindo o pH muscular (VIEGAS et al., 2012). Essas reações também promovem mudanças indesejáveis nas características sensoriais como cor e textura do pescado, além de facilitar o desenvolvimento de microorganismos deteriorantes, diminuindo a vida de prateleira.

Segundo Pereda et al. (2005), de uma maneira geral, pode-se dizer que nos peixes ativos, de movimentos rápidos e enérgicos, o *rigor mortis* é anteriormente alcançado e atinge sua resolução nos peixes mais sedentários.

Em peixes sadios e bem nutridos, o rigor é mais acentuado do que nos mal-nutridos ou doentes. Se o peixe é retirado rapidamente da água e logo é sacrificado, o rigor demora mais tempo a aparecer e a resolver-se do que nos animais mortos por asfixia. Outro fator que influencia é a temperatura de armazenamento, quanto maior, mais rápido atinge o *rigor mortis*, bem como sua resolução (PEREDA et al., 2005).

O método mais utilizado para medir o índice de *rigor mortis* é o desenvolvido por Bito et al. (1983), o qual avalia a diminuição da curvatura inicial do pescado durante o período de pré-rigor até o *rigor mortis* total (Figura 2). A metodologia já é estabelecida para peixes como matrinxã, tilápia e truta arco-íris. No entanto, para peixes siluriformes não há informações sobre a utilização desse método. Os peixes da família Pimelodidae apresentam o corpo cilíndrico e posição anatômica diferentes, na qual a cauda é comprida e pesada. Quando se inicia o processo de *rigor mortis* ocorre um aumento da curvatura inicial e não diminuição como ocorre nas espécies de escamas.

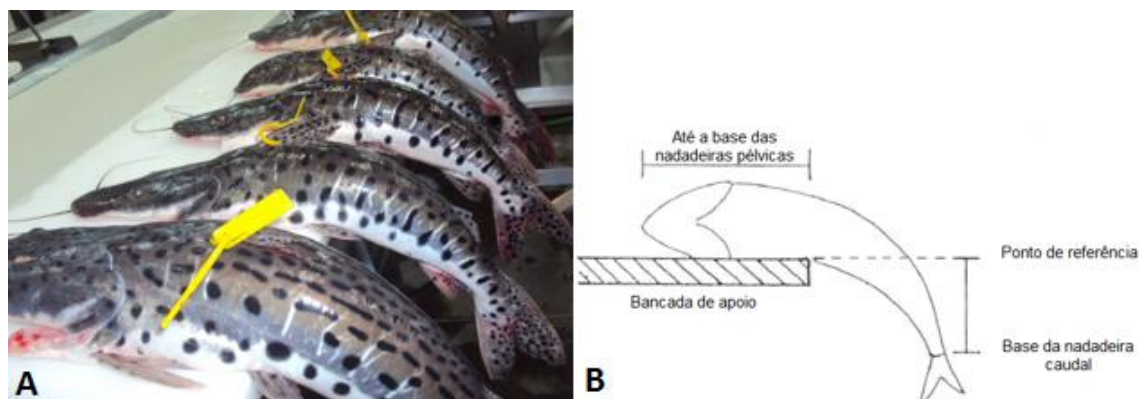


Figura 2. Exemplares de híbridos de pintado com cachara para realização do índice de *rigor mortis* (A). Método utilizado para medir o índice de *rigor mortis* desenvolvido por Bito et al. (1983). Fonte: Adaptado de Batista et al. (2004) (B).

Almeida et al. (2005) observaram que tambaquis abatidos por asfixia entre camadas de gelo iniciaram a instalação do rigor 20 minutos após o abate, e aos 30 minutos atinge 99,4 %, enquanto que Vargas (2011) observou que matrinxãs abatidos de diferentes formas (choque térmico, eletronarcose e asfixia) levaram 1,5 horas para atingir os mesmo 99,4% de instalação total do fenômeno de *rigor mortis*.

Estresse e atividade muscular durante o transporte e despesca podem reduzir o tempo para o início do *rigor mortis*, pois o peixe estressado pode desenvolver rápido *rigor mortis* (NAKAYAMA et al., 1992).

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

Após atingir o máximo, o índice de rigor começa a declinar, fase em que ocorre flacidez do músculo do peixe. A ligação entre actina e miosina, formada durante o rigor, passa a enfraquecer devido a ação das proteases, causando amolecimento ou flacidez da carne (OGAWA e OGAWA, 1999).

2.8- Alterações do pH muscular

A fase de rigidez, *rigor mortis*, que ocorre algumas horas após a morte do peixe, se caracteriza por apresentar uma redução do pH do músculo, durante o processo de conversão em carne, resultado de reações bioquímicas que utilizam o glicogênio muscular como energia e produzem o ácido lático. Quanto maiores as reservas de glicogênio maior é a acidificação do músculo e maior a proteção do mesmo contra o ataque bacteriano (FERREIRA et al., 2002).

Em decorrência da captura, a movimentação excessiva diminui consideravelmente as reservas de glicogênio nos músculos, o que proporciona uma menor redução do pH. Valores iniciais baixos de pH *post mortem* estão

associados ao alto estresse *ante mortem* (THOMAS et al., 1999; SKJERVOLD et al., 2001).

Segundo Conde (1975) o pH do pescado fresco varia entre 6,6 e 6,8. O pH do músculo diminui desde a neutralidade até cerca de 6,2 – 6,5 devido ao acúmulo de ácido láctico, aumentando em seguida devido à formação das bases nitrogenadas provenientes da degradação de proteínas (SANTOS, 2008). No entanto, a variável pH parece ser o método menos eficiente na diferenciação das várias categorias de frescor do pescado (FONTES et al., 2007), uma vez que a carne sofre influência de diversos fatores intrínsecos, como variações individuais de composição química, oxidação das proteínas, exsudação, além da deterioração e autólise.

2.9- Capacidade de retenção de água-CRA

A água é o componente mais abundante da carne e é um dos principais responsáveis pelas características de suculência e maciez, que podem influenciar diretamente no rendimento final e afetar a percepção sensorial (CHENG e SUN, 2008).

De acordo com Moreno et al. (2008), a capacidade de retenção de água (CRA) influencia a aparência da carne antes e durante o cozimento, determinando a suculência no momento do consumo, determina a habilidade da carne em reter água após a aplicação de forças externas (MUCHENJE et al., 2009) como corte, aquecimento, trituração ou prensagem (LAKSHMANAN et al., 2007). Uma baixa CRA, além de promover a perda do valor nutritivo devido ao exsudado que foi eliminado, traz como consequência a produção de uma carne seca com maciez comprometida (MORENO et al., 2008), já que neste processo ocorre a desnaturação proteica (GOÑI e SALVADORI, 2010).

Para o consumidor, essa característica está relacionada com o aspecto antes e durante a cocção e com a palatabilidade do produto final, e é dependente, entre outros fatores, do pH, da força iônica e pressão osmótica (OLIVO, 2004).

As perdas de água, sejam pela exsudação durante o resfriamento, pela pressão sob os tecidos durante a estocagem ou pela desnaturação das proteínas

durante o cozimento, acabam conferindo ao produto características sensoriais indesejadas (LAKSHMANAN et al., 2007).

Fatores intrínsecos, como pH, índice de fragmentação miofibrilar (IFM) (LARA et al., 2010), desnaturação das proteínas (LAKSHMANAN et al., 2007) e extrínsecos como manejos estressantes, características nutricionais e genética podem influenciar a capacidade de retenção de água dos peixes.

2.10- Cor instrumental

Parâmetros de qualidade, como a cor, são importantes para o consumidor avaliar o produto (SAÑUDO, 2004; KNOWLES et al., 2008). A cor apresenta relevância no momento da compra (SAÑUDO, 2004). As alterações autolíticas e microbiológicas que ocorrem durante a degradação também provocam alteração da cor (HALLIER et al., 2007).

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. Além disso, outra fonte de variação a considerar são as diferentes condições biológicas e alimentação de cada animal (ERIKSON e MISIMI, 2008).

Um sistema de mensuração de cor muito utilizado em diversas áreas é o espaço $L^* a^* b^*$, também conhecido como CIELAB. Neste espaço, L^* indica luminosidade e a^* são coordenadas de cromaticidade, em que o eixo $-a^*$, $+a^*$ vai de verde a vermelho e o eixo $-b^*$, $+b^*$ de azul a amarelo (MACDOUGALL, 1994).

Cacharas com nove meses de idade produzidos em tanques-rede no rio Paraguai apresentaram valores médios de Cor L^* de $65,96 \pm 2,05$, Cor a^* de $-0,57 \pm 1,20$ e Cor b^* de $4,32 \pm 2,28$ (GARBELINI et al., 2010), enquanto que Lara et al. (2010) obtiveram valores inferiores para a variável L^* $58,97 \pm 4,79$ para pintados *Pseudoplatystoma corruscans* obtidos no Rio Paraguai. Carne de peixe com essas características são encontradas disponíveis para o mercado consumidor.

2.11- Índice de fragmentação miofibrilar (IFM)

O Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM) é um índice bastante utilizado para prever a maciez da carne, pois prediz mais de 50% da variação da maciez da carne (HOPKINS, 2000). O IFM tem correlação significativa com aumento de maciez da carne cozida após estocagem (DAVEY e GILBERT, 1969).

Os valores do índice de fragmentação variam de acordo com a espécie e dentro da espécie animal. Segundo Culler et al. (1978), valores iguais ou maiores que 60 são atribuídos a uma carne muito macia, valores de 50 até 60 a uma carne com maciez moderada e valores abaixo de 50 a uma carne pouco macia.

A determinação do índice de fragmentação miofibrilar se faz com base no conceito de fragmentação e é utilizado para determinar a maciez da carne. Este procedimento reflete a intensidade da proteólise das miofibrilas pelas enzimas endógenas (DELGADO et al., 2001).

Lara et al. (2010), analisando filés de pintados *Pseudoplatystoma corruscans* obtidos no rio Paraguai (Corumbá-MS), obtiveram valores de índice de fragmentação miofibrilar (IFM) de $41,90 \pm 5,50$, valores os quais caracterizam uma carne pouca macia.

O método pode, em muitas situações, servir como ferramenta de seleção de indivíduos com comprovada habilidade a produção de carne e ainda poderá estabelecer um padrão de carne com maior maciez.

2.12- Composição química

O valor nutritivo e os preços dos peixes dependem da textura da carne, da composição química, do rendimento e de fatores relacionados aos métodos de captura e beneficiamento. O conhecimento da composição química dos pescados é de fundamental importância para a padronização dos produtos alimentares, com base em critérios nutricionais, pois fornece subsídios para decisões de caráter dietário, acompanhamento de processos industriais e seleção de equipamentos para otimização econômico-tecnológica (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

O músculo do pescado pode conter 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteína, 1 a 2% de cinzas, 0,3 a 1,0 de carboidrato e 0,6 a 36% de lipídeos, sendo que este último apresenta uma maior variação em função do tipo de músculo em uma mesma espécie. Além disso, os fatores sexo, idade, época de reprodução também diferenciam a porcentagem de lipídeos (OGAWA, 1999).

Burkert et al. (2008), estudando o rendimento e composição química do surubim produzidos em tanque-rede, encontraram valores para filés de peixes com peso médio entre 1.280 e 1.340 g, de $64,83 \pm 2,35$ % de umidade, $20,63 \pm 1,98$ % de proteína bruta, $1,64 \pm 0,84$ % de extrato etéreo e $1,81 \pm 0,11$ % de cinzas.

3- Objetivos:

Objetivou-se avaliar os diferentes tempos de depuração no pré-abate sobre parâmetros fisiológicos e atributos de qualidade e propriedade da carne de surubim pós captura e transporte.

Objetivos específicos:

- Avaliar os efeitos de diferentes tempos de depuração no manejo pré-abate sobre o nível de cortisol plasmático de surubins *Pseudoplatystoma* spp.

- Avaliar os efeitos de diferentes tempos de depuração no manejo pré-abate sobre os parâmetros metabólicos (glicose, glicogênio hepático e muscular) de surubins *Pseudoplatystoma* spp.

- Avaliar os efeitos de diferentes tempos de depuração no manejo pré-abate sobre os parâmetros hematológicos (hematócrito, número e volume das células vermelhas sanguíneas e das concentrações de hemoglobina) de surubins *Pseudoplatystoma* spp.

- Avaliar os efeitos de diferentes tempos de depuração no manejo pré-abate sobre os atributos de qualidade e propriedade da carne de surubins *Pseudoplatystoma* spp.

4- Referências Bibliográficas

- ACERETE, L.; BALASCH, J.C.; 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.
- ALMEIDA, N.M.; BATISTA, M.K.; VAL, A.L.; LESSI, E. Determinação do índice de *rigor-mortis* e sua relação com a degradação dos nucleotídeos em tambaqui (*Colossoma macropomum*), de piscicultura e conservação em gelo. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.698-704, 2005.
- AMLACHER, E. *Rigor mortis* in fish. In: BORGSTROM, G. (Ed.) **Fish as Food**. New York: Academic Press, Cap.12, 1961. p.385-409.
- ARAUJO, C.S.O.; TAVARES-DIAS, M.; GOMES, A.L.S.; ANDRADE, S.M.S.; LEMOS, J.R.G.; OLIVEIRA, A.T.; CRUZ, W.R.; AFFONSO, E.G. Infecções parasitárias e parâmetros sanguíneos em *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) cultivados no estado do Amazonas, Brasil. In: TAVARES-DIAS, M. (Org). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. p. 389-424.
- BARRY, T.P.; LAPP, A.F.; KAYES, T.B.; MALISON, J.A. Validation of a microtitre plate ELISA for measuring cortisol in fish and comparison of stress responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and lake trout (*Salvelinus namaycush*). **Aquaculture**, v.117, p.351-366, 1993.
- BARTON, B. A.; DWYER, W. P. Physiological stress effects of continuous and pulsed DC electroshock on juvenile bull trout. **Journal of Fish Biology**, v.51, n.5, p.998-1008, 1997.
- BARTON, B.A.; IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Reviews of Fish Diseases**, v.10, p.3-26, 1991.
- BARTON, B.A.; PETER, R.E. Plasma cortisol stress response in fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to various transport conditions, anesthesia, and cold shock. **Journal of Fish Biology**, v.20, p.39-51, 1982.
- BATISTA, G.M.; LESSI, E.; KODAIRA, M.; FALCÃO, P.T. Alterações bioquímicas *post-mortem* de matrinxã *Brycon cephalus* (GÜNTHER, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. **CiênciaTecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, p.573-581, 2004.
- BENDHACK, F.; URBINATI, E.C. Calcium sulfate as stress reducer in matrinxã *Brycon amazonicus* transportation. **Journal of Applied Ichthyology**, v.25, p. 201-205, 2009.
- BENFEY, T.J.; BIRON, M. Acute stress response in triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). **Aquaculture**, v.184, p.167-176, 2000.
- BITO, M.; YAMANADA, K.; MIKUMO, Y.; AMANO, K. Studies on rigor mortis of fish. I. Difference in the mode of *rigor mortis* among some varieties of fish by modified cutting methods. **Fish Research Laboratory**, v.109, p.89-96, 1983.
- BOSWORTH, B.G.; SMALL, B.C.; GREGORY, D.; KIM, J.; BLACK, S.; JERRETT, A. Effects of rested-harvest using the anesthetic AQUI-S on channel

catfish, *Ictalurus punctatus*, physiology and fillet quality. **Aquaculture**, v.262, p.302-318, 2007.

BUITRAGO-SUÁREZ, U.A.; BURR, B.M. Taxonomy of the catfish genus *Pseudoplatystoma* Bleeker (Siluriformes: Pimelodidae) with recognition of eight species. *Zootaxa*, v.1512, p.1-8, 2007.

BURKERT, D.; ANDRADE, D.R.; SIROL, R.N.; SALARO, A.L.; RASGUIDO, J.E.A.; QUIRINO, C.R. Rendimentos do processamento e composição química de filés de surubim cultivado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1137-1143, 2008.

CARMICHAEL, G.J.; WEDEMEYER, G.A.; McCRAEN, J.D.; MILLARD, J.L. Physiological effects of handling and hauling stress on smallmouth bass. **Progressive Fish Culturit**, v.45, p.110-113, 1983.

CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C. Salt as a stress response mitigator of matrinxã *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae) during transport. **Aquaculture Research**, v.32, p.297-304, 2001.

CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C.; MARTINS, M.L. Transport with different benzocaine concentrations and its consequences on hematological parameters and gill parasite population of matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Osteichthyes, Characidae). **Acta Scientiarum**, v.24, n.2, p.555-560, 2002.

CARVALHO, D.C.; SEERING, A.; MELO, D.C.; SOUZA, A.B.; PIMENTA, D.; OLIVEIRA, D.A.A. Identificação molecular de peixes: o caso do surubim (*Pseudoplatystoma* spp.). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.32, n.4, p.215-219, 2008.

CHENG, Q.; SUN, D-W. Factors Affecting the Water Holding Capacity of Red Meat Products: A Review of Recent Research Advances. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.48, p.137-159, 2008.

CHRISTIANSEN, C.; KLUNGSOYR, L. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.88b, p.701-711, 1987.

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

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

CREPALDI, D.V. **Avaliação da técnica de ultra-sonografia como indicador de rendimento de carcaça e biometria em surubim (*Pseudoplatystoma* spp.)**. 2004. 39p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2004.

CREPALDI, D.V.; TEIXEIRA, E.A.; FARIA, P.M.C.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.; CARVALHO, D.; SOUSA, A.B.; SATURNINO, H.M. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, n.3/4, p.86-99, 2006.

CULLER R.D.; PARRISH, F.C.; SMITH, G.C. CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.

DAVEY, C.L.; GILBERT, K.V. Studies in meat tenderness. 7. Changes in the fine structure of meat during aging. **Journal of Food Science**, v.34, p.69-74. 1969.

DELGADO, E.F.; GEESINK, G.H.; MARCHELLO, J.A.; GOLL, D.E.; KOOHMARAIE, M. The calpain system in three muscles of normal and callipyge sheep. **Journal of Animal Science**, v.79, n.2, p. 398-412, 2001.

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

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.

FAGUNDES, M. **Estudos fisiológicos e metabólicos do estresse de manejo do pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*)**. 2009. 143f. Tese de Doutorado (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista – Unesp. Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal, 2009.

FAGUNDES, M.; URBINATI, E.C. Stress in pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) during farming procedures. **Aquaculture**, v.276, p.112-119, 2008.

FANTINI, L.E.; RODRIGUES, R.A.; NUNES, A.L.; SANCHEZ, M.S.; USHIZIMA, T.T; CAMPOS, C.M. Rendimento de carcaça de surubins *Pseudoplatystoma* spp. produzidos em tanque-rede e viveiro. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.538-545, 2013.

FARIA, P.M.C.; TEIXEIRA, E.A.; CREPALDI, D.V.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.; SOUSA, A.B.; AGUIAR, T.R.M.L.; COSTA, F.A.A.; REIS, M.A.; MORAIS, V.E. Rendimento de carcaça do surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) em diferentes classes de peso. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43, 2006, João Pessoa, PB. **Anais...**CD-ROM. João Pessoa: SBZ, 2006.

FERREIRA, M.W.; SILVA, V.K.; BRESSAN, M.C.; FARIA, P.B.; VIEIRA, J.O.; ODA, S.H.I. Pescados processados: maior vida-de-prateleira e maior valor agregado. **Boletim de Extensão rural**, 2002. 26p.

FEVOLDEN, S.; ROED, K.; FJALESTAD, K. Selection response of cortisol and lysozyme in rainbow trout and correlation with growth. **Aquaculture**, v.202, p.61-75, 2002.

FINN, J.P.; NIELSON, N.O. The inflammatory response of rainbow trout. **Journal of Fish Biology**, v.3, p.463-478, 1971.

FONTES, M.C.; ESTEVES, A.; CALDEIRA, F.; SARAIVA, C.; VIEIRAPINTO, 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.

GARBELINI, J.S.; DELBEM, A.C.B.; NASCIMENTO, F.L. LARA, J.A.F.; ASSIS, T.C. Atributos de qualidade em filés de cachara produzidos em tanques-rede no rio Paraguai (Ladário-MS). In: SIMPAM, 5., 2010, Corumbá.

Anais...Corumbá: Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômico do pantanal, [2010]. (CD-ROM).

GOÑI, S.M.; SALVADORI, V.O. Prediction of cooking times and weight losses during meat roasting. **Journal of Food Engineering**, v.100, p.1-11, 2010.

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.

HEAD, A.; MALISON, J. Effects of lighting spectrum and disturbance level on the growth and stress responses of yellow perch *Perca flavescens*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.31, p.73-80, 2000.

HONTELA, A. Interrenal dysfunction in fishes from contaminated sites: *in vivo* and *in vitro* assessment. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.17, p.44-48, 1998.

HOPKINS, D.L.; LITTLEFIELD, P.J.; THOMPSON, J.M. A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. **Meat Science**, v.56, p.19-22. 2000.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2005. **Estatística da Pesca 2005**. Disponível em: www.ibama.gov.br/category/40?download=2458%3A2005.p. Acesso em: 01 outubro, 2013.

IVERSEN, M.; ELIASSEN, R.A.; FINSTAD, B. Potential benefit of clove oil sedation on animal welfare during salmon smolt, *Salmo salar* L. transport and transfer to sea. **Aquaculture Research**, v.40, p.233-241, 2009.

IVERSEN, M.; FINSTAD, B.; NILSEN, K.J. Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. **Aquaculture**, v.168, p.387-394, 1998.

IWAMA, G.K. Intensive fish production: Course Manual UBC Access Guided Independent Study. **The University of British Columbia**, Vancouver, 1993. p.130.

JOHNSON, D.L.; METCALF, M.T. Causes and controls of freshwater drum mortality during transportation. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.111, p.58-62, 1982.

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.

KOZINSKA, A.; ANTYCHOWICZ, J.; KOSTRZEWA, P. Relation ship between the thombocyte activity and the suscptibility of the carp (*Cyprinus carpio* L.) to *Aeromonas hydrofila* infection in diferente seasons. **Bulletin of Veterinary**, v.43, p.63:69, 1999.

KUBITZA, F. Off-flavor”, nutrição, manejo alimentar e manuseio pré-abate afetam a qualidade do peixe destinado à mesa. **Panorama da Aqüicultura**, v.9, n.54, p.30-40, 1999.

KUBITZA, F. Transporte de peixes vivos. **Panorama da Aquicultura**, v.7 n.43 p.20-26, 1997.

- KUBITZA, F.; CAMPOS, J.L.; BRUM, J.A. SURUBIM: A produção intensiva de surubins no Projeto Pacu Ltda. e Agropeixe Ltda. **Panorama da Aquicultura**, v.8, n.49, p.41-50, 1998.
- KUBITZA, F.; ONO, E.A. Percepções sobre a qualidade dos produtos de pescado. **Panorama da Aquicultura**, v.15 n.87 p.17-25, 2005.
- LAMBOOIJ, E.; KLOOSTERBOER, K.; GERRITZEN, M.A.; ANDRÉ, G.; VELDMAN, M.; VAN DE VIS, H. Electrical stunning followed by decapitation or chilling of African catfish (*Clarias gariepinus*): assessment of behavioral and neural parameters and product quality. **Aquaculture Research**, v.37, p.61-70, 2006.
- LAKSHMANAN, R.; PARKINSON, J.A.; PIGGOTT, J. R. High-pressure processing and water-holding capacity of fresh and cold-smoked salmon (*Salmo salar*). **LWT-Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.40, p.544-551, 2007.
- LARA, J.A.F.; GARBELINI, J.S.; DELBEM, A.C.B. Determinação da capacidade de retenção de água em filés de pintado obtidos no rio Paraguai (Corumbá-MS). In: SIMPAM, 5., 2010, Corumbá. **Anais...Corumbá: Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômico do pantanal**, [2010]. (CD-ROM).
- LAWRIE, R.A. **Ciência da Carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- LIMA, L.C.; RIBEIRO, L.P.; LEITE, R.C.; MELO, D.C. Estresse em peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, n.3/4, p.113-117, 2006b.
- LIMA, L.C.; RIBEIRO, L.P.; MALISON, J.A.; BARRY, T.P.; HELD J.A. Effects of temperature on performance characteristics and the cortisol stress response of surubim *Pseudoplatystoma* sp. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.37, p. 89-95, 2006a.
- LUPATSCH, I.; SANTOS, G.A.; SCHRAMA, J.W.; VERRETH, J.A.J. Effect of stocking density and feeding level on energy expenditure and stress responsiveness in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, v.298, p.245–250, 2010.
- MACARTHUR, J.I.; FLETCHER, T.C.; PIRIE, B.J.S.; DAVIDSON, R.J.L.; THOMSON, A.W. Peritoneal inflammatory cells in plaice, *Pleuronectes platessa* L.: effects of stress and endotoxin. **Journal of Fish Biology**, v.25, p.69-81, 1984.
- MACDOUGALL, D.B. Colour meat- its basis and importance. In: PEARSON, A.M. DUTSON. T.R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product**. London: Black Academic, chap 9, 1994. p.34-78. (Advances in meat research series, 9).
- MARQUES, C. **Análise Histológica e de microscopia eletrônica do desenvolvimento inicial de Jaú (*Zungaro jahu*)**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.
- MARTINS, M.L.; MORAES, R.R.; FUJIMOTO, R.Y. Carrageenin induced inflammation in *Piaractus mesopotamicus* (Osteichthyes: Characidae) cultivated in Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.32, p.31-39, 2006.

- MAYUMEOSHIRO, F.; FRAGA, T.L.; HONORATO, C.A. Tempo de transito gastrointestinal do pintado (*Pseudoplatystoma* sp.). **Journal of Agronomic Sciences**, v.1, n.2, p.128-138, 2012.
- MCAVOY, S.E.; ZAEPFEL, R.C. Effects of tricaine methanesulfonate (MS-222) on hematocrit: first field measurements on blacknose dace. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.126, p.500-503, 1997.
- MISRA, C.K.; DAS, B.K.; MUKHERJEE, S.C.; MEHER, P.K. The immunomodulatory effects of tuftsin on the non-specific immune system of Indian Major carp, *Labeo rohita*. **Fish & Shellfish immunology**, v.20, p.728-738, 2006.
- MORAES, G.; OLIVEIRA, M.C.; RATIN, F.T. The metabolic pattern changes of *Hoplias malabaricus* from normoxia to hypoxia conditions. **Revista Brasileira de Biologia**, v.56, p.191-196, 1996.
- MORENO, G. M. B.; LOUREIRO, C. M. B.; SOUZA, H. B. A. Características qualitativas da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, n.381, p.76-90, 2008.
- MORGAN, J.D.; IWAMA, G.K. Measurements of stressed states in the field. In: IWAMA, G.W. et al. (Edt) Fish stress and health in aquaculture. Cambridge University Press, cap.10, 1997. p.247-270.
- MORKORE, T. Relevance of dietary oil source for contraction and quality of pre-rigor filleted Atlantic cod, *Gadus morhua*. **Aquaculture**, v.251, p.56-65, 2006.
- MPA - Ministério da pesca e aquicultura - **Boletim Estatístico da pesca e aquicultura 2011**. 60p. Brasília: MPA, 2013, Brasil.
- MPA - Ministério da pesca e aquicultura-**Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2010**. 128p. Brasília: MPA, 2012, Brasil.
- MUCHENJE, V.; DZAMAC, K.; M. CHIMONYOA, M.; STRYDOMD, P.E.; HUGOE, A.; Raats, J.G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, v.112, p.279-289, 2009.
- NAKAYAMA, T.; DA-JIA, L.; OOI, A. Tension changes of stressed and unstressed carp muscle isometric rigor contraction and resolution. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v.58, p.1517-1522, 1992.
- OGAWA, M. Química do pescado. In: Ogawa, M.; Maia, E.L. (Org.). **Manual de Pesca - Ciência e Tecnologia do Pescado**. 1 ed. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1999. p. 27-48.
- OGAWA, M.; OGAWA, N.B.P. Alterações do pescado pós-morte. In OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de Pesca - Ciência e Tecnologia do Pescado**. 1ed. São Paulo: Livraria Varela, cap.13, p.113-137. 1999.
- OLIVO, R. Atualidades na qualidade da carne de aves. **Revista Nacional Carne**, v.28, p.38-50, 2004.
- ÔZOGUL, Y.; ÔZOGUL, F. Effectes 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.

PÁDUA, S.B.; VENTURA, A.S.; SATAKE, F.; ISHIKAWA, M.M.; HISANO, H.; TAVARES-DIAS, M. Perfil hematológico de surubins híbridos (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *P. corruscans*) oriundos do cultivo intensivo no estado de Mato Grosso do Sul. In: Aquanutri, 3 Simpósio Internacional de nutrição e saúde peixes. Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: Unesp, 2009.

PEREDA, J.A.O. **Tenologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal**. Vol.2. Editora Artmed. São Paulo. 2005. 279p.

PICKERING, A.D.; POTTINGER, T.G. Stress response and disease resistance in salmonid fish: Effects of chronic elevation of plasma cortisol. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.7, n.6, p.253-258, 1989.

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

PONZETTO, J.M.; SENHORINI, J.A.; POLAZ C.N.M.; ROCHA, R.C.G.A.; FORESTI, F.; PORTO-FORESTI, F. Reprodução induzida de híbridos de siluriformes em cativeiro: potencialidades e ameaças à conservação das espécies nativas. In: Congresso de Iniciação Científica, 11., 2009, São José do Rio Preto. **Anais...** São José do Rio Preto: UNESP, 2009. P. 4342-4345. Disponível em: <http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_34888093822.pdf>. Acesso em 01 outubro 2013.

PORTO-FORESTI, F.; HASHIMOTO, D.T.; PRADO F.D.; SENHORINI, J.A.; FORESTI, F. A hibridação interespecífica em peixes. **Panorama da Aquicultura**, v.21, p.28-33. 2011.

QUEIROZ, J.F.; LOURENÇO, J.N.P.; KITAMURA, P.C. **A Embrapa e a aquicultura, demandas e prioridades de pesquisa**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 35p.

RANZANI-PAIVA, M.J.T. Células sanguíneas e contagem diferencial dos leucócitos de tainhas, *Mugil paltanus* da região estuarino-lagunar de Cananéia-SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.22, p.23-40, 1995.

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.; KESTIN, S.C. Methods used to kill fish: field observations and literature reviewed. **Animal Welfare**, v.11, n.3, p.269-282, 2002.

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.

ROBERTSON, L.; THOMAS, P.; ARNOLD, C.R. Plasma cortisol and secondary stress response of cultures red drum (*Sciaenops ocellatus*) to several transportation procedures. **Aquaculture**, v.68, p.115-130, 1988.

ROBERTSON, L.; THOMAS, P.; ARNOLD, C.R.; TRANT, J.M. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum to handling, transport, rearing density and a disease outbreak. **The Progressive Fish-Culturist**, v.49, p.1-12, 1987.

- RODRIGUES, S.S.; MENIN, E. Adaptações anatômicas da cavidade bucofaringiana de *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix e Agassiz, 1929) (Siluriformes, Pimelodidae) em relação ao seu hábito alimentar. **Ceres**, v.53, n.305, p.135-146, 2006.
- ROITT, I.; BROSTOFF, J.; MALE, D. **Immunology**. 5 th ed. London, Mosby, 1998, 423p.
- ROTH, B.; MOELLER, D.; VERLAND, J.O.; IMSLAND, A.; SLINDE, E. The effect of stunning methods on *rigor mortis* and texture properties of Atlantic salmon (*Salmo Salar*). **Journal of Food Science**, v.67, p.1462-1466, 2002.
- SADLER, J.; WELLS, R.M.G.; PANKHURST, P.M.; PANKHURST, N.W. Blood oxygen transport, rheology and hematological responses to confinement stress in diploid and triploid Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v.184, p.349-361, 2000.
- 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.
- SAÑUDO, C. Analisis sensorial – Calidad organoléptica de la carne. In: Curso internacional de análise sensorial de carne e produtos cárneos, 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2004. p.45-68.
- SCHRECK, C.B.; OLLA, B.L.; DAVIS, M.W. Behavioral responses to stress. In: IWANA, G.K.; PICKERING, A.D.; SUMPTER, J.P.; SCHRECK, C.B. (Eds.), **Fish stress and health in aquaculture**. (Society for Experimental Biology, Seminar Series 62). Cambridge: Cambridge University Press, p.145-170, 1997.
- SELYE, H. Stress and the general adaptation syndrome. **British Medical Journal**, v.1, p.1383-1392, 1950.
- SKJERVOLD, P.O.; FJAERA, S.O.; OSBY, P.B.; EINEN, O. Live-chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v.192, p.265–280, 2001.
- SMALL, B.C. Anesthetic efficacy of metomidate and comparison of plasma cortisol responses to tricaine methanesulfonate, quinaldine and clove oil anesthetized channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v.218, p.177-185, 2003.
- SOENGAS, J.L.; ALBEGUNDE, M.; ANDRÉS, M.D. Gradual transfer to sea water of rainbow trout: Effects on liver carbohydrate metabolism. **Journal of Fish Biology**, v.47, p.466-478, 1995.
- SPECKER, J.L.; SCHRECK, C.B. Stress responses to transportation and fitness for marine survival in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.37, p.765-769, 1980.
- STAURNES, M.; SIGHOLT, T.; PEDERSEN, H.P.; RUSTAD, T. Physiological effects of simulated high-density transport of Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Aquaculture**, v.119, p.381-391, 1994.

STEFFENS, W. **Principles of fish nutrition**. Chichester: Ellis Harwood, 1989. p.184-208.

TAKAHASHI, L.S.; ABREU, J.S.; BILLER, J.D.; URBINATI, E.C. Efeito do ambiente pós-transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus mesopotamicus*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.28, p.469-475, 2006.

TAVARES DIAS, M.; ISHIKAWA, M.M.; MARTINS, M.L. SATAKE, F.; HISANO, H. PÁDUA, S.B.; JERÔNIMO, G.T.; SANT'ANA DE SÁ, A.R. Hematologia: ferramenta para o monitoramento do estado de saúde de peixes em cultivo. In: SARAN-NETO; MARIANO, W.S.; POZZOBON-SORIA, S.F. (Org.). **Tópicos Especiais em Saúde e Criação Animal**. 1ed. São Carlos: Pedro & João Editores, cap.3, 2009. 43-80 p.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. **Hematologia de peixes teleósteos**. Ribeirão Preto: Vilimpress, 2004. 144p.

THOMAS, P.M.; PANKHURST, N.W.; BREMNER, H.A. The effect of stress and exercise on post-mortem biochemistry of Atlantic salmon and rainbow trout. **Journal of Fish Biology**, v.5, p.1177-1196, 1999.

THRALL, M.A.; BAKER, D.C.; CAMPBELL, T. W. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. São Paulo: Roca Ltda., 2007. 592p.

URBINATI, E.C., ABREU, J.S., CAMARGO, A.C.S., LANDINES, M.A.P. Loading and transport stress of juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*, Characidae) at various densities. **Aquaculture**, v.229, p.389-400, 2004.

VALE, A.; AFONSO, A.; SILVA, M.T. The professional phagocytes of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): cytochemical characterization of neutrophils and macrophages in the normal and inflamed peritoneal cavity. **Fish and Shellfish Immunology**, v.13, p.183-198, 2002.

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.

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

VIEGAS, E.M.M.; PIMENTA, F.A.; PREVIERO, T.C.; GONÇALVES, L.U.; DURÃES, J.P.; RIBEIRO, M.A.R.; OLIVEIRA FILHO, P.R.C. Métodos de abate e qualidade da carne de peixe, **Archivos de Zootecnia**, v.61, p. 41-50, 2012.

VIJAYAN, M.M.; PEREIRA, C.; GRAU, E.G.; IWAMA, G.K. Metabolic responses associated with confinement stress in tilápia: The role of cortisol. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.116C, n.1, p.89-95, 1997.

WATABE, S.; KAMAL, M.; HASHIMOTO, K. Postmortem changes in ATP, creatine phosphate, and lactate in sardine muscle. **Journal of Food Science**, v.56, n.1, p.151-171, 1991.

WENDERLAAR BONGA, S.E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v.77, n.3, p.591-625, 1997.

WILKINSON, R.J.; PATON, N.; PORTER, M.J.R. The effects of pre-harvest stress and harvest method on the stress response, rigor onset, muscle pH and drip loss in barramundi (*Lates calcarifer*). **Aquaculture**, v.282, p.26–32, 2008.

Capítulo 2

Artigo elaborado de acordo com as normas da PAB – Pesquisa Agropecuária Brasileira

Respostas hematológicas de surubins submetidos a diferentes tempo de depuração pós captura e transporte

Letícia Emiliani Fantini⁽¹⁾, Robson Andrade Rodrigues⁽¹⁾, Cleujosí da Silva Nunes⁽²⁾, Claucia Aparecida Honorato⁽³⁾, Jorge Antonio Ferreira de Lara⁽⁴⁾ e Cristiane Meldau de Campos⁽¹⁾

¹Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Rod. Aquidauana-UEMS, km 12 - C.P. 25, CEP 79200-000 Aquidauana, MS, Brasil. E-mail: leticia.emiliani@hotmail.com, robson.andrade.rodrigues17@hotmail.com, cmeldau@uems.br. ²Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Rod. Aquidauana-UEMS, km 12 - C.P. 25, CEP 79200-000 Aquidauana, MS, Brasil. E-mail: cleujosi@yahoo.com.br, ³Centro Universitário da Grande Dourados – UNIGRAN, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Medicina Veterinária, Rua Balbina de Matos, 2121 – Jd. Universitário CEP 79.824-900 – Dourados/MS. E-mail: clauciahonorato@yahoo.com.br. ⁴Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Corumbá, MS, Brasil. E-mail: jorge@cpap.embrapa.br.

Resumo - Objetivou-se avaliar os parâmetros hematológicos de surubins *Pseudoplatystoma* spp. submetidos a diferentes tempos de depuração após captura e transporte. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos foram 0, 2, 4 e 24 horas de depuração. Foram colhidas alíquotas de sangue com seringas heparinizadas de 10 exemplares de peixes de cada tratamento, retiradas por punção do vaso

caudal. Foram determinados o hematócrito, hemoglobina, número de eritrócitos, volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM). O tromboleucograma foi determinado pela contagem diferencial de leucócitos e a contagem total de leucócitos e trombócitos em extensões sanguíneas as quais foram secas ao ar e coradas pancromicamente com May Grünwald-Giemsa-Wright. Os dados foram submetidos a análise de variância. Surubins abatidos imediatamente após captura e transporte apresentam alterações no perfil hematológico, com altos valores, principalmente de leucócito. O descanso posteriormente após captura e transporte aumenta a condição de bem estar dos peixes. Os diferentes tempos de depuração influenciam o perfil hematológico de surubins *Pseudoplatystoma* spp. e após captura e transporte apresentam indicativos de estresse.

Palavras-chave: estresse, hematologia, peixe, sangue, transporte

Hematologic responses surubins submitted to different debugging time after capture and transport

Abstract - Aimed to evaluate the hematological parameters surubins *Pseudoplatystoma* spp. subjected to different debugging time after capture and transport. We adopted a completely randomized design with four treatments and 10 repetitions. The treatments were 0, 2, 4 and 24 hour debugging. Aliquots of blood with heparinized syringes 10 specimens of fish in each treatment withdrawn by puncture of the caudal vessels were harvested. Hematocrit, hemoglobin, red blood cell count, mean corpuscular volume (MCV) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) were determined. The tromboleucograma was determined by differential leukocyte counts and total counts of leucocytes and thrombocytes in blood extensions which were air dried and stained with pancromicamente May Grünwald-Giemsa-Wright. Data were analyzed statistically. Surubins slaughtered immediately after capture and

transport have changes in hematological profile, with high values, mainly leukocytes. The rest later after capture and transport increases the wellness condition of the fish. The different times of debugging influence the haematological profile of surubins *Pseudoplatystoma* spp. and after capture and transport present indicative of stress.

Key words: stress, hematology, fish, blood, transport

Introdução

O transporte de peixes vivos da piscicultura até o frigorífico é um manejo inevitável no processo de produção (Urbinati & Carneiro, 2004). Mesmo com curta duração de transporte, pode alterar muito os parâmetros hematológicos dos animais (Oba et al., 2009). O transporte é um procedimento necessário para levar os peixes para os frigoríficos. Dessa forma, protocolos que possam reduzir o estresse dos peixes no pré-abate são de grande importância para a aquicultura.

Os parâmetros sanguíneos podem ser usados como indicadores biológicos no monitoramento do estado de saúde dos peixes e do ambiente (Araújo et al., 2009; Lazzari et al., 2011). Segundo Araújo et al. (2009), é utilizado como rápida ferramenta na identificação do estresse auxiliando a avaliação do estado fisiológico de peixes, podendo ser utilizado para padronização das condições ideais para a produção.

Em decorrência do estresse, pode ocorrer alteração na concentração de hemoglobina, hematócrito, número de eritrócitos, volume corpuscular médio e concentração da hemoglobina corpuscular média, além de alterações morfológicas dos eritrócitos e decréscimo no percentual e linfócitos e trombócitos (Moraes & Martins, 2004).

Trabalho realizado por Fagundes e Urbinati (2008) mostraram alterações hematológicas em pintados *Pseudoplatystoma corruscans* após o manejo de captura, perseguição e exposição ao ar por 3 minutos, 12 horas de transporte e exposição a luz contínua e escuro. Os autores

observaram que houve alterações ($P < 0,05$) do hematócrito e número de eritrócitos. Já os valores de hemoglobina se alteraram apenas quando os peixes passaram por 12 horas de transporte.

Os tanques de depuração, utilizados para descanso, após o manejo de captura e transporte, podem ser utilizados para recuperação da homeostase e normalização dos parâmetros hematológicos antes do abate. Alterações fisiológicas, hematológicas podem resultar em carnes de baixa qualidade.

O surubim híbrido *Pseudoplatystoma* spp. resultante do cruzamento entre cachara (*Pseudoplatysma reticulatum*) e pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) é largamente produzido em pisciculturas comerciais do estado do Mato Grosso do Sul e em outros estados do país. Por serem escassas pesquisas envolvendo tempo de depuração no pré-abate de surubins, objetivou-se avaliar diferentes tempos de depuração no pré-abate sobre parâmetros hematológicos de surubins *Pseudoplatystoma* spp. pós captura e transporte.

Material e Métodos

Surubins híbridos, oriundos do cruzamento entre cachara e pintado, foram produzidos em três fases de produção por um período de 12 meses em viveiros de uma piscicultura comercial. As duas primeiras fases compreenderam um período de 90 dias cada e a terceira fase 180 dias. Os juvenis receberam ração comercial Douramix com 40, 38 e 36% de proteína bruta ajustadas de acordo com as fases de crescimento.

Foi utilizada uma densidade de estocagem de aproximadamente 3000 kg de peixe/hectare para a primeira fase de produção e aproximadamente 4000 kg de peixe/hectare na segunda e terceira fase. A água dos viveiros apresentou temperatura média de $28,62 \pm 1,74$ °C e oxigênio dissolvido de $4,93 \pm 1,10$ mg/L.

Ao final do período de produção, os surubins com peso final médio de $1,09 \pm 0,19$ kg foram submetidos a um jejum prévio de 48 horas antes da despesca, realizada com auxílio de

redes de arrasto. O manejo de captura e transporte dos peixes da piscicultura ao frigorífico teve duração aproximada de 2 horas. Um caminhão de transporte de peixes vivos foi utilizado. No frigorífico, os peixes, foram descarregados, estocados e amostrados em um mesmo tanque, com água corrente, denominado tanque de depuração. Em decorrência do experimento ser realizado em frigorífico comercial, o experimento foi adequado para a rotina de abate.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos 1, 2, 3 e 4 corresponderam ao tempo de depuração 0, 2, 4 e 24 horas, respectivamente. O tempo de depuração 0 hora correspondeu ao tratamento sem depuração, no qual os peixes foram abatidos imediatamente após o transporte até o frigorífico.

Após os animais terem passado pelos diferentes tempos de depuração foram insensibilizados em solução anestésica contendo eugenol na concentração de 50 mg/L (concentração padronizada pelo Laboratório de Ictioparasitologia para anestesia de surubins híbridos) até a diminuição dos movimentos e sedação, posteriormente foram colhidas alíquotas de sangue com seringas heparinizadas de 10 exemplares de cada tratamento, retiradas por punção do vaso caudal. Posteriormente, os peixes entraram na linha de abate.

Foram determinados o hematócrito pelo método de microhematócrito de Goldenfarb et al. (1971), hemoglobina (Collier, 1944), número de eritrócitos em câmara de Neubauer e índices hematimétricos (Wintrobe, 1934): volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

Para a determinação do tromboleucograma foi realizada a contagem diferencial de leucócitos e a contagem total de leucócitos e trombócitos. Para tanto foram confeccionadas extensões sanguíneas as quais foram secas ao ar e coradas pancromicamente com May Grünwald-Giemsa-Wright (Tavares-Dias & Moraes, 2003).

Os procedimentos adotados neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA da UEMS (Protocolo 009/2013).

Foi testada a normalidade dos dados e quando apresentaram distribuição normal foram submetidos à análise de variância e quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Para as análises foi utilizado modelos lineares generalizados do pacote estatístico SAS.

Resultados e Discussão

As variáveis hematológicas estão expressas na Tabela 1. Para a variável hematócrito (Htc) houve redução significativa ($P < 0,05$) após 24 horas de depuração. Já os valores de hemoglobina ($P > 0,05$) permaneceram iguais. Segundo Morgan & Iwama (1997), a redução desses parâmetros representa hemodiluição, devido aos distúrbios osmorregulatórios. Os altos valores encontrados nos tempos de depuração 0, 2 e 4 horas (hemoconcentração) sugerem que houve um aumento da atividade eritropoiética do baço e do rim (Tavares-Dias & Moraes, 2004).

Quando Fagundes & Urbinati (2008) submeteram pintados a captura, perseguição e exposição ao ar durante três minutos, os autores observaram que após 48 horas, houve redução significativa do hematócrito, não ocorrendo mudanças na variável hemoglobina (Hb), da mesma forma que ocorreu neste experimento. Takahashi et al. (2006), estudando juvenis de pacu pós-transporte, verificaram que apesar do hematócrito não ter apresentado diferença estatística houve uma redução numérica após o transporte, acompanhado da redução de hemoglobina.

Os valores de hematócrito e hemoglobina no presente estudo são superiores aos encontrados por Labarrère et al. (2012), que, ao estudarem o perfil sanguíneo de surubins híbridos, encontraram valores que variaram entre $7,06 \pm 0,98$ e $7,93 \pm 3,33$ g/dL para hemoglobina e $22,87 \pm 7,62$ e $28,77 \pm 4,11$ g/dL para o hematócrito, sem diferença estatística para as densidades de estocagem estudadas (27,5, 47,5, 67,5, 87,5 e 107,5 peixes/m²). Ao testar

as densidades 10, 20, 30, 40 e 50 peixes /m², não encontrou diferença estatística para o hematócrito, concentração de hemoglobina corpuscular média e hemoglobina.

O número de eritrócitos foi semelhante entre os tempos de depuração estudados. Essa célula é responsável pelo transporte de oxigênio e do gás carbônico, desempenhado pelo seu componente principal, a hemoglobina (Tavares-Dias e Moraes, 2004). Os resultados do número de eritrócito deste trabalho são inferiores aos encontrados por Fagundes e Urbinati (2008) e Fagundes (2009) em juvenis de pintados submetidos a diferentes formas de manejo.

Foram observados valores semelhantes para ($P < 0,05$) do VCM e redução ($P < 0,05$) do CHCM apenas no tempo de depuração 2 horas. De acordo com Houston (1990) o volume corpuscular médio VCM é usado para indicar o estado osmorregulatório e esta diretamente envolvido com a dinâmica cardíaca e com o fluxo sanguíneo. Já a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) demonstra como está a função respiratória.

Apesar de ter ocorrido uma redução na concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), os valores encontrados neste trabalho são superiores aos descritos por Weiss et al. (2010) que afirmaram que a faixa de normalidade para a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) é de 18,0 a 30,0 g/dL, geralmente menor que a de mamíferos devido ao espaço ocupado pelo núcleo nos eritrócitos.

Tavares-Dias et al. (2009) relataram alguns intervalos de referência para os parâmetros eritrocitários de surubins híbridos pesando entre 568,0 a 1,350 9 kg. Os valores referências ficaram entre $1,72 - 2,02 \times 10^6$ μ L para o eritrócito, 30,0 - 35,0 % para o hematócrito, 5,2 - 6,1 g/dL para a hemoglobina, 159,2 - 180,3 fL para o volume corpuscular médio e 16,8 - 18,8 g/dL para a concentração de hemoglobina corpuscular média. Neste trabalho, o volume corpuscular médio esteve abaixo dos intervalos de referência e todas as outras variáveis (eritrócitos, hemoglobina, hematócrito e concentração de hemoglobina corpuscular média) estiveram acima dos valores descritos.

As variáveis relativas à série vermelha são de grande valia na identificação de processos anemiantes, enquanto que o leucograma pode ser útil na compreensão dos processos infecciosos e outros estados de desequilíbrio homeostático (Moraes & Martins, 2004).

Os resultados do trombograma e do leucograma estão relacionados na Figura 1. Para a espécie *Pseudoplatystoma* spp., além de eritrócito e trombócito, nas extensões sanguíneas, foram observados: monócito, leucócito imaturo, linfócito, neutrófilo, basófilo, eosinófilo e célula granulocítica especial (CGE). Da mesma forma que neste trabalho Pádua et al. (2009) encontraram sete tipos de leucócitos em *Pseudoplatystoma* spp.

Pode-se observar que o trombócito (Figura 1A) e o monócito (Figura 1B) não apresentaram diferença estatística ($P>0,05$) entre os tempos de depuração estudados. Nos peixes, a função do trombócito pode estar envolvida no processo de coagulação do sangue e também ligada a processos inflamatórios (Martins et al., 2006). Essas células reduzem a predisposição de infecção (Tavares-Dias & Moraes, 2004). Alterações no número de trombócito pode indicar desequilíbrio hemostático (Tavares-Dias & Moraes, 2004; Tavares-Dias & Oliveira, 2009) fato que não ocorreu no presente estudo.

Os monócitos atuam na reação inflamatória e resposta imunológica nas quais ocorre a fagocitose, sendo de extrema importância aos mecanismos de defesa do hospedeiro (Thrall et al., 2007). Além de produzirem citocinas, são células primárias na apresentação de antígenos em teleósteos e têm funções de célula de defesa em trânsito no sangue periférico (Dalmo & Bogwald, 2008). Essas foram as células encontradas em menor quantidade no sangue dos surubins híbridos *Pseudoplatystoma* spp. e não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos.

Houve uma redução significativa ($P<0,05$) da contagem de leucócitos (Figura 1C e 1D) quando aumentou o tempo de depuração. Dentre os componentes do sangue, os leucócitos representam importante papel na imunidade não específica e os seus valores podem ser

considerados como indicadores do estado de saúde dos peixes (Misra et al., 2006). Os valores superiores de leucócitos observados no tempo de depuração 0 hora pode ser uma tentativa de recuperar a homeostase em desequilíbrio. Já o decréscimo da contagem de leucócitos nos tempos de depuração 2, 4 e 24 horas pode ser atribuído pelo enfraquecimento do sistema imunológico (Silva et al., 2012).

O mesmo comportamento de redução observado para os leucócitos, foi observado para os linfócitos (Figura 1E), que em peixes podem estar presentes no processo inflamatório, na resposta humoral frente a diversas situações (Iwama & Nakanishi 1996). Essas células foram as que prevaleceram, aparecendo em maior quantidade na contagem diferencial.

O neutrófilo (Figura 1F) foi a única célula que apresentou comportamento inverso as demais, onde houve um aumento significativo ($P < 0,05$) dessa célula nos tempos de depuração de 4 e 24 horas. Os neutrófilos são componentes do sistema imunológico que formam a primeira linha de defesa celular contra agentes invasores e têm como função a fagocitose. Sob estresse agudo um aumento da resposta imune inata tem sido descrita, enquanto os efeitos deletérios têm sido observados como consequência de estresse crônico (Vazzana et al., 2002).

Os basófilos e eosinófilos (Figura 1 G e H), apresentaram-se elevados no tempo de depuração 0 hora e reduziram significativamente ($P < 0,05$) nos tempo de depuração 2, 4 e 24 horas. A função dos basófilos de peixes não está definida e parece estar ligada a processos alérgicos, já que possuem histamina em seus grânulos (Thrall et al., 2007). Os eosinófilos são encontrados com menor frequência no sangue de peixes, sendo este fator atribuído à pequena porcentagem dessas células (Ranzani, 1995; Tavares-Dias & Moraes, 2004).

As células granulocíticas especiais (CGE) (Figura 1I) foram encontradas em grande quantidade nos tempos de depuração 0 e 2 horas, reduzindo significativamente nos tempos de depuração 4 e 24 horas. Segundo Tavares-Dias & Moraes (2004) em peixes a função dos eosinófilos e células granulocíticas especiais ainda não estão bem esclarecidas.

O conhecimento do perfil hematológico dos peixes vem sendo estudado e utilizado de forma a indicar alterações decorrentes de manejos, principalmente, associados às condições de produção. Neste experimento observou-se que surubins abatidos imediatamente após o manejo de captura e transporte apresentam alterações no perfil hematológico, com valores superiores àqueles peixes que ficaram por maior tempo no tanque de depuração, principalmente de leucócito. O descanso posterior ao manejo pré-abate de captura e transporte possivelmente aumentou a chance dos peixes apresentarem perfis hematológicos próximos aos normais.

Conclusão

1. Os diferentes tempos de depuração influenciam o perfil hematológico de surubins *Pseudoplatystoma* spp.

2. Após o manejo de captura e transporte, surubins apresentam indicativos de estresse.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Frigorífico pela parceria, a equipe do Laboratório de Ictioparasitologia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e alunos do Centro Universitário da Grande Dourados – UNIGRAN pelo apoio no decorrer do trabalho.

Referências

- 243 ARAUJO, C.S.O.; TAVARES-DIAS, M.; GOMES, A.L.S.; ANDRADE, S.M.S.; LEMOS,
244 J.R.G.; OLIVEIRA, A.T.; CRUZ, W.R.; AFFONSO, E.G. Infecções parasitárias e parâmetros
245 sanguíneos em *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) cultivados no estado do
246 Amazonas, Brasil. In: TAVARES-DIAS, M. (Org). **Manejo e sanidade de peixes em**
247 **cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. p. 389-424.
- 248 COLLIER, H.B. The standardizations of blood haemoglobin determinations. **Canadian**
249 **Medical Association Journal**, v.50, p.550-552, 1944.
- 250 DALMO, R.A.; BOGWALD, J. Beta-glucans as conductors of immune symphonies. **Fish**
251 **and Shellfish Immunology**, v.25, p.384-396, 2008.
- 252 FAGUNDES, M.; URBINATI, E.C. Stress in pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) during
253 farming procedures. **Aquaculture**, v.276, p.112-119, 2008.
- 254 GOLDENFARB, P.B., BOWYER, F.P., HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in 251 the
255 hematology laboratory: the microhematocrit determinations. **American Journal of** 252
256 **Clinical Pathology**, v.56, n.1, p.35-39, 1971.
- 257 HOUSTON, A.H. Blood and circulation. In: SCHRECK, C.B.; MOYLE, P.B. Methods for
258 fish biology. **American Fisheries Society**, p. 273-334, 1990.
- 259 IWAMA G.; NAKANISHI T. **The Fish Immune System**. Academic Press, London. 1996.
260 380p.
- 261 LABARRÈRE, C.R.; FARIA, P.M.C.; TEIXEIRA, E.A.; MELO, M.M. Eritrograma de
262 híbridos de surubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* X *P. coruscans*) mantidos em diferentes
263 densidades de estocagem. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64,
264 n.2, p.510-514, 2012.
- 265 LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; CORRÊIA, V.; ROSSATO, S.; FERREIRA, C.C.;
266 SUTILI, F.J.; DUARTE, M.M.M.F. Hematologia de jundiás em resposta ao nível de proteína
267 na dieta. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, n.2, p. 192-197, 2011.
- 268 MARTINS, M.L.; MORAES, R.R.; FUJIMOTO, R.Y, Carrageenin induced inflammation in
269 *Piaractus mesopotamicus* (Osteichthyes: Characidae) cultivated in Brazil. **Boletim do**
270 **Instituto de Pesca**, v.32, p.31-39, 2006.
- 271 MISRA, C.K.; DAS, B.K.; MUKHERJEE, S.C.; MEHER, P.K. The immunomodulatory
272 effects of tuftsin on the non-specific immune system of Indian Major carp, *Labeo rohita*. **Fish**
273 **& Shellfish immunology**, v.20, p.728-738, 2006.
- 274 MORAES, F.R.; MARTINS, M.L. Condições predisponentes e principais enfermidades de
275 teleósteos em piscicultura intensiva. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI,
276 D.M.; CASTAGNOLLI, N. (eds). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical**
277 **intensiva**. TecArt, São Paulo, 2004. p.343-383.
- 278 MORGAN, J.D.; IWAMA, G.K. Measurements of stressed states in the field. In: IWAMA,
279 G.W. et al. (Edt) **Fish stress and health in aquaculture**. Cambridge University Press, cap.
280 10, 1997. p.247-270.
- 281 OBA, E.T.; MARIANO, W.S.; SANTOS, L.R.B. Estresse em peixes cultivados: agravantes e
282 atenuantes para o manejo rentável. In: TAVARES-DIAS, M.(Org). **Manejo e Sanidade de**
283 **Peixes em Cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. p.389-424.

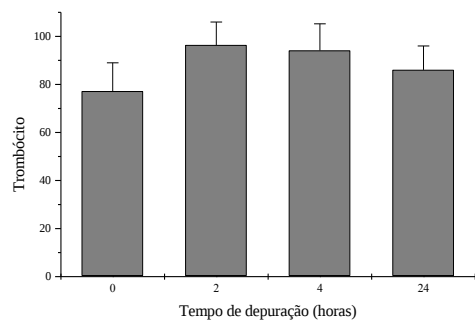
- 284 PÁDUA, S.B.; VENTURA, A.S.; SATAKE, F.; ISHIKAWA, M.M.; HISANO, H.;
 285 TAVARES-DIAS, M. Perfil hematológico de surubins híbridos (*Pseudoplatystoma*
 286 *reticulatum* x *P. corruscans*) oriundos do cultivo intensivo no estado de Mato Grosso do Sul.
 287 In: Aquanutri, 3 Simpósio Internacional de nutrição e saúde peixes. Botucatu, SP. **Anais...**
 288 Botucatu: Unesp, 2009.
- 289 RANZANI-PAIVA, M.J.T. Células sanguíneas e contagem diferencial dos leucócitos de
 290 tainhas, *Mugil paltanus* da região estuarino-lagunar de Cananéia-SP. **Boletim do Instituto de**
 291 **Pesca**, v.22, p.23-40, 1995.
- 292 SILVA, A.S.E.; LIMA, J.T.A.X.; BLANCO, B.S. Hematologia em peixes (Revisão
 293 Bibliográfica). **Revista Centauro**, v.3, n.1, p.24-32, 2012.
- 294 TAKAHASHI, L.S.; ABREU, J.S.; BILLER, J.D. URBINATI, E.C. Efeito do ambiente pós-
 295 transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus*
 296 *mesopotamicus*. **Acta Scientiarum, Animal Science**, v.28, n.4, p.469-475, 2006.
- 297 TAVARES DIAS, M.; ISHIKAWA, M.M.; MARTINS, M.L. SATAKE, F.; HISANO, H.
 298 PÁDUA, S.B.; JERÔNIMO, G.T.; SANT'ANA DE SÁ, A.R. Hematologia: ferramenta para o
 299 monitoramento do estado de saúde de peixes em cultivo. In: SARAN-NETO; MARIANO,
 300 W.S.; POZZOBON-SORIA, S.F. (Org.). **Tópicos Especiais em Saúde e Criação Animal**.
 301 1ed. São Carlos: Pedro & João Editores, cap.3, 2009. 43-80 p.
- 302 TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. Características hematológicas
 303 da *Tilapia rendalli* Boulenger, 1896 (Osteichthyes: Cichlidae) capturada em "Pesque-Pague"
 304 de Franca, São Paulo, Brasil. **Bioscience Journal**, v.19, n.1, p.103-110, 2003.
- 305 TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. **Hematologia de peixes teleósteos**. Ribeirão Preto:
 306 Vilimpress, 2004.144p.
- 307 TAVARES-DIAS, M.; OLIVEIRA, S.R. A review of the coagulation system of fish. **Revista**
 308 **Brasileira de Biociências**, v.7, p.205-224, 2009.
- 309 THRALL, M.A.; BAKER, D.C.; CAMPBELL, T. W. **Hematologia e bioquímica clínica**
 310 **veterinária**. São Paulo: Roca Ltda., 2007. 592p.
- 311 URBINATI, E.C.; CARNEIRO, P.C.F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em
 312 piscicultura. In: CYRINO, J.E.P. et al. (Ed.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce
 313 tropical intensiva. São Paulo: TecArt; Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia
 314 Aquática, 2004. p.171-194.
- 315 VAZZANA M.; CAMMARATA M.; COOPER, E.L.; PARRINELLO N. Confinement stress
 316 in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) depresses peritoneal leukocyte cytotoxicity. **Aquacult**,
 317 v.210, p.231-243, 2002.
- 318 WEISS, D.J.; WARDROP, J.; SCHALM, O.W. **Schalms Veterinary Hematology**. 6.ed.
 319 Iowa: Blackwell Publishing, 2010. p.1206.
- 320 WINTROBE, M. M. Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in the
 321 blood of various vertebrates. **Folia Haematologica**, v.51, p.32-49, 1934.

Tabelas e Figuras

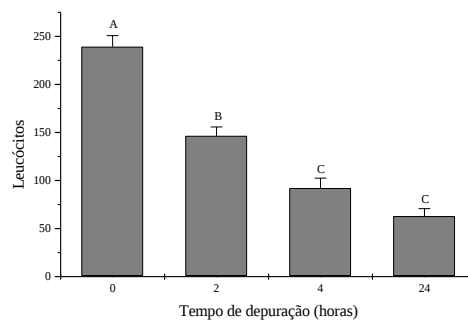
Tabela 1. Parâmetros hematológicos ($\pm$ erro padrão) de surubins *Pseudoplatystoma* spp. submetidos a diferentes tempos de depuração no pré-abate

Variáveis	Tempo de depuração			
	0 hora	2 horas	4 horas	24 horas
Hct (%) [*]	61,58 $\pm$ 0,85 ^a	63,05 $\pm$ 0,31 ^a	63,91 $\pm$ 0,55 ^a	56,68 $\pm$ 0,88 ^b
Er (x10 ⁶) [*]	4,84 $\pm$ 0,06 ^{ab}	4,91 $\pm$ 0,10 ^{ab}	5,24 $\pm$ 0,15 ^a	4,56 $\pm$ 0,24 ^b
Hb (g/dL)	24,05 $\pm$ 0,62	23,02 $\pm$ 0,30	25,06 $\pm$ 0,65	22,92 $\pm$ 0,52
CHCM (g/dL) [*]	39,01 $\pm$ 0,64 ^a	36,86 $\pm$ 0,26 ^b	40,26 $\pm$ 0,54 ^a	40,40 $\pm$ 0,40 ^a
VCM (pg) [*]	129,90 $\pm$ 1,84 ^a	126,07 $\pm$ 0,76 ^{ab}	117,68 $\pm$ 2,64 ^b	118,60 $\pm$ 0,74 ^b

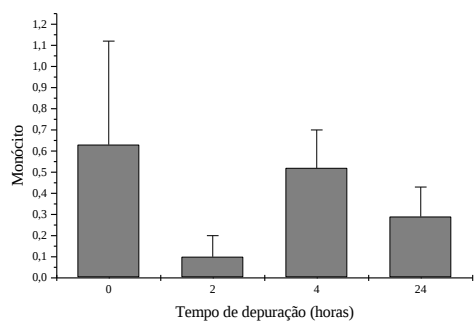
*Letras diferentes na mesma linha se diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey a 5%. Hct = hematócrito; Hb = concentração de hemoglobina; Er = contagem de eritrócitos; CHCM = concentração de hemoglobina corpuscular média; HCM = hemoglobina corpuscular Média; VCM = volume corpuscular médio.



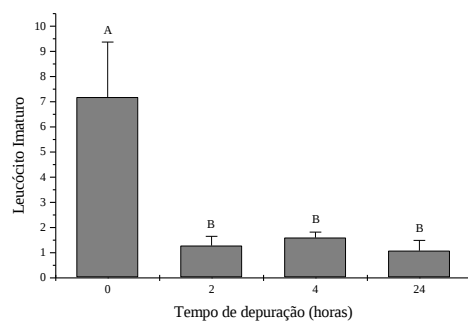
330 A



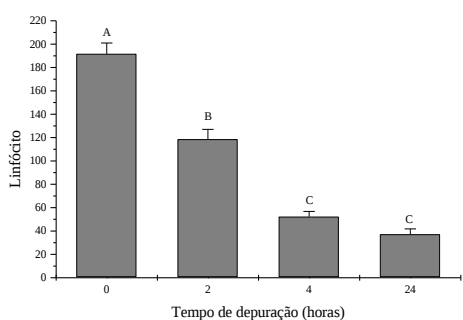
B



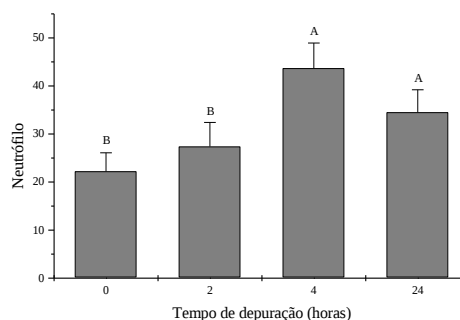
331 C



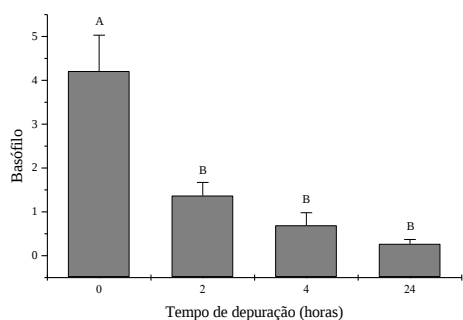
D



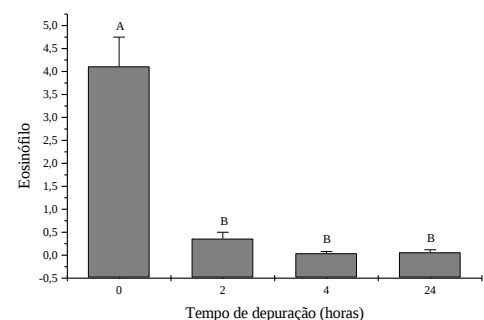
332 E



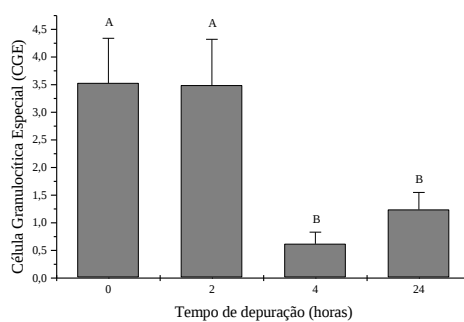
F



333 G



H



334

I

335 **Figura 1.** Leucotrombograma x 10^3 (μL) de surubins *Pseudoplatystoma* spp. (médias $\pm$ erro
336 padrão) submetidos a diferentes tempos de depuração no pré-abate. Letras diferentes indicam
337 diferença significativa pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

338

Capítulo 3 - Artigo elaborado de acordo com as normas da PAB – Pesquisa

Agropecuária Brasileira

**Atributos de qualidade e propriedade da carne de surubins submetidos a depuração pós
captura e transporte**

Letícia Emiliani Fantini⁽¹⁾, Cleujosí da Silva Nunes⁽²⁾, Fabio Mazzoti Santamaria⁽³⁾, André
Luiz Julien Ferraz⁽¹⁾, Jorge Antonio Ferreira de Lara⁽⁴⁾ e Cristiane Meldau de Campos⁽¹⁾

¹Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade
Universitária de Aquidauana, Rod. Aquidauana-UEMS, km 12 - C.P. 25, CEP 79200-000
Aquidauana, MS, Brasil. E-mail: leticia.emiliani@hotmail.com, splinter@uems.com.br,
cmeldau@uems.br. ²Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de
Aquidauana, Rod. Aquidauana-UEMS, km 12 - C.P. 25, CEP 79200-000 Aquidauana, MS,
Brasil. E-mail: cleujosi@yahoo.com.br. ³Empresa Mar&Terra Indústria e Comércio de Pescado
Ltda., Itaporã, MS, Brasil. E-mail: fabio.santamaria@mareterra.com.br. ⁴Empresa Brasileira de
Pesquisa Agropecuária, Corumbá, MS, Brasil. E-mail: jorge@cpap.embrapa.br.

Resumo - Objetivou-se avaliar os parâmetros hormonais, metabólicos, bioquímicos, atributos
de qualidade e propriedades da carne de surubins submetidos a depuração pós captura e
transporte. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e 15
repetições. Os tratamentos foram 0, 2, 4, 8 e 24 horas de depuração, respectivamente. Foram
analisados: cortisol, glicose plasmática, glicogênio do fígado e músculo, pH, Cor (L*, a*, b*),
CRA, IFM, IR e CC. Não foram encontradas diferenças estatísticas ($P>0,05$) para os valores de
cortisol, glicogênio do fígado, CRA, IFM e Cor (b*). Os valores de glicose foram

significativamente diferentes ($P < 0,05$) sendo que no tempo 0 hora foi de $145,6 \pm 10,54$ mg/dL reduzindo para $56,51 \pm 14,99$ mg/dL no tempo de depuração 24 horas. Já o glicogênio muscular foi significativamente diferente ($P < 0,05$), sendo que nos tempos 0 ($1,49 \pm 0,10$ $\mu\text{mols/g}$) e 2 ($1,56 \pm 0,08$ $\mu\text{mols/g}$) horas, os valores foram maiores. Os valores de glicogênio muscular nos tempos 4, 8 e 24 horas foram de $1,24 \pm 0,14$, $1,04 \pm 0,05$ e $1,00 \pm 0,13$ $\mu\text{mols/g}$. O manejo de captura e transporte no pré-abate influencia as propriedades de qualidade de carne de surubins *Pseudoplatystoma* spp., promove mudança na coloração do filé e alteração no estabelecimento do *rigor mortis*.

Palavras-chave: estresse, glicose, pH, *Pseudoplatystoma* spp., *rigor mortis*

Quality attributes and property of meat surubins submitted to different debugging time after capture and transport

Abstract - This study aimed to assess the hormonal, metabolic, biochemical parameters, and quality attributes and property of meat surubins submitted to different debugging time after capture and transport. We adopted the completely randomized design with five treatments and 15 repetitions. The treatments were 0, 2, 4, 8 and 24 hours of debugging, respectively. Were analyzed: plasma cortisol, glucose, liver glycogen and muscle pH, color (L^* , a^* , b^*), WHC, MFI, IR and CC. No statistical differences ($P > 0.05$) for cortisol levels, liver glycogen, CRA, MFIs and color (b^*) were found. The glucose values were significantly different ($P < 0.05$) where as at time 0 hour it was 145.6 ± 10.54 mg/dL for reducing 56.51 ± 14.99 mg/dL in debugging time 24 hours. Since muscle glycogen was significantly different ($P < 0.05$), whereas at times 0 (1.49 ± 0.10 $\mu\text{mols/g}$) and 2 (1.56 ± 0.08 $\mu\text{mols/g}$) hours values were higher. The amounts of glycogen in times 4, 8 and 24 hours were 1.24 ± 0.14 , 1.04 ± 0.05 and 1.00 ± 0.13 $\mu\text{mols/g}$. The management of capture and transport in the pre-slaughter influences the

properties of meat quality surubins *Pseudoplatystoma* spp., promotes change in coloration of the filet and change the setting of *rigor mortis*.

Keywords: stress, glucose, pH, *Pseudoplatystoma* spp., *rigor mortis*

Introdução

No Brasil, os surubins conhecidos como cachara (*Pseudoplatysma reticulatum*) e pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) são espécies nativas de água doce de grande valor de mercado. O surubim híbrido *Pseudoplatystoma* spp. resultante do cruzamento dessas duas espécies é largamente produzido em pisciculturas comerciais do estado do Mato Grosso do Sul e em outros estados do país, sendo classificados e chamados comercialmente por “pintados”.

Segundo Kubitza et al. (1998), os surubins possuem características zootécnicas, sensoriais e de mercado bastante atrativas, com carne de coloração clara e textura firme, sabor pouco acentuado, baixo teor de gordura e ausência de espinhos intramusculares.

A qualidade e propriedades da carne, como pH, cor, textura e suculência podem sofrer alterações quando o peixe é submetido a um estresse no pré-abate resultando em perdas de valor econômico, que podem ocasionalmente ser insignificante para os produtores de modo individual. No entanto, a desclassificação do produto é considerável quando a perda de valor econômico de qualquer atributo físico do produto ocorre entre indústria e consumidor.

Manejos de captura e transporte realizados no pré-abate podem resultar em instalação do *rigor mortis* mais rapidamente influenciando na qualidade de carne. O *rigor mortis* apresenta como característica principal, a perda da elasticidade e extensibilidade dos músculos, como resultado da alteração dos ciclos de contração e relaxamento (Contreras-Guzmán, 1994). Controlar os fatores que aceleram a instalação do *rigor mortis* é essencial para obtenção de carne com qualidade (Morkore, 2006). Fatores fisiológicos como o aumento dos níveis de

cortisol, glicose e cloreto plasmáticos têm sido usados para determinar o grau de estresse dos animais (Lupatsch et al., 2010).

Devido à ausência de informações e conhecimentos disponíveis sobre o efeito do manejo pré-abate de surubins sobre características do produto, este estudo foi proposto com o objetivo de avaliar os diferentes tempos de depuração no pré-abate sobre o nível de cortisol e glicose plasmáticos, glicogênio hepático e muscular, parâmetros hematológicos, além de atributos de qualidade e propriedades da carne de surubins *Pseudoplatystoma* spp. pós captura e transporte.

Material e Métodos

Surubins híbridos, oriundos do cruzamento entre cachara e pintado, foram produzidos em três fases de produção por um período de 12 meses em viveiros de uma piscicultura comercial. A primeira fase compreendeu 90 dias, os alevinos receberam rações Revolution – Douramix com 40 % de proteína bruta PB (2 a 4 mm) e ração Juvenil Revolution com 40 % de PB (4 a 6 mm) e alcançaram o peso médio de 200 g. Na segunda fase de produção, com duração de 90 dias, os alevinos receberam ração Juvenil Revolution com 38 % de PB (4 a 6 mm) e ração Crescimento Revolution - Douramix com 36 % PB (6 a 10 mm) e atingiram peso médio de 500 g. A terceira e última fase teve duração de 180 dias, e os peixes receberam ração de Crescimento Revolution – Douramix com 36 % de PB (6 a 10 mm) e ração Carnívora Final com 38 % de PB (10 a 12 mm).

Foi utilizada uma densidade de estocagem de aproximadamente 3000 kg de peixe/hectare para a primeira fase de produção em viveiro e aproximadamente 4000 kg de peixe/hectare na segunda e terceira fases. A água dos viveiros apresentou temperatura média de $28,62 \pm 1,74$ °C e oxigênio dissolvido de $4,93 \pm 1,10$ mg/L.

Ao final do período de produção, os surubins com peso final médio de $1,09 \pm 0,19$ kg foram submetidos a um jejum prévio de 48 horas antes da despesca, realizada com auxílio de redes de arrasto. A captura e transporte dos peixes teve duração aproximada de 2 horas. Um caminhão de transporte com caixas foi utilizado para transferência dos peixes da piscicultura até o frigorífico. No frigorífico, os peixes, foram descarregados, estocados e amostrados em um mesmo tanque, com água corrente, denominado tanque de depuração. Em decorrência do experimento ser realizado em frigorífico comercial, o experimento foi adequado para a rotina de abate.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e 15 repetições. Cada peixe foi considerado uma unidade experimental. Os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 corresponderam ao tempo de depuração 0, 2, 4, 8 e 24 horas. O tempo de depuração 0 hora correspondeu ao tratamento sem depuração, na qual os peixes foram abatidos imediatamente após o transporte até o frigorífico.

Após os animais terem passado pelos diferentes tempos de depuração foram insensibilizados em solução anestésica contendo eugenol na concentração de 50 mg/L (concentração padronizada pelo Laboratório de Ictioparasitologia para anestesia de surubins híbridos) até a diminuição dos movimentos e sedação e posteriormente foram colhidas alíquotas de sangue com seringas heparinizadas de 10 exemplares de peixes de cada tratamento, retiradas por punção do vaso caudal.

A glicose plasmática foi determinada pelo método oxidase/peroxidase (Trinder, 1969). As determinações de cortisol plasmático foram realizadas por radioimunoensaio em contador de partículas beta. A extração do glicogênio tecidual foi realizada segundo Bidinotto et al. (1997). Esse método consiste na separação alcoólica do glicogênio após a hidrólise alcalina total do tecido em hidróxido de potássio 6 N. Em seguida, foi realizada a determinação direta de açúcares redutores totais no precipitado alcoólico (glicogênio) ressuspensionado em água. Na

determinação de açúcares redutores totais utilizou-se fenol 4,1 % e ácido sulfúrico concentrado (Dubois et al., 1956). Foram utilizados 50 mg de fígado e 100 mg de músculo branco por mL de KOH 6 N. A leitura óptica foi realizada em espectrofotômetro, em comprimento de onda de 480 nm, contra alíquotas de padrões de uma solução de glicose 0,02 %. O conteúdo de glicogênio foi expresso em μmols de glicosil-glicose mg^{-1} de tecido.

Após coleta do material biológico, os peixes foram colocados em água e gelo na proporção 1:1. A sangria foi realizada através da secção de um dos rastros branquiais, e, em seguida, os peixes foram colocados em água com temperatura ambiente cerca de 3 minutos. Após a sangria, foram colocados em esteiras que rolavam para caixas contendo gelo para iniciar a evisceração e filetagem. Nesse momento iniciou-se a análise do Índice de *rigor mortis* em outros cinco exemplares de peixes de cada tratamento (peixes inteiros). Inicialmente após o abate, e a cada 30 minutos após o abate por 4 horas, com o propósito de identificar o comportamento deste fenômeno até a sua instalação plena ($\text{IR} = 100\%$). O IR foi determinado segundo a fórmula adaptada de Bito et al. (1983).

$$\text{IR} = \text{Di} \setminus \text{Df} \times 100$$

Onde,

IR = Índice de *Rigor mortis*.

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

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

Os exemplares de peixes que foram submetidos a colheita sanguínea, após o abate, foram filetados (em *rigor mortis*) e os filés de cada exemplar foram separados em filés direito e esquerdo. Todas as análises foram realizadas nos filés laterais direito de cada exemplar.

O pH intramuscular foi determinado em profundidade, leitura realizada em aparelho medidor de pH Sentron 1001 com eletrodo específico para carnes (modelo 1140). O pH

intramuscular foi avaliado em triplicata após a filetagem e a cada uma hora, por 4 horas e posteriormente 24 horas após o abate, antes da realização dos demais testes.

A cor, valores L^* a^* b^* , (Sistema Hunter, luminosidade, padrão de cor vermelha e padrão de cor amarela) foi determinada após 24 horas do abate em seis pontos nos filés com auxílio do colorímetro Minolta CR-10.

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada 48 h após abate dos animais segundo metodologia de Nakamura & Katoh (1985). Amostras de 1g de músculo in natura em microtubo contendo papel filtro, foram pesadas (triplicata) em balança analítica BEL, centrifugadas em centrífuga 5417R Eppendorf a 1500g durante 4 minutos, a 4°C, pesadas e colocadas em estufa a 80°C, durante 12 horas. Posteriormente, as amostras foram pesadas novamente para realização do seguinte cálculo:

$$CRA = (PAPC - PAS/PAI) \times 100$$

PAPC= peso amostra pós-centrifugação

PAS= peso amostra seca

PAI = peso amostra inicial

A determinação do índice de fragmentação miofibrilar (IFM) foi realizada em filés que estavam congelados a -18°C. Para a análise, foram descongeladas a 7°C por 12 horas. O IFM foi realizado conforme a metodologia descrita por Culler et al. (1978). A concentração protéica foi determinada pelo método do biureto e as leituras realizadas em espectrofotômetro em absorbância no comprimento de onda de 540 nm, sendo obtidos os valores de IFM, expresso em unidades.

$$IFM = \text{Absorbância} \times 200 \text{ (fator de correção)}$$

As amostras para realização da composição centesimal (CC) dos filés foram congeladas, mantidas a -18°C. Para a análise, foram descongeladas a 4°C por 24 horas. A metodologia para

a determinação da proteína (método de Kjeldahl), extrato etéreo e matéria mineral (cinzas) foram determinados de acordo com a metodologia do Lanara (1981).

Os procedimentos adotados neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA da UEMS (Protocolo 009/2013).

Foi testada a normalidade dos dados e quando não apresentaram distribuição normal, foram submetidos ao teste não paramétrico Kruskal Wallis. Os dados que apresentaram distribuição normal foram submetidos à análise de variância e quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Para as análises foram utilizados modelos lineares generalizados do pacote estatístico SAS. Para algumas variáveis utilizou-se o teste de Scott-Knott a 5% do programa estatístico Assistat.

Resultados e Discussão

Os níveis de glicose estava em $145,6 \pm 10,54$ mg/dL quando os peixes chegaram do transporte e foram imediatamente abatidos (0 hora), e reduziu ($P < 0,05$) após terem descansado por 24 horas no tanque de depuração (Figura 1A). A redução da glicose plasmática observada neste trabalho pode ser atribuída, em parte, pelo consumo dos tecidos e para auxiliar na síntese do glicogênio hepático e muscular, como sugerido por Vieira et al. (2006). Níveis circulatórios de cortisol e glicose são usados frequentemente como medidas da resposta ao estresse primário e secundário em peixes (Wendelaar Bonga, 1997).

Os níveis de glicose após 24 horas de depuração observados neste trabalho ($56,51 \pm 14,99$ mg/dL) estão próximos ao nível basal ($55,0$ mg/100 mL) encontrado por Fagundes e Urbinati para pintados *Pseudoplatystoma corruscans*.

Quando Fagundes (2009) submeteu pintados *Pseudoplatystoma corruscans* a um transporte por 12 horas, observou que nos tempos em que a glicose foi aferida (0, 24, 48, 76 e 96) horas após o transporte, o tempo de 0 hora foi o que apresentou níveis mais elevados de

glicose plasmática, reduzindo após 24 horas (permanecendo semelhante em 48, 76 e 96 horas, incluindo controle). Isso mostra que o tempo de 24 horas é suficiente para que a glicose retorne aos níveis basais.

O cortisol, principal corticosteróide em peixes, é considerado um bom indicador para avaliação de estresse primário. O manejo de captura e transporte não foi suficiente para elevar os níveis de cortisol plasmático dos peixes (Figura 1B). Da mesma forma que foi encontrado neste trabalho, Fagundes (2009) verificou que pintados *Pseudolatystoma corruscans* submetidos a um transporte por 12 horas, em sistema fechado, não apresentaram elevação significativa nos níveis de cortisol.

A liberação de cortisol não deve necessariamente estar relacionada à de glicose, uma vez que a primeira ocorre pela atividade das células interrenais, além do estímulo pelo cortisol, e se dá também graças à ação de catecolaminas liberadas pela estimulação das células cromafin. Mesmo com a liberação do cortisol bloqueada, houve um aumento da glicemia, e possivelmente deve ter ocorrido por meio da estimulação pela via das catecolaminas.

Fagundes & Urbinati (2008) observaram que em pintado *Pseudoplatystoma corruscans* submetidos a captura, perseguição e exposição ao ar por três minutos, a variável cortisol atingiu um pico em 30 minutos após o estresse de captura e reduziu aos valores de repouso dentro de 60 minutos, enquanto que o pico de glicose nos 30 minutos se manteve até 24 horas após a captura. Quando os surubins foram submetidos ao transporte de 12 horas, os níveis de cortisol foram semelhantes entre os tempos mensurados, sendo diferente apenas após 48 h comparado com o grupo controle. Já a glicose reduziu significativamente após 12 horas e se manteve entre 68,3 mg/100 mL e 89,8 mg/100mL até 48 h.

Os valores de glicogênio do fígado não apresentaram diferença ($P>0,05$) entre os tempos de depuração, possivelmente porque o manejo pré-abate de captura e transporte não foi suficiente para provocar mobilização nesse tecido (Figura 2A). Os tempos foram

respectivamente de $35,00 \pm 7,89$; $44,93 \pm 2,13$; $41,79 \pm 2,98$; $36,68 \pm 2,41$ e $21,43 \pm 1,24$ para o tempo de depuração 0, 2, 4, 8 e 24 horas. Já o glicogênio muscular apresentou diferença ($P < 0,05$). Os animais que permaneceram por mais tempo nos tanques de depuração (4, 8 e 24 horas) apresentaram menores valores de glicogênio muscular ($1,12 \pm 0,17$; $1,32 \pm 0,11$; $0,88 \pm 0,15$) (Figura 2B), que possivelmente foi mobilizado pelo maior período de jejum. Ou ainda o alto valor de glicogênio muscular nos tempo 0 ($1,71 \pm 0,29$) e 2 horas ($1,40 \pm 0,13$) de depuração, pode ser justificado pelos altos valores de glicose.

Com a morte do animal, o glicogênio na musculatura é hidrolisado em glicose, que serve como substrato para a formação de ácido láctico. O acúmulo de ácido láctico leva ao abaixamento do pH na musculatura dos peixes, retardando o desenvolvimento de bactérias e aumentando a vida útil do produto armazenado. Sob condições de estresse, ocorre uma redução nas reservas de glicogênio dos peixes e, conseqüentemente, menor acúmulo de ácido láctico na musculatura. Isto deixa o pH da carne mais próximo da neutralidade, acelerando a ação de enzimas musculares (auto-hidrólise), o desenvolvimento de bactérias e a conseqüente degradação da carne (Kubitza et al., 1999), fato observado no tempo de depuração 4 horas.

No estresse *perimortem* pode levar a uma situação de pânico, medo e fuga fazendo com que os peixes utilizem suas reservas energéticas, diminuindo os teores de glicose e ATP *post mortem* e, conseqüentemente, encurtando o tempo de *rigor mortis* e reduzindo o pH muscular (Rahmanifarah et al., 2011; Viegas et al., 2012).

O pH do músculo do pescado, de uma maneira geral, começa a decrescer em pH 7,0 durante o processo de *rigor mortis*, acidificando entre 1 e 7 horas, sendo mais rápido que nos mamíferos, e o pH final varia de 6,2 a 6,5. No presente estudo, o pH final dos filés ficaram em $6,18 \pm 0,03$, $6,17 \pm 0,02$, $6,27 \pm 0,04$, $6,40 \pm 0,05$ e $6,27 \pm 0,04$ para os tempos 0, 2, 4, 8 e 24 horas de depuração, respectivamente (Figura 3).

Nos tempos de depuração 8 e 24 horas, o pH inicial *post mortem* foi mais elevado se comparado aos outros tempos de depuração, sendo de $7,09 \pm 0,04$ e $6,18 \pm 0,03$, respectivamente. No tempo de depuração 0, onde os animais não descansaram, o pH inicial, foi o mais baixo ($6,29 \pm 0,03$). Esse fato pode ter ocorrido possivelmente devido ao menor tempo de descanso imposto aos animais após o pré-abate, provocando alterações metabólicas, sem tempo suficiente para a recuperação da homeostase muscular. Valores iniciais baixos de pH *post mortem* estão associados ao alto estresse *ante mortem*.

Tem-se verificado que, o estresse e ou exercício antes do abate de peixes pode resultar em uma diminuição mais rápida no pH do músculo, acompanhado por um início mais rápido do *rigor mortis* (Digre et al., 2010; Erikson et al., 2011). Tal fato pode ter ocorrido no presente estudo, uma vez que, os animais que permaneceram por menor tempo nos tanques de depuração, iniciaram o *rigor mortis* com pH muscular mais baixo do que quando comparado aos animais que permaneceram por maior tempo na depuração.

Foram encontradas diferença estatística ($P < 0,05$) para o índice de *rigor mortis* entre os tempos de depuração testados no pré-abate (Figura 4). Com 2,5 horas após o abate, apenas o tempo de depuração 4 horas não apresentou IR entre 97 e 99%, ficando em 94%. Isso mostra que os peixes submetidos aos tempos de depuração 0, 2, 8 e 24 horas entraram em *rigor mortis* primeiro que o tempo de depuração 4 horas. Após 3,0 horas ao abate todos os peixes (dos diferentes tempo de depuração) apresentaram IR de 100%.

Almeida et al. (2005) observaram que tambaquis abatidos por asfixia entre camadas de gelo iniciaram a instalação do rigor 20 minutos após o abate, e aos 30 minutos apresentavam com 99,4 % de rigor. Vargas (2011) observou que matrinxãs abatidos de diferentes formas (choque térmico, eletronarcose e asfixia), levam 1,5 horas para atingir os mesmo 99,4% de instalação total do fenômeno de *rigor mortis*.

O *rigor mortis* pré-determina a vida de prateleira do peixe fresco. Quando é prolongado no tempo, por meio de um atraso no seu início retarda a multiplicação de bactérias do peixe. Animais que se esforçam antes e durante o abate entram em *rigor mortis* mais rapidamente afetando a qualidade do pescado e diminuindo a vida de prateleira.

Os valores encontrados para CRA não diferiram ($P>0,05$) estatisticamente entre os diferentes tempos de depuração no pré-abate dos surubins (Tabela 3). Os valores encontrados no presente estudo, independente do tratamento, mostraram-se dentro dos valores obtidos por Lara et al. (2010) na determinação da capacidade de retenção de água em filés de pintado *Pseudoplatystoma corruscans* obtidos no rio Paraguai (Corumbá-MS), cujos valores CRA foram de 53,94 (mínimo) e 62,53 (máximo).

A CRA corresponde a habilidade da carne para reter a água durante a aplicação de forças externas, tais como corte, aquecimento, trituração ou prensagem (Fernandes de Sá, 2004). E essa habilidade é importante tanto do ponto de vista comercial quanto do consumidor (Lakshmanan et al., 2007). Valores baixos de CRA da carne implicam em perdas do valor nutritivo pelo exudato liberado, resultando em carne mais seca e com menor maciez e Segundo Pinheiro et al. (2010) o inverso acontece com carnes que apresentam valores elevados de CRA.

A ausência de diferença significativa na CRA pode indicar que apesar da diferença das curvas de queda do pH observadas nos diferentes tratamentos, esta não foi suficiente para desnaturar as proteínas musculares a ponto destas alterarem a propriedade intrínseca de reter água dos filés.

O IFM reflete a intensidade da proteólise das miofibrilas e está relacionado com a textura da carne. Os diferentes tempos de depuração não influenciaram o IFM dos filés de surubins, de acordo com os valores encontrados, os filés apresentaram uma carne considerada muito macia na classificação de Culler et al. (1978), no qual valores iguais ou maiores que 60 atribui-se uma carne muito macia, valores de 50 até 60 uma carne com maciez moderada e

valores abaixo de 50 uma carne pouco macia. A classificação de Culler et al. (1978) foi imposta para bovinos, no entanto pela ausência de uma classificação para peixes é utilizada como referência em muitos estudos.

Em músculos de tamanho insuficiente para a determinação de valores da força de cisalhamento ou análise sensorial, o índice de fragmentação miofibrilar torna-se uma ferramenta muito útil como indicador de maciez da carne (Veiseth, 2001).

Lara et al. (2010), estudando filés de pintado *Pseudoplatystoma corruscans* obtidos no rio Paraguai (Corumbá-MS), obtiveram valores de índice de fragmentação miofibrilar (IFM) de $41,90 \pm 5,50$, valores nos quais segundo a classificação de Culler (1978) caracterizam uma carne pouca macia, provavelmente pela. Apesar dos valores deste trabalho serem superiores aos obtidos por Lara et al. (2010), o pescado que esses autores estudaram são os mesmos que os pescadores ribeirinhos comercializam e apresentam ótima aceitação pelo mercado consumidor.

Para a variável Cor (L^*) foram encontrados diferença significativa entre os tempos de depuração, onde o valor L^* do tempo de depuração 24 horas foi significativamente inferior aos outros tempos (Tabela 4). A variável cor (L^*) representa a luminosidade e os altos valores observados nos tempos de depuração 0, 2, 4 e 8 horas, pode ser causado por uma diminuição do nível de proteínas musculares solúveis na carne de animais que se movimentaram mais no manejo pré-abate, quando comparado com animais que puderam descansar após o manejo. Ocorre desnaturação de proteínas, tornando-as insolúveis, o que pode também causar perda de água da carne, que resulta em alterações na reflexão da luz a partir da superfície com consequentes alterações na luminosidade, na matiz e croma. O nível mais elevado de proteína insolúvel é causado pela rápida queda do pH *post mortem* (Warriss, 1996).

O valor da Cor a^* dos filés de peixes que não descansaram (depuração 0) foi menor e estatisticamente diferente dos demais tempos de depuração. Todos os valores apresentaram-se negativos, mostrando que a carne de peixe tende mais ao verde do que ao vermelho. A variável

b*($P > 0,05$) apresentou valores que variaram entre $8,75 \pm 0,31$ e $9,96 \pm 0,36$, valores que tendem a coloração amarela.

Cacharas com nove meses de idade produzidos em tanques-rede no rio Paraguai, apresentam valores médio de Cor L* de $65,96 \pm 2,05$, Cor a* de $-0,57 \pm 1,20$ e Cor b* de $4,32 \pm 2,28$ (Garbelini et al., 2010) e enquanto que Lara et al. (2010) obtiveram valores para Cor L* de $58,97 \pm 4,79$ para pintados *Pseudoplatystoma corruscans* obtidos no Rio Paraguai. Os valores de L* são superiores aos encontrados neste trabalho, além do peixe não ser o mesmo, segundo Hallier et al. (2007), as diferentes condições de produção também podem provocar alterações na cor do produto dos pescados. O valor negativo de a* observado pelos autores confirmam que a carne dos surubins, de uma maneira geral tende mais ao verde do que ao vermelho. Já os valores de b* (positivos) são inferiores aos do nosso trabalho.

O músculo do pescado pode conter entre 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteína, 1 a 2% de cinzas, 0,3 a 1,0 de carboidrato e 0,6 a 36% de lipídeos, sendo que este último apresenta uma maior variação em função do tipo de músculo em uma mesma espécie, além disso, os fatores sexo, idade, época de reprodução também diferenciam a porcentagem de lipídeos (Ogawa, 1999).

Em relação a composição química do surubim híbrido estudado neste trabalho, foi verificado que as variáveis estão dentro dos padrões comercializados no mercado, sendo que os valores médios de umidade e cinzas foram respectivamente de $76,98 \pm 0,99\%$ e $5,10 \pm 0,23\%$. Os valores de PB e EE foram respectivamente de $20,10 \pm 1,02\%$ e $2,11 \pm 1,17\%$.

Burkert et al. (2008) estudando o rendimento e composição química do surubim produzidos em tanque-rede, encontraram valores para filés de peixes com peso médio entre 1.280 e 1.340 g, de $64,83 \pm 2,35$ (%) de umidade, $20,63 \pm 1,98$ (%) de proteína bruta, $1,64 \pm 0,84$ (%) de extrato etéreo e $1,81 \pm 0,11$ (%) de cinzas.

O conhecimento da composição química dos pescados é de fundamental importância para a padronização dos produtos alimentares na base de critérios nutricionais, pois fornece subsídios para decisões de caráter dietário, acompanhamento de processos industriais e seleção de equipamentos para otimização econômico-tecnológica (Contreras-Guzmán, 1994).

Conclusões

1. O manejo de captura e transporte no pré-abate influencia na qualidade e propriedade da carne de surubins *Pseudoplatystoma* spp., promove mudança na coloração do filé e alteração no estabelecimento *rigor mortis*.

2. Peixes depurados por 4 horas, demoram mais para entrar em *rigor mortis*.

3. Independente do tempo de depuração, os aspectos relacionados a propriedades e qualidade de carnes apresentam-se dentro dos padrões comercializados no mercado.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Profa. Dra. Margarete de Castro e ao técnico José Roberto pela realização das análises de cortisol plasmático, no Laboratório de Endocrinologia do Hospital das clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Referências

- ALMEIDA, N.M.; BATISTA, M.K.; VAL, A.L.; LESSI, E. Determinação do índice de *rigor mortis* e sua relação com a degradação dos nucleotídeos em tambaqui (*Colossoma macropomum*), de piscicultura e conservação em gelo. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.698-704, 2005.
- BENFEY, T.J.; BIRON, M. Acute stress response in triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). **Aquaculture**, v.184, p.167-176, 2000.
- BIDINOTTO, P. M.; SOUZA, R.H.S.; MORAES, G. Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinants of microsamples. **Boletim Técnico do CEPTA**, v.10, p.53-60, 1997.
- BITO, M.; YAMANADA, K.; MIKUMO, Y.; AMANO, K. Studies on *rigor mortis* of fish. I. Difference in the mode of *rigor mortis* among some varieties of fish by modified cutting methods. Bulletin Tookai Reg. **Fish Research Laboratory**, v.109, p.89-96, 1983.
- BURKERT, D.; ANDRADE, D.R.; SIROL, R.N.; SALARO, A.L.; RASGUIDO, J.E.A.; QUIRINO, C.R. Rendimentos do processamento e composição química de filés de surubim cultivado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1137-1143, 2008.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409p.
- CULLER R.D.; PARRISH, F.C.; SMITH, G.C. CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.
- DIGRE, H.; ERIKSON, U.; MISIMI, E.; LAMBOOIJ, B.; VAN DE VIS, 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.
- DUBOIS, M. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-358, 1956.
- ERIKSON, U. Assessment of different stunning methods and recovery of farmed Atlantic salmon: Isoeugenol, nitrogen, and three levels of carbon dioxide. **Animal Welfare**, v.20, p.365-375, 2011.
- FAGUNDES, M. **Estudos fisiológicos e metabólicos do estresse de manejo do pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*)**. 2009. 143f. Tese de Doutorado (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista – Unesp. Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal, 2009.
- FAGUNDES, M.; URBINATI, E.C. Stress in pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) during farming procedures. **Aquaculture**, v.276, p.112-119, 2008.
- FERNANDES DE SÁ, E.M. A influência da água nas propriedades da carne. **Revista Nacional da Carne**, n.325, p.51-54, 2004.
- GARBELINI, J.S.; DELBEM, A.C.B.; NASCIMENTO, F.L. LARA, J.A.F.; ASSIS, T.C. Atributos de qualidade em filés de cachara produzidos em tanques-rede no rio Paraguai (Ladário-MS). In: SIMPAM, 5., 2010, Corumbá. **Anais...Corumbá: Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômico do pantanal**, [2010]. (CD-ROM).
- 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.

- 743 KUBITZA, F. Off-flavor”, nutrição, manejo alimentar e manuseio pré-abate afetam a
744 qualidade do peixe destinado à mesa. **Panorama da Aqüicultura**, v.9, n.54, p.30-40, 1999.
- 745 KUBITZA, F.; CAMPOS, J.L.; BRUM, J.A. SURUBIM: A produção intensiva de surubins
746 no Projeto Pacu Ltda. e Agropeixe Ltda. **Panorama da Aqüicultura**, v.8, n.49, p.41-50,
747 1998.
- 748 LAKSHMANAN, R.; PARKINSON, J.A.; PIGGOTT, J. R. High-pressure processing and
749 water-holding capacity of fresh and cold-smoked salmon (*Salmo salar*). **LWT-Lebensmittel**
750 **Wissenschaft und Technologie**, v.40, p.544-551, 2007.
- 751 LANARA. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Portaria n. 001/81 de 07 de outubro de
752 1981. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos Analíticos, Oficiais para**
753 **Controle de Produtos de Origem Animal e seus Ingredientes**. Brasília, DF, 1981.
- 754 LARA, J.A.F.; GARBELINI, J.S.; DELBEM, A.C.B. Determinação da capacidade de
755 retenção de água em filés de pintado obtidos no rio Paraguai (Corumbá-MS). In: SIMPAM,
756 5., 2010, Corumbá. **Anais...Corumbá: Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômico do**
757 **pantanal**, [2010]. (CD-ROM).
- 758 LUPATSCH, I.; SANTOS, G.A.; SCHRAMA, J.W.; VERRETH, J.A.J. Effect of stocking
759 density and feeding level on energy expenditure and stress responsiveness in European sea
760 bass *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, v.298, p.245-250, 2010.
- 761 MORKORE, T. Relevance of dietary oil source for contraction and quality of pre-rigor
762 filleted Atlantic cod, *Gadus morhua*. **Aquaculture**, v.251, p.56-65, 2006.
- 763 NAKAMURA, M.; KATOH, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit
764 meat. **Bulletin of Ishikawa Prefecture College of Agriculture**, v.11, p.45-49, 1985.
- 765 OGAWA, M. Química do pescado. In: Ogawa, M; Maia, E.L. (Org.). **Manual de Pesca -**
766 **Ciência e Tecnologia do Pescado**. 1 ed. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1999. p. 27-48.
- 767 PINHEIRO, R.S.B.; JORGE, A.M.; SOUZA, H.B.A.; BOIAGO, M.M. Coloração da gordura
768 e qualidade da carne de ovelhas de descarte abatidas em distintos estágios fisiológicos.
769 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.2, p.468-474, 2010.
- 770 RAHMANIFARAH, K.; SHABANPOUR, B.; SATTARI, A. Effects of clove oil on behavior
771 and flesh quality of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in comparison with pre-slaughter CO2
772 stunning, chilling and asphyxia. **Journal of Fish Aquaculture Science**, v.11, p.139-147, 2011.
- 773 TRINDER, P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative
774 oxygen acceptor. **Annals of Clinical Biochemistry**, v.6, p.24-27, 1969.
- 775 VARGAS, S.C. **Avaliação de métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã**
776 **(*Brycon cephalus*), armazenados em gelo**. 2011. 87f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)
777 – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo,
778 Pirassununga, 2011.
- 779 VEISETH, E.; SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAI, M. Technical
780 note: comparison of myofibril fragmentation index from fresh and frozen pork and lamb
781 *longissimus*. **Journal of Animal Science**, v.79, p.904-906, 2001.
- 782 VIEGAS, E.M.M.; PIMENTA, F.A.; PREVIERO, T.C.; GONÇALVES, L.U.; DURÃES,
783 J.P.; RIBEIRO, M.A.R.; OLIVEIRA FILHO, P.R.C. Métodos de abate e qualidade da carne
784 de peixe, **Archivos de Zootecnia**, v.61, p.41-50, 2012.
- 785 VIEIRA, V.L.P.; RADÜNZ NETO, J.; LOPES, P.R.S.; LAZZARI, R.; FONSECA, M.B.;
786 MENEZES, C.C. Alterações metabólicas e hematológicas em jundiás (*Rhamdia quelen*)

- 787 alimentados com rações contendo aflatoxinas. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.1, p.49-55,
788 2006.
- 789 WARRISS, P.D. Instrumental Measurement of Colour. In: TAYLOR, S.A.; RAIMUNDO,
790 A.; SEVERINI, M.; SMULDERS, F.J.M. Eds. **Meat Quality and Meat Packaging**.
791 ECCEAMST, Utrecht, The Netherlands, 1996. p. 221–231.
- 792 WENDERLAAR BONGA, S.E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v.77,
793 n.3, p.591-625, 1997.
- 794

Tabelas e Figuras

Tabela 1. Valores médios do pH ($\pm$ desvio padrão) de filés de surubins *Pseudoplatystoma* spp. mensurados imediatamente após o abate e 1, 2, 3 e 24 horas após o abate nos diferentes tempo de depuração

pH	Tempo de Depuração (horas)				
	0	2	4	8	24
0 hora	6,29 $\pm$ 0,03 ^d	6,46 $\pm$ 0,03 ^c	6,46 $\pm$ 0,03 ^c	7,09 $\pm$ 0,04 ^a	6,18 $\pm$ 0,03 ^b
1 hora	6,21 $\pm$ 0,03 ^d	6,40 $\pm$ 0,03 ^c	6,36 $\pm$ 0,03 ^c	7,02 $\pm$ 0,03 ^a	6,17 $\pm$ 0,02 ^b
2 horas	6,24 $\pm$ 0,02 ^c	6,41 $\pm$ 0,03 ^b	6,35 $\pm$ 0,02 ^b	6,77 $\pm$ 0,03 ^a	6,27 $\pm$ 0,04 ^a
3 horas	6,30 $\pm$ 0,02 ^c	6,33 $\pm$ 0,03 ^c	6,34 $\pm$ 0,02 ^c	6,75 $\pm$ 0,06 ^a	6,40 $\pm$ 0,05 ^b
24 horas	6,18 $\pm$ 0,03 ^b	6,34 $\pm$ 0,02 ^b	6,27 $\pm$ 0,04 ^b	6,07 $\pm$ 0,03 ^a	6,27 $\pm$ 0,04 ^b

*Letras diferentes na mesma linha se diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. TD- Tempo de depuração.

Tabela 2. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do Índice de *Rigor mortis* (IR) em exemplares de surubins *Pseudoplatystoma* spp. mensurados imediatamente após o abate e posteriormente a cada 30 minutos por 4 horas após o abate nos diferentes tempo de depuração

	IR- Índice de <i>Rigor Mortis</i>				
	Tempo de Depuração (horas)				
	0	2	4	8	24
0 hora	77,11 $\pm$ 3,21	79,66 $\pm$ 10,06	85,67 $\pm$ 4,20	83,63 $\pm$ 1,85	89,10 $\pm$ 5,60
0,5 horas	90,09 $\pm$ 2,98	85,25 $\pm$ 13,57	90,60 $\pm$ 1,99	92,36 $\pm$ 1,34	93,11 $\pm$ 1,37
1 hora	95,81 $\pm$ 3,13	88,22 $\pm$ 12,57	92,49 $\pm$ 2,93	94,16 $\pm$ 0,80	95,09 $\pm$ 3,63
1,5 horas	95,38 $\pm$ 2,23	88,38 $\pm$ 12,66	93,34 $\pm$ 1,82	95,87 $\pm$ 1,60	97,51 $\pm$ 2,85
2,0 horas	96,59 $\pm$ 1,13	90,01 $\pm$ 14,04	93,04 $\pm$ 2,50	95,39 $\pm$ 3,51	102,33 $\pm$ 1,82
2,5 horas	98,67 $\pm$ 1,40 ^a	98,90 $\pm$ 11,05 ^a	94,02 $\pm$ 3,22 ^b	97,93 $\pm$ 1,31 ^a	99,47 $\pm$ 1,21 ^a
3,0 horas	98,67 $\pm$ 1,40	98,99 $\pm$ 0,81	97,26 $\pm$ 1,72	98,71 $\pm$ 0,96	98,35 $\pm$ 1,17
3,5 horas	99,90 $\pm$ 2,05	98,90 $\pm$ 0,45	98,25 $\pm$ 0,64	98,83 $\pm$ 0,77	98,55 $\pm$ 3,86
4,0 horas	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00

*Letras diferentes na mesma linha se diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste Scott-Knott. TD- Tempo de depuração.

Tabela 3. Valores médios $\pm$ erro padrão das variáveis, capacidade de retenção de água (CRA) e índice de fragmentação miofibrilar (IFM) de filés de *Pseudoplatystoma* spp. submetidos a diferentes tempos de depuração no pré-abate

Tratamentos	Variáveis	
	IFM ^{ns}	CRA ^{ns}
TD - 0 h	67,27 $\pm$ 3,63	59,95 $\pm$ 0,48
TD - 2 h	67,15 $\pm$ 1,62	60,37 $\pm$ 0,69
TD - 4 h	75,80 $\pm$ 2,44	61,99 $\pm$ 0,78
TD - 8 h	76,74 $\pm$ 5,71	62,01 $\pm$ 0,58
TD - 24 h	71,69 $\pm$ 3,79	60,62 $\pm$ 0,80

ns = não significativo ao teste de Tukey ($P > 0,05$). TD- Tempo de depuração.

Tabela 4. Valores médios $\pm$ erro padrão das variáveis Cor (L*, a*, b*) de surubins *Pseudoplatystoma* spp. submetidos a diferentes tempos de depuração no pré-abate

Tratamentos	Variáveis		
	Cor (L*) [*]	Cor (a*) [*]	Cor (b*) ^{ns}
TD - 0 h	49,58 $\pm$ 0,41 ^b	-9,00 $\pm$ 0,35 ^b	9,96 $\pm$ 0,36
TD - 2 h	51,91 $\pm$ 0,56 ^a	-10,50 $\pm$ 0,22 ^a	9,20 $\pm$ 0,34
TD - 4 h	50,15 $\pm$ 0,56 ^b	-10,04 $\pm$ 0,16 ^a	9,65 $\pm$ 0,25
TD - 8 h	49,22 $\pm$ 0,85 ^b	-10,28 $\pm$ 0,20 ^a	9,16 $\pm$ 0,30
TD - 24 h	46,87 $\pm$ 0,41 ^c	-9,73 $\pm$ 0,25 ^a	8,75 $\pm$ 0,31

*Letras diferentes na mesma coluna se diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Kruskal Wallis. TD- Tempo de depuração. ns = Não significativo.

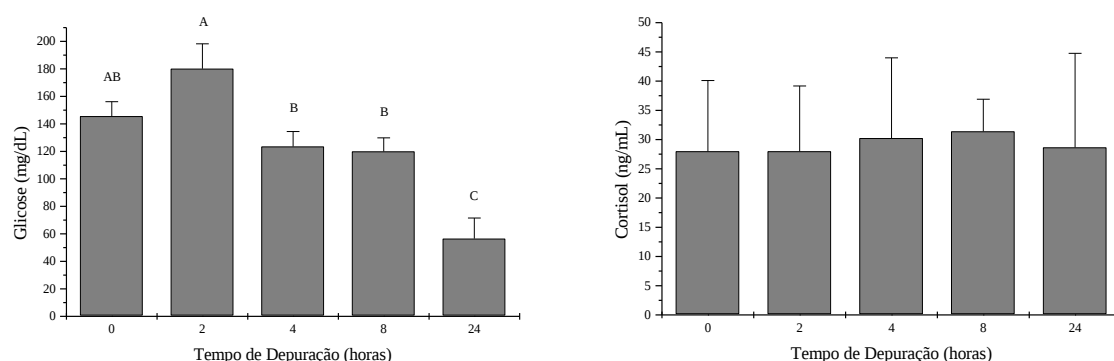
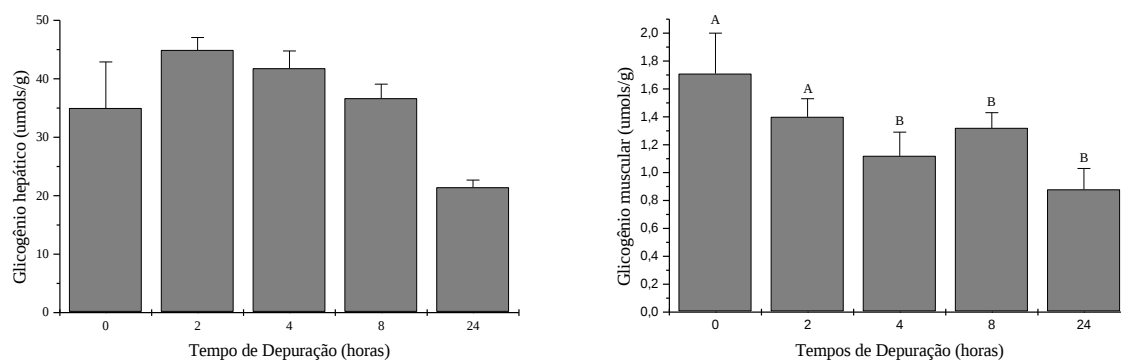


Figura 1. (A) Valores médios ($\pm$ erro padrão) de glicose plasmática (mg/dL) e (B) de cortisol (ng/mL) de surubins *Pseudoplatystoma* spp. submetidos a diferentes tempos de depuração no

pré-abate. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey a 5%.



A

B

Figura 2. (A) Valores médios ($\pm$ erro padrão) do glicogênio hepático e (B) muscular ($\mu\text{mol/g/tecido}$) de surubins *Pseudoplatystoma* spp. submetidos a diferentes tempos de depuração no pré-abate. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste Scott-Knott.

CAPÍTULO 4 - Considerações Gerais

O manejo pós captura e transporte no pré-abate dos peixes, alteram o perfil hematológico, glicogênio do fígado e músculo, eleva os níveis de glicose plasmática. No entanto, não interfere nos níveis de cortisol plasmático. Surubins abatidos até 8 horas apresentam indicativos de estresse fisiológico. A utilização da prática de depuração dos peixes diminui a concentração de glicose plasmática e o descanso posteriormente ao transporte aumenta a condição de bem estar dos peixes.

O abate imediatamente ao manejo de captura e transporte ocasiona valores baixos de pH inicial do músculo, próximos ao pH final. Valores baixos de pH indicam entrada mais acelerada no processo denominado *rigor mortis*, pois significa que o glicogênio foi insuficiente para produzir ácido láctico e baixar o pH muscular, o que proporciona alterações na propriedade e na qualidade da carne, uma vez que está relacionado com a vida de prateleira do produto. O *rigor mortis* está associado aos estágios iniciais de deterioração do pescado e peixes que entram na linha de abate estressados tendem a reduzir suas energias, e entram mais rapidamente no *rigor mortis*.

Foi verificado que peixes depurados por 24 horas apresentam filés de coloração mais escura quando comparado aos menores tempos de depuração, possivelmente porque há um maior consumo de glicogênio durante o pré-abate restando pouco para ser consumido durante a conversão do músculo em carne. Fato que proporciona menor produção de ácido láctico, o que mantém o pH muscular em níveis elevados. Essa condição de baixa acidez muscular confere carnes de coloração mais escuras.

Mais estudos sobre o tempo de depuração no pré-abate de peixes são recomendados, uma vez que o período compreendido entre o tempo de depuração oito e 24 horas apresentam um grande intervalo. Testes com 12 e 18 horas seriam interessantes, pois observa-se uma queda acentuada de glicose do tempo de depuração de oito horas para o tempo de depuração 24 horas, provavelmente não seja necessário as 24 horas de depuração, já que foram observadas alterações na cor.

Estudos relacionados com o pré-abate, envolvendo a qualidade de carne, principalmente de espécies nativas como o surubim *Pseudoplatystoma* spp. auxiliam detectar pontos críticos e de perdas econômicas consideráveis. Carnes de má

qualidade, que se deterioram com maior rapidez não são bem-vindas no mercado e acabam prejudicando a confiança entre indústria e consumidor.