

Bruna Tomazetti Michelotti

**CRIAÇÃO DE JUVENIS DE ROBALO FLECHA EM ÁGUA
DOCE COM DIFERENTES DUREZAS: AVALIAÇÃO DE
PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS E METABÓLICOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Mestre em Aqüicultura.

Orientador: Vinicius Ronzani Cerqueira

Florianópolis
2016

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.**

Michelotti, Bruna Tomazetti

Criação de juvenis de robalo-flecha em água doce com diferentes durezas: Avaliação de parâmetros zootécnicos e metabólicos / Bruna Tomazetti Michelotti ; orientador, Vinícius Ronzani Cerqueira - Florianópolis, SC, 2016.
55 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. piscicultura marinha. 3. conforto fisiológico. 4. cálcio. 5. metabolismo energético. I. Cerqueira, Vinícius Ronzani . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

Criação de juvenis de robalo-flecha em água doce com diferentes durezas: Avaliação de parâmetros zootécnicos e metabólicos

Por

BRUNA TOMAZETTI MICHELOTTI

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura.



Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:



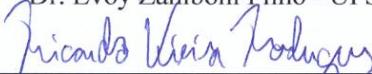
Dr. Vinícius Ronzani Cerqueira – *Orientador*



Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez - UFSC



Dr. Evoy Zaniboni Filho - UFSC



Dr. Ricardo Vieira Rodrigues - FURG

“E aqueles que foram vistos dançando
foram julgados insanos por aqueles
que não podiam escutar a música”.

Friedrich Nietzsche

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e as forças da natureza que regem nossas vidas e nos permitem o equilíbrio.

Aos meus pais Marisa e Gilmar e meu irmão Angelo por estarem sempre de acordo e apoiando a todos meus projetos e loucuras, vocês foram fundamentais para a conclusão desta etapa da minha vida.

A minha família que sempre foi meu esteio e exemplo de bondade e amor.

A todos amigos que mesmo distantes estiveram sempre presentes, vocês são a família que escolhi para minha vida. Em especial a Aline (Má) tu foste um presente que a vida me deu.

Ao meu orientador Vinicius Ronzani Cerqueira, pela oportunidade de realizar mais esse sonho e permitir essa conquista em minha vida e meu coorientador Bernardo Baldisserotto pelo apoio e ajuda que foram fundamentais para o êxito desse trabalho.

Queridos amigos do laboratório, sem vocês nada disso seria possível. Gabriel, Fábio, Manecas, Caio, Fabíola, Virginia, Pedro, Patrícia, Salete, muito obrigada pela parceria sempre, vocês são incríveis! A todos os membros do LAPMAR e colegas de pós, pela convivência, churrascos e confraternizações.

Um agradecimento a três pessoas em especial. Cristina Carvalho, quem me ensinou os primeiros passos e sempre esteve ao meu lado, muito obrigada pela sua amizade, por toda a sua dedicação e atenção comigo, você vai morar sempre no meu coração. Joseânia Salbego, tu foste fundamental nessa etapa da minha vida obrigada pela acolhida e ajuda. Daniele Ziglia, uma amiga inexplicável, companheira e sempre presente de alguma forma foi minha ancora na tempestade. Muito obrigada. Amo vocês!

À Universidade Federal de Santa Catarina e todos meus professores pelo conhecimento que transmitiram.

À Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo fornecimento da bolsa de estudo. Ao laboratório LAFIPE da Universidade Federal de Santa Maria e ao professor Ricardo Vieira Rodrigues pela parceria nas análises realizadas ao final do experimento.

E a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

Não deve conter citações. Deve usar o verbo na voz passiva. Abaixo do resumo, deve-se informar as palavras-chave (palavras ou expressões significativas retiradas do texto) ou, termos retirados de *thesaurus* da área. A adaptação de robalos a baixas salinidades e água doce vem sendo muito estudada visando incrementar seu uso em piscicultura. Entretanto, ainda não estão estabelecidos os parâmetros de água doce em que o robalo-flecha se mantém em conforto fisiológico. O cálcio é de extrema importância para processos metabólicos e de osmorregulação. Nesse contexto, a definição de um valor ótimo de dureza, baseada no nível de cálcio na água, poderia facilitar os processos fisiológicos para a adaptação de juvenis desta espécie em água doce. Em um experimento de 60 dias foram testadas as durezas de 100, 500 e 1000 mg CaCO₃ L⁻¹ e um controle com água do mar (salinidade 32). Os peixes, com peso médio inicial de 10,9 ± 1,5 g, foram mantidos em condições constantes de temperatura, pH, alcalinidade, amônia e nitrito, e alimentados quatro vezes ao dia com dieta comercial. Foram avaliados parâmetros de desempenho zootécnico (crescimento e sobrevivência) e metabólicos (glicose e lactato no sangue e em tecidos, e a osmolalidade sanguínea). Não houve mortalidade em nenhum tratamento, mas considerando os parâmetros peso, ganho de peso, taxa de crescimento específico e consumo de ração, somente o tratamento 100 mg CaCO₃ L⁻¹ não diferiu significativamente do controle, que obteve os melhores resultados. A glicose no sangue e fígado não diferiu significativamente entre os tratamentos. Entretanto, os níveis de lactato no músculo foram mais elevados em 100 e 500 mg CaCO₃ L⁻¹, e o lactato no plasma foi o mais elevado em 1000 mg CaCO₃ L⁻¹. Concluímos que, para cultivar juvenis de robalo-flecha em água doce, a dureza mais adequada está no intervalo de 100 a 500 mg CaCO₃ L⁻¹.

Palavras-chave: Aquicultura, piscicultura marinha, conforto fisiológico, cálcio, metabolismo energético.

ABSTRACT

The adaptation of bass at low salinities and freshwater has been much studied order to increase their use in fish farming. However, fresh water parameters in which the bass-arrow remains in physiological comfort are not yet established. Calcium is of utmost importance for metabolic processes and osmoregulation. In this context, the definition of a great hardness value, based on the level of calcium in the water, could facilitate the physiological processes for the adaptation of juveniles of this species in freshwater. In a 60-day experiment was tested with hardnesses of 100, 500 and 1000 mg CaCO₃ L⁻¹ and a control with sea water (salinity 35). Fish with initial average weight of 10.9 ± 1.5 g, were kept in constant conditions of temperature, pH, alkalinity, ammonia and nitrite, and fed four times a day with commercial diet. They were evaluated zootechnical performance parameters (growth and survival), and metabolic (glucose and lactate in blood and tissues, and blood osmolality). There were no deaths in either treatment, but considering the weight parameters, weight gain, specific growth rate and feed intake, only treating 100 mg CaCO₃ L⁻¹ did not differ significantly from control, which achieved the best results. The blood glucose and liver did not differ significantly between treatments. However, lactate levels were higher in the muscle at 100 to 500 CaCO₃ mg L⁻¹ and lactate in plasma was higher in 1000 CaCO₃ mg L⁻¹. We conclude that for cultivating freshwater, sea bass juveniles arrow, the most suitable hardness is in the range from 100 to 500 CaCO₃ mg L⁻¹.

Keywords: Aquaculture, marine fish farming, calcium, energy metabolism.

LISTA DE FIGURAS E LEGENDAS

- Tabela 1 – Desempenho zootécnico de juvenis de robalo-flecha cultivados por 60 dias em diferentes durezas em água doce (100, 500 e 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e água do mar. Os valores representam a média \pm d.p. N=3 Diferenças significativas entre os tratamentos são representadas por letras diferentes (a, b e c)..... 32
- Figura 1 – Valores médios (\pm e.p.) de: a) peso (g) e b) comprimento (cm), de juvenis do robalo-flecha em água doce com diferentes durezas (100, 500 e 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e em água do mar. N=3 Diferenças significativas em cada tempo amostral são representadas por letras diferentes (a, b e c). 33
- Figura 2 – Níveis médios (\pm e.p.) de: a) glicose e b) lactato, em juvenis do robalo-flecha em água doce com diferentes durezas (100, 500 e 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e em água marinha. Em músculo e fígado valores em $\mu\text{mol.g}^{-1}$, em sangue valores em $\mu\text{mol.mL}^{-1}$. N=3 Diferenças significativas em cada tempo amostral são representadas por letras diferentes (a, b e c). 34
- Figura 3 – Níveis médios (\pm e.p.) de lactato em juvenis do robalo-flecha em água doce com diferentes durezas (100, 500 e 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e em água marinha. Em músculo e fígado valores em $\mu\text{mol.g}^{-1}$, em sangue valores em $\mu\text{mol.mL}^{-1}$. N=3 Diferenças significativas em cada tempo amostral são representadas por letras diferentes (a, b e c). 35

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1. OBJETIVO GERAL	23
1.1.1 Objetivos Específicos	23
2. DESENVOLVIMENTO	23
1. Introdução	26
2. Material e métodos	29
2.1. <i>Origem dos peixes</i>	29
2.2. <i>Aclimatação</i>	29
2.3. <i>Delineamento experimental</i>	29
2.4. <i>Qualidade de água e condições experimentais</i>	30
2.5. <i>Coleta de material biológico e análises</i>	30
3. Resultados	32
3.1. <i>Performance Zootécnica</i>	32
3.2. <i>Parâmetros metabólicos</i>	34
4. Discussão	35
5. Conclusão	38
Agradecimentos	38
Referências	38
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
4. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	49

INTRODUÇÃO GERAL

Segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura atualmente o Brasil produz aproximadamente dois milhões de toneladas de pescado (levantamento preliminar do MPA 2013), sendo 40% disso cultivados. Existem mais de 3,5 milhões de hectares de lâmina d'água em reservatório de usinas hidrelétricas e propriedades particulares no interior do país, que também conta com uma extensa área de estuário marinho passível de uso sustentável para a produção em cativeiro. Em um levantamento estatístico divulgado pelo MPA em 2010 a produção da aquicultura e da piscicultura cresceu 43,8 e 60,2%, respectivamente, entre 2007 e 2009, tornando a produção de pescado a que mais cresceu no mercado nacional de carnes no período. Todos esses resultados demonstram que o país tem condições extremamente favoráveis para desenvolver a sua produção em aquicultura e piscicultura marinha. A aquicultura é o setor de produtos alimentares animais que mais cresce no mundo, e dentro disso a piscicultura marinha é um dos sistemas que apresenta as mais altas taxas de crescimento (FAO, 2013). Apesar disso, a piscicultura marinha não consta nas estatísticas de produção de pescado do Brasil, salvo alguns produtores de peixes ornamentais (MPA, 2013). Levando em consideração os programas de pesquisa solidamente estabelecidos, o robalo-peva (*Centropomus parallelus*) e o linguado (*Paralichthys orbignyanus*) vêm sendo sistematicamente estudados (BIANCHINI et al., 2005 ; CERQUEIRA, 2010). Outras espécies vêm sendo exploradas como potenciais a produção. Dentre estas temos as tainhas (*Mugil liza* e *Mugil platanus*), os lutjanídeos (*Lutjanus analis* e *Lutjanus synagris*), a garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*), o robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*), o pampo (*Trachinotus marginatus*), o peixe-rei (*Odonthestes argentinensis*) e, mais recentemente, o beijupirá (*Rachycentron canadum*) (CAVALLI et al., 2011).

O laboratório de piscicultura marinha da Universidade Federal de Santa Catarina realiza parte considerável de suas pesquisas com o gênero *Centropomus*, estudando o robalo-peva *C. parallelus* e o robalo-flecha *C. undecimalis* (ALVAREZ-LAJONCHÈRE et al., 2002; ALVAREZ-LAJONCHÈRE et al., 2004; BARBUIO, 1999; CERQUEIRA, 2003; CERQUEIRA et al., 1995; CERQUEIRA et al., 2005; FERRAZ et al., 2002; PASSINI, 2013; REIS e SOUZA-FILHO et al., 2003; SOLIGO et al., 2008).

Os robalos, como são conhecidos coloquialmente os membros da família Centropomidae, foram classificados no gênero *Centropomus*

(NELSON, 2006). De acordo com Rivas (1986) e Nelson (2006), os *Centropomus* têm sido descritos como um grupo compacto e homogêneo de peixes, grande parte de sua vida ocorre nos mares e um pequeno período em água doce. Portanto, têm um alto grau de diferenciação, se comparado a membros de outras famílias de peixes marinhos. As espécies dessa família apresentam um bom potencial para o cultivo por se adaptarem bem às condições de cativeiro e aceitam dietas artificiais. Eles são também rústicos e toleram bem variações dos parâmetros físico-químicos da água (CHAPMAN et al, 1982; TUCKER, 1987). Em geral, todas as espécies de robalo são consideradas de alto valor econômico, principalmente devido ao sabor da carne e seu tamanho na idade adulta (PERERA-GARCÍA et al. 2008; TRINGALI et al. 1999; TUCKER 1987).

O robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) é um teleósteo piscívoro ativo encontrado em águas quentes, mais comumente encontrado em baías e estuários marinhos, mas também ocorre em uma variedade de outros habitats que vão desde entradas para água doce a recifes de corais. É encontrado na América do Norte e América do Sul, distribuído desde a Florida, USA (28°N) até Florianópolis, Brasil (28°S). É um peixe diádromo, estenotérmico, eurialino (HOWELLS et al., 1990) e hermafrodita protândrico (TAYLOR et al., 2000).

O sucesso do estabelecimento de uma espécie aquática em um determinado habitat depende da capacidade de cada estágio de desenvolvimento para lidar com as mudanças de salinidade através da osmorregulação (VARSAMOS e NEBEL, 2005). A salinidade é um dos fatores mais importantes para determinar a distribuição do robalo-flecha porque os adultos reproduzem em águas oceânicas e os juvenis migram para águas de baixa salinidade para continuar o seu crescimento. Quando os juvenis atingem uma certa idade, eles se movem para o mar, onde se juntam à população reprodutora (GILMORE et al., 1983; SHAFLAND e KOEHL, 1979).

As características de uma determinada água que servem para caracterizá-la como sendo de boa qualidade são diretamente dependentes do uso a que se destina. A alteração iônica da água pode reduzir a sobrevivência e o crescimento dos peixes. Por outro lado, a escolha de águas com concentrações iônicas adequadas pode melhorar as condições de cultivo (BALDISSEROTTO, 2013)

Alcalinidade da água é a medida da sua capacidade para neutralizar ácidos (SAWYER e MCCARTY, 1978). É uma medida da quantidade de ácido (íon hidrogênio) que a água pode absorver antes de atingir um pH designado. A acidificação da água pode ocorrer em locais

onde o solo contém cátions de ácidos, tais como alumínio ou sulfureto de ferro, que sob condições aeróbicas formam ácido sulfúrico (ZWEIG et al., 1999); em locais com poluição atmosférica (chuva ácida) (WOOD, 2001), ou devido à presença de ácidos húmicos e fúlvicos formados no solo através da decomposição da matéria orgânica, como em águas negras amazônicas (MATSUO e VAL, 2003). Águas alcalinas podem ser resultado da erosão de solos com elevados níveis de bicarbonato e de carbonato e de operações de calagem (WOOD, 2001).

Segundo Vinatea (2010), os bicarbonatos (HCO_3^-) representam a maior parte da alcalinidade, já que os mesmos são formados em grandes quantidades pela reação do dióxido de carbono (CO_2) com materiais básicos presentes no solo. Ainda que diversos materiais possam contribuir com a alcalinidade da água, a sua maior parte deve-se aos hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos. Para fins práticos a alcalinidade devida a outros materiais é insignificante e pode ser desconsiderada.

Alcalinidade e dureza são facilmente confundidas pelo fato de serem expressas pela mesma medida, CaCO_3 em mg/L. Entretanto a dureza da água é determinada pelo conteúdo de sais de cálcio e magnésio, estreitamente ligados a íons carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato, e com íons sulfato, cloretos e outros ânions de acidez mineral (WETZEL, 1975). As águas podem ser classificadas quanto ao seu tipo de dureza sendo branda ou mole ($0-75 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$), moderadamente dura ($75-100 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$), dura ($150-300 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e extremamente dura (maior que $300 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) (VINATEA, 2010). Se a alcalinidade total e a dureza total são iguais, o cálcio e o magnésio podem encontrar-se completamente associados com os íons bicarbonato e carbonato. Entretanto, quando a alcalinidade total da água excede sua dureza total, parte do bicarbonato e do carbonato irão associar-se ao potássio e ao sódio e não somente com o cálcio e magnésio. No caso de a dureza total ser muito maior do que a alcalinidade total, parte do cálcio e do magnésio irá se associar com íons sulfato, cloreto, silicato ou nitrato e não somente com bicarbonato e carbonato (VINATEA, 2010).

Dureza de carbonato de cálcio é um termo geral que indica a quantidade total de sais divalentes presentes e não identifica especificamente se o cálcio, magnésio e/ou algum outro sal divalente está causando a dureza da água. A dureza pode ser uma mistura de sais divalentes. Em teoria, é possível ter água com elevada dureza que não contém cálcio, mas este é considerado um sal bivalente de significativa importância na qualidade da água, para piscicultura.

Águas moles têm um baixo teor de sais, principalmente Ca^{2+} e Mg^{2+} , mas se o solo contém calcário, a água pode dissolver grandes

quantidades destes sais e é então chamada de água dura (BALDISSEROTTO, 2013). O cálcio é importante para a regulação de íons em peixes de água doce, porque influencia a permeabilidade das membranas biológicas, impedindo a elevada perda iônica para o meio. É também essencial para processos biológicos, tais como a construção dos ossos, coagulação do sangue, e outras funções celulares (FLIK et al., 1995). Peixes em água doce captam Ca^{2+} predominantemente através das brânquias e mesmo naqueles alimentados com dietas deficientes, o crescimento se mantém se houver íons suficientes disponíveis na água para absorção (FLIK e VERBOST, 1995). No entanto, em ambientes aquáticos com baixa concentração de Ca^{2+} , a contribuição relativa do alimento em íons de cálcio aumenta como um mecanismo compensatório (STEFFENS, 1997).

A água do mar é uma solução salina concentrada, e em muitas partes do oceano ela é homogênea, tendo uma concentração uniforme. Sua força iônica é relativamente constante tendo Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- e SO_4^{2-} como os íons predominantes (IRGOLIC e MARTELL, 1985). Devido à alta concentração de Ca^{2+} , aproximadamente $10,23 \text{ mMol L}^{-1}$, tem elevada dureza, em média $6.600 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (VINATEA, 2010; BALDISSEROTTO, 2013). A maioria dos 92 elementos químicos naturais estão presentes na água do mar de maneira ionizada ou combinada, ou ainda, como partículas em suspensão ou na forma coloidal, influenciando de forma indireta na alcalinidade. A importância de cada um dos elementos depende de sua interação para a formação de substâncias essenciais para a vida (BROWN et al., 1995).

Peixes teleósteos eurialinos, como o robalo-flecha, são capazes de manter relativamente constante a osmolalidade e a composição iônica de seus fluídos internos, independentemente da composição do meio externo, através de processos regulatórios (NORDLIE, 2009), processos esses complicados e sofisticados que mantendo a homeostase osmótica e iônica permitem o funcionamento normal dos processos fisiológicos e a sobrevivência celular (EVANS et al, 2005; HWANG e LEE, 2007). Esses processos são regidos por mecanismos de ganho e perda de íons, presentes em alguns órgãos dos peixes, como brânquias, intestino e rins (BOEUF e PAYAN, 2001).

Quando um peixe marinho é transferido para água doce ocorre redução da osmolalidade do plasma pela perda de íons inorgânicos e absorção de água por osmose. A segunda etapa é regulatória, na qual a osmolalidade e as concentrações iônicas do plasma aumentam, retornando para seus níveis normais, sendo reguladas e mantidas dentro dos limites de homeostase (SCHMIDT-NIELSEN, 1997). Espécies de

peixes marinhos e dulcícolas apresentam adaptações fisiológicas para lidar com variações de salinidade. Estas estão em última instância relacionadas com a absorção e secreção de uma determinada quantidade de sais e com a manutenção da água nos tecidos corporais (SAKAMOTO et al., 2001; WOOD e PÄRT, 1997; ZADUNAISKY, 1996). Em um estudo realizado por Tucker (1987) com robalo-flecha em diferentes salinidades e temperaturas, os melhores resultados para crescimento e conversão alimentar foram obtidos em água doce com elevada dureza (705 ou 268 mg CaCO₃ L⁻¹). Entretanto, pouco se sabe sobre as consequências energéticas e fisiológicas para esta espécie nestes diferentes ambientes.

As exigências e mecanismos de funcionamento das vias ionorregulatórias mudam em função da salinidade ambiental, alimentação, atividade, estágio de desenvolvimento e uma variedade de estressores (BALDISSEROTTO et al., 2007). A energia utilizada para processos osmorregulatórios pode ser derivada de outros processos fisiológicos, tais como crescimento. Assim sendo, a relação entre a salinidade do ambiente e crescimento tem sido relatada em diferentes peixes eurialinos, mas é dependente de diferentes fatores, tais como espécies, temperatura, dieta, sexo, entre outros (BOEUF e PAYAN, 2001; BRETT, 1979; BRETT e GROVES, 1979; KIRSCHNER, 1995). Portanto, a aclimatação à mudança de salinidade requer uma reorganização estrutural e metabólica para satisfazer o aumento da demanda energética associada à exposição ao novo ambiente. Respostas imediatas envolvem mudanças no estado de fosforilação de transportadores iônicos, seguidas de aumento da abundância dos transportadores pré-existentes e síntese de novos (MARSHALL e GROSELL, 2005).

A quantidade de energia dedicada à osmoregulação deve ser menor em salinidades isosmóticas, onde o gradiente osmorregulatório é insignificante, e em outras salinidades a demanda energética para osmoregulação será proporcional ao gradiente iônico e à permeabilidade iônica (FEBRY E LUTZ, 1987). Peixes utilizam energia extraída a partir da alimentação para suas funções vitais, incluindo o movimento, crescimento, reprodução, e digestão, bem como os custos de manutenção basais, respiração e funções celulares. O custo da manutenção da homeostase osmorregulatória se inclui nessas despesas metabólicas de repouso. Muito da osmoregulação exige transporte ativo, essa despesa é significativa e potencialmente limitadora para o peixe. No entanto, os pesquisadores descobriram que é difícil medir

esses custos e as estimativas variam de 0,5% até 29% da taxa metabólica de repouso (MCCORMICK et al., 2001).

Segundo Pérez-Pinzón e Lutz (1991) a aclimação de juvenis de robalo-flecha a faixas não isomóticas necessita de uma despesa de energia considerável. Entretanto a energia necessária para a mudança dos processos fisiológicos não está ligada diretamente à energia dispendida para a osmorregulação. Isso quer dizer que o total de taxas metabólicas não explica o custo osmorregulatório em diferentes salinidades, mas é importante na explicação do custo de manutenção da vida nesses ambientes. No mesmo estudo foi observado que a natação dos robalos cultivados em água doce é reduzida e houve um aumento de lactato no músculo branco mesmo nos animais em repouso. Este aumento da produção de lactato pode ocorrer em função de uma associação entre a demanda de energia e uma condição de hipóxia tecidual (GIMENO et al., 1994; SANCHO et al., 1998). Isso denota que o robalo aclimatado à água doce tem uma reduzida capacidade aeróbica para pagar os custos metabólicos relacionados ao estresse.

O estresse é um mecanismo fisiológico compensatório adotado pelo organismo em resposta a fatores físicos ou químicos (agentes estressores) que podem afetar parâmetros bioquímicos no sangue ou tecidos (GIL BARCELOS et al., 2000; VAN VUREN et al., 1994). As respostas de estresse são classicamente separadas em três categorias: primária, secundária e terciária. As respostas primárias são hormonais, em geral causando um aumento na concentração plasmática de catecolaminas e cortisol. As secundárias são as mudanças em parâmetros como glicose e íons no sangue, além de parâmetros hematológicos. As terciárias relacionam-se ao comprometimento do crescimento e da reprodução, às mudanças no comportamento e ao aumento da susceptibilidade a doenças (WENDELAAR BONGA, 1997). Os níveis de glicogênio e glicose podem refletir o estado metabólico dos tecidos. Organismos em situação de estresse geralmente aumentam sua demanda energética, o que pode refletir em quebra de glicogênio hepático e muscular e aumento de glicose sanguínea (CATTANI et al, 1996; POLAKOF et al, 2012). O aumento dos níveis de glicose durante situação de estresse é importante porque grandes demandas de energia são necessárias para ativação dos mecanismos apresentados como resposta a uma situação adversa (SALBEGO et al., 2015; WENDELAAR BONGA, 1997).

Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a possibilidade de cultivo de juvenis de robalo-flecha em água doce com diferentes durezas, avaliando parâmetros de crescimento, ganho de peso,

conversão alimentar, consumo alimentar, lactato e glicose (no músculo, fígado e sangue) e osmolalidade e íon cálcio (no plasma e água). Os resultados encontrados foram comparados com o tratamento controle em que os peixes foram mantidos nas mesmas condições experimentais em água do mar.

1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar parâmetros zootécnicos e bioquímicos para o juvenil de robalo-flecha em água doce com diferentes durezas.

1.1.1 Objetivos Específicos

Investigar as respostas do metabolismo energético (lactato e glicose), parâmetros de água e sangue (osmolalidade e íon cálcio).

Determinar a faixa de dureza em água doce onde há melhor sobrevivência, crescimento e conversão alimentar para a espécie.

2. DESENVOLVIMENTO

Neste item será apresentado um manuscrito resultante do desenvolvimento dessa dissertação o qual será submetido ao periódico Aquaculture. O manuscrito está redigido de acordo com as normas do periódico ao qual será submetido.

CRIAÇÃO DE JUVENIS DE ROBALO FLECHA EM ÁGUA DOCE COM DIFERENTES DUREZAS: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS E METABÓLICOS

Bruna T. Michelotti ^a, Gabriel Passini ^a, Cristina Carvalho ^a,
Josêania Salbego ^b, Bernardo Baldisserotto ^b, Vinicius R. Cerqueira ^a

^a*Laboratório de Piscicultura Marinha, Departamento de
Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de
Santa Catarina, 88061-600, Florianópolis, SC, Brazil*

^b*Departamento de Fisiologia e Farmacologia, Universidade
Federal de Santa Maria, 97105-900 Santa Maria, RS, Brazil*

RESUMO: A adaptação de robalos a baixas salinidades e água doce vem sendo muito estudada visando incrementar seu uso em piscicultura. Entretanto, ainda não estão estabelecidos os parâmetros de água doce em que o robalo-flecha se mantém em conforto fisiológico. O cálcio é de extrema importância para processos metabólicos e de osmorregulação. Nesse contexto, a definição de um valor ótimo de dureza, baseada no nível de cálcio na água, poderia facilitar os processos fisiológicos para a adaptação de juvenis desta espécie em água doce. Em um experimento de 60 dias foram testadas as durezas de 100, 500 e 1000 mg CaCO₃ L⁻¹ e um controle com água do mar (salinidade 32). Os peixes, com peso médio inicial de 10,9 ± 1,5 g, foram mantidos em condições constantes de temperatura, pH, alcalinidade, amônia e nitrito, e alimentados quatro vezes ao dia com dieta comercial. Foram avaliados parâmetros de desempenho zootécnico (crescimento e sobrevivência) e metabólicos (glicose e lactato no sangue e em tecidos, e a osmolalidade sanguínea). Não houve mortalidade em nenhum tratamento, mas considerando os parâmetros peso, ganho de peso, taxa de crescimento específico e consumo de ração, somente o tratamento 100 mg CaCO₃ L⁻¹ não diferiu significativamente do controle, que obteve os melhores resultados. A glicose no sangue e fígado não diferiu significativamente entre os tratamentos. Entretanto, os níveis de lactato no músculo foram mais elevados em 100 e 500 mg CaCO₃ L⁻¹, e o lactato no plasma foi o mais elevado em 1000 mg CaCO₃ L⁻¹. Concluímos que, para cultivar juvenis de robalo-flecha em água doce, a dureza mais adequada está no intervalo de 100 a 500 mg CaCO₃ L⁻¹.

Palavras-chave: conforto fisiológico, cálcio, metabolismo energético, piscicultura.

ABSTRACT: The adaptation of bass at low salinities and freshwater has been much studied order to increase their use in fish farming. However, fresh water parameters in which the bass-arrow remains in physiological comfort are not yet established. Calcium is of utmost importance for metabolic processes and osmoregulation. In this context, the definition of a great hardness value, based on the level of calcium in the water, could facilitate the physiological processes for the adaptation of juveniles of this species in freshwater. In a 60-day experiment was tested with hardnesses of 100, 500 and 1000 mg CaCO₃ L⁻¹ and a control with sea water (salinity 32). Fish with initial average weight of 10.9 ± 1.5 g, were kept in constant conditions of temperature, pH, alkalinity, ammonia and nitrite, and fed four times a day with commercial diet. They were evaluated zootechnical performance parameters (growth and survival), and metabolic (glucose and lactate in blood and tissues, and blood osmolality). There were no deaths in either treatment, but considering the weight parameters, weight gain, specific growth rate and feed intake, only treating 100 mg CaCO₃ L⁻¹ did not differ significantly from control, which achieved the best results. The blood glucose and liver did not differ significantly between treatments. However, lactate levels were higher in the muscle at 100 to 500 CaCO₃ mg L⁻¹ and lactate in plasma was higher in 1000 CaCO₃ mg L⁻¹. We conclude that for cultivating freshwater, sea bass juveniles arrow, the most suitable hardness is in the range from 100 to 500 CaCO₃ mg L⁻¹.

Keywords: physiological comfort, calcium, energy metabolism, fish farming.

1. Introdução

O robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, é um teleósteo, carnívoro predador eurialino. Há muito a espécie é conhecida por características que a qualificam para a prática da aquicultura tais como: tolerância a baixas concentrações de oxigênio, grande rusticidade, fácil adaptação a dietas inertes, tolerância à ampla variação de salinidade e carne de qualidade (Chapman et al., 1982; Tucker et al., 1985; Tucker, 1987). É esperado que o robalo-flecha se torne mais uma alternativa para a piscicultura comercial em boa parte das zonas tropical e subtropical do Continente Americano, inclusive em água doce, onde apresenta um bom crescimento (Alvarez-Lajonchère e Tsuzuki, 2008; Tucker, 1987, 2003; Tucker e Jory, 1991).

É bem estabelecido que teleósteos eurialinos, como o robalo-flecha, são capazes de manter a osmolaridade do sangue em uma faixa tolerável, independente da salinidade do meio, devido a uma regulação hidromineral eficaz (Greenwel et al, 2003; Varsamos et al, 2005). Entretanto essa manutenção depende de diversos fatores que ainda não são bem conhecidos.

A salinidade pode alterar a quantidade de energia disponível para o crescimento dos peixes, alterando o custo energético de regulação iônica e osmótica (Iwama, 1996). Quando aclimatados a baixas salinidade os peixes necessitam de uma reorganização metabólica para satisfazer as exigências energéticas aumentadas, associadas a um meio modificado, particularmente em relação à osmorregulação. No entanto, esses gastos energéticos não são completamente compreendidos, visto que o abastecimento de energia é um fator limitante para os processos fisiológicos (Boeuf e Payan, 2001; Morgan e Iwama, 1991).

A resposta metabólica de teleósteos para diferentes condições osmóticas inclui estresse, componentes osmorregulatórios e de metabolismo energético (Morgan e Iwama, 1991). O aspecto central da adaptação ao estresse é a realocação da energia de atividades de alta demanda energética, como crescimento e reprodução, em direção a atividades que requerem intensificação para restaurar a homeostase, tais como respiração, locomoção, balanço hidromineral e reparação de tecidos. Tal dinâmica pode reduzir consideravelmente a capacidade de desempenho do peixe, tanto durante a fase de reestabelecimento frente a um estresse agudo, quanto no estresse crônico (Becker et al., 2015; Mommsen et al., 1999; Pankhurst e Kraak, 1997; Salbego et al., 2015).

As respostas de estresse são classicamente separadas em três categorias: primária, secundária e terciária. As respostas primárias são hormonais, em geral causando um aumento na concentração plasmática de catecolaminas e cortisol. As secundárias são as mudanças em parâmetros como glicose e íons no sangue, além de parâmetros hematológicos. As terciárias relacionam-se ao comprometimento do crescimento e da reprodução, às mudanças no comportamento e ao aumento da susceptibilidade a doenças (Wendelaar Bonga, 1997).

Em água doce, os robalos estão expostos a absorção de água por osmose e perda de íons por difusão. Para compensar a troca passiva de íons, os peixes precisam limitar a perda, absorvendo os íons por células especializadas que revestem o epitélio osmorregulatório (Nebel et al, 2005). Nesta situação a dureza da água se torna importante, pois é principalmente constituída por Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}), essenciais para a regulação iônica de peixes, porque ambos os íons

influenciam a permeabilidade das membranas biológicas, reduzem o fluxo difusivo e, conseqüentemente, a perda iônica para a água (Bijvelds et al, 1998; Naddy et al, 2002). Uma elevada dureza também retarda a absorção de substâncias tóxicas, e pode proteger contra modificações de parâmetros químicos da água (Wood, 2001).

A dureza tem importância prática para piscicultura, pois os peixes absorvem Ca^{2+} e Mg^{2+} diretamente da água (Silva et al., 2003). A dureza total é expressa em miligrama por litro de Carbonato de Cálcio (CaCO_3), independentemente dos íons que estejam presentes no meio (Cotton et al., 1968). Contudo, a dureza de Ca^{2+} em água doce é considerada determinante, quando comparada à dureza total, devido à sua importância para a fisiologia dos peixes. Estes podem obter Ca^{2+} a partir dos alimentos por absorção intestinal (Baldisserotto e Mimura, 1995), mas a principal forma de absorção é pelas brânquias (Hwang et al, 1996). A baixa concentração de Ca^{2+} em alimentos e água pode limitar o desenvolvimento dos peixes (Rodgers, 1984). Este íon também é vital para processos biológicos, tais como a construção dos ossos, coagulação do sangue, e outras funções celulares (Flik et al., 1995). Boyd (1979) recomenda que para um bom crescimento dos peixes em água doce a dureza seja superior a 20 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$. Por outro lado, na piscicultura em água salgada a dureza não é uma preocupação, dado o fato de que a concentração de cálcio neste ambiente é muito alta (Portz et al., 2006).

A aclimação de robalos (peva e flecha) da água do mar para baixas salinidades e para água doce foi investigada em vários estudos (Amaral Jr. et al., 2009; Gracia-López et al., 2006; Rocha et al., 2005; Tsuzuki et al., 2007). Segundo Tucker (1987), a criação de robalo-flecha a 28 °C em água doce, com dureza elevada (269 e 705 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$), apresentou crescimento superior ao obtido na água do mar. Entretanto, ainda não estão bem definidos os níveis dos parâmetros de qualidade de água e balanço iônico em que o robalo-flecha mantém seu conforto fisiológico e ótimo crescimento em água doce. Dessa forma, a hipótese do presente trabalho é que haverá uma melhor adaptação e desenvolvimento dos peixes cultivados em água doce dura, com maior disponibilidade de Ca^{2+} . O principal objetivo foi avaliar a influência de diferentes durezas em parâmetros fisiológicos (glicose e lactato no sangue e em tecidos, e a osmolalidade sanguínea) e zootécnicos (crescimento e sobrevivência) de juvenis dessa espécie em água doce.

2. Material e métodos

2.1. Origem dos peixes

O experimento foi realizado no Laboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR) da Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, SC. Foram utilizados juvenis de robalo-flecha *Centropomus undecimalis* com peso de $10,92 \pm 1,52$ g e comprimento total de $11,34 \pm 0,68$ cm, provenientes de uma desova realizada no próprio laboratório através da indução hormonal de reprodutores mantidos em confinamento (Passini et al., 2013).

2.2. Aclimação

Os peixes ($n = 204$) estavam em um tanque de 10.000 L, onde eram mantidos em salinidade de 32 e temperatura de 28 °C, e foram transferidos para um tanque de 500 L. Neste, foram aclimatados durante quatro dias para a água doce com dureza de 500 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (valor intermediário entre os tratamentos testados). Houve uma renovação de 25% de água diariamente utilizando uma solução previamente preparada com a mesma dureza, utilizando cloreto de cálcio dihidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). A temperatura foi ajustada de 28 °C para 32 °C, com um aumento de 1 °C por dia, seguindo recomendação de Silva (2016). Após, os peixes foram distribuídos aleatoriamente nas unidades experimentais.

2.3. Delineamento experimental

Três tratamentos em água doce diferiram na dureza total, que foi mantida em 100, 500 e 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, e como controle utilizou-se água do mar com salinidade 35. O período experimental foi de 60 dias e os tratamentos foram realizados em triplicata (17 peixes por tanque). As concentrações foram definidas previamente através de um teste agudo, em que juvenis foram transferidos abruptamente para unidades experimentais de 15 L, as durezas testadas foram de 20, 100, 250, 500 e 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ e como controle água do mar. Após 96 h, a mortalidade no tratamento de 20 mg L^{-1} foi de 100%, enquanto que nos tratamentos de 100, 250, 500 e 1000 mg L^{-1} a mortalidade foi de 79,17 %, 58,33 %, 4,17 % e 50 %, respectivamente (Michelotti et al., 2015).

2.4. *Qualidade de água e condições experimentais*

O experimento foi realizado em quatro sistemas de recirculação de água. Cada um era constituído por três tanques circulares de 150 L. A água saía dos tanques por uma tubulação central e passava por um filtro de bolsa de 50 μm , um filtro biológico, um fracionador de espuma e, por último, pelo filtro ultravioleta. Após o tratamento a água retornava para os tanques experimentais.

Diariamente foram monitorados temperatura ($31,52 \pm 0,24$ °C), oxigênio dissolvido ($5,64 \pm 0,02$ para água doce e $4,58 \pm 0,03$ para água do mar) com oxímetro (Pro 20, YSI, USA), pH ($7,34 \pm 0,01$ para água doce e $7,78 \pm 0,01$ para água do mar) com pHmetro (EcoSense pH 10, YSI, USA), alcalinidade ($20,35 \pm 0,47$ mg L⁻¹ na água doce e $95,19 \pm 1,91$ mg L⁻¹ de CaCO₃ na água do mar) através de método titulométrico (Apha, 2005) e dureza (103 ± 1 mg L⁻¹; 510 ± 4 mg L⁻¹; 1000 ± 8 mg L⁻¹; água do mar 5789 ± 76 mg L⁻¹ de CaCO₃) através do método de titulação de EDTA (Eaton et al., 2005). Quando necessário foram feitos ajustes de dureza utilizando CaCl₂.2H₂O e de alcalinidade utilizando NaHCO₃. O pH quando abaixo de 7,0 foi ajustado utilizando uma solução de NaOH 2N. Semanalmente foram medidos amônia ($0,37 \pm 0,09$ N-NH₃, 4 mg L⁻¹) e nitrito ($0,16 \pm 0,04$ N-NO₂, 4 mg L⁻¹) com os métodos de Indofenol e Diazotação (Parsons et al., 1984), respectivamente.

O fotoperíodo foi mantido em 12 h luz e 12 h escuro. Os peixes foram alimentados 4 vezes ao dia até a saciedade aparente com alimento comercial, contendo 45% de proteína bruta e grãos com dimensão de 2,6 mm (Nutripiscis AL 45, Presence, Paulínia-SP). A alimentação foi suspensa 24 h antes das amostragens e da coleta final do experimento. Restos de alimento e fezes foram retirados diariamente através de sifonamento, e em média 25% da água foi renovada utilizando uma água previamente preparada com a dureza necessária.

2.5. *Coleta de material biológico e análises*

Todos os procedimentos com os peixes foram realizados de acordo com o Comitê de Ética para o Uso de Animais da UFSC (protocolo PP00861/CEUA/PROPESQ/2013).

Os peixes foram anestesiados com 50 mg L⁻¹ de benzocaina, pesados e medidos no primeiro dia de experimento e depois a cada duas semanas. No início e ao final do período experimental foi coletado sangue para a análise de glicose. O sangue foi obtido por punção caudal

e, imediatamente após a coleta, uma parte foi utilizada para medir a glicose com glicosímetro portátil (Ultra 2 System Kit Glico Apar, Onetouch, Brasil). O restante do sangue foi centrifugado por 10 min, a 6000 rpm, para a separação do plasma, e depois utilizado para as análises de lactato (Harrower e Brown, 1976). Após, os animais foram eutanasiados com uma superdosagem de benzocaina (300 mg L^{-1}) para coleta de músculo e fígado. Esses tecidos foram removidos e estocados a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ para análises posteriores: homogeneização e centrifugação, obtendo-se extratos ácidos utilizados para quantificar glicose e lactato, conforme Dubois et al. (1956) e Harrower e Brown (1976), respectivamente.

Amostras de água foram coletadas de todos os tanques no primeiro dia de experimento e posteriormente a cada 15 dias para avaliar o íon cálcio e a osmolalidade. O íon Ca^{2+} foi quantificado utilizando kit colorimétrico (Doles). A osmolalidade da água e do plasma sanguíneo (coletado no primeiro dia do experimento, e posteriormente a cada 2 semanas) foi determinada com a utilização de osmômetro de pressão de vapor (Vapro 5520, Wescor Inc., Utah, EUA).

2.6. Parâmetros zootécnicos

Para analisar o crescimento os juvenis foram pesados em balança de precisão (0,01 g) e medidos com ictiômetro (1 mm). Os parâmetros avaliados foram: Sobrevivência (S) = $(\text{Ni} - \text{Nf})/\text{Ni} \times 100$, em que Ni é o número inicial e Nf o número final de juvenis. Ganho de Peso (GP) diferença do peso final e inicial. Taxa de Crescimento Específica (TCE) = $[(\ln \text{Pf} - \ln \text{Pi})/t] \times 100$, onde Pf é o peso final, Pi é o peso inicial, t é o tempo (dias). Índice Conversão alimentar (ICA) = CA/GP ; onde CA é o peso de alimento oferecido e GP é o ganho de peso dos peixes. Fator de condição (K) = $\text{Pf}/(\text{Cf})^3$; onde Pf é o peso e Cf é o comprimento total dos peixes no final do experimento.

2.7. Tratamento dos dados

Primeiramente verificou-se a homocedasticidade das variâncias e a normalidade da distribuição dos dados. Como os resultados foram positivos, a comparação dos dados foi feita através de Análise de Variância (Anova) de uma via, seguida do teste de Tukey para comparação das médias, com nível de significância de 5%. Os dados estão apresentados como média e desvio padrão.

3. Resultados

3.1. Performance Zootécnica

Não houve mortalidade em nenhum dos tratamentos durante o período experimental.

Na primeira biometria, aos vinte dias, robalos mantidos em água do mar apresentaram comprimento e peso superior aos demais tratamentos (Fig. 1). A partir dos quarenta dias os animais mantidos nas durezas de 100 e 500 mg CaCO₃ L⁻¹ já não diferiam significativamente em comprimento dos mantidos em água do mar. Mas em relação ao peso, ganho de peso, taxa de crescimento específico e consumo de ração, apenas os expostos a 100 mg CaCO₃ L⁻¹ não apresentaram valores significativamente menores que o tratamento controle (Fig. 1 e Tabela 1).

Tabela 1. Desempenho zootécnico de juvenis de robalo-flecha cultivados por 60 dias em diferentes durezas em água doce (100, 500 e 1000 mg CaCO₃ L⁻¹) e água do mar. Os valores representam a média ± d.p. N=3. Diferenças significativas entre os tratamentos são representadas por letras diferentes (a, b e c).

Dureza (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	100	500	1000	Água do mar
GP (g)	17,78 ± 8,24 ^{ab}	15,49 ± 7,57 ^{bc}	13,53 ± 6,08 ^c	20,01 ± 6,90 ^a
TCE (%)	1,54 ± 0,48 ^{ab}	1,40 ± 0,49 ^{bc}	1,29 ± 0,41 ^c	1,69 ± 0,37 ^a
ICA	1,19 ± 0,09 ^a	1,26 ± 0,03 ^a	1,15 ± 0,04 ^a	1,11 ± 0,09 ^a
CA (60 dias)	358,51 ± 16,26 ^{ab}	319,66 ± 27,12 ^b	304,12 ± 22,41 ^b	393,08 ± 19,86 ^a

GP, ganho de peso; TCE, taxa de crescimento específico; ICA, índice de conversão alimentar; CA, consumo alimentar.

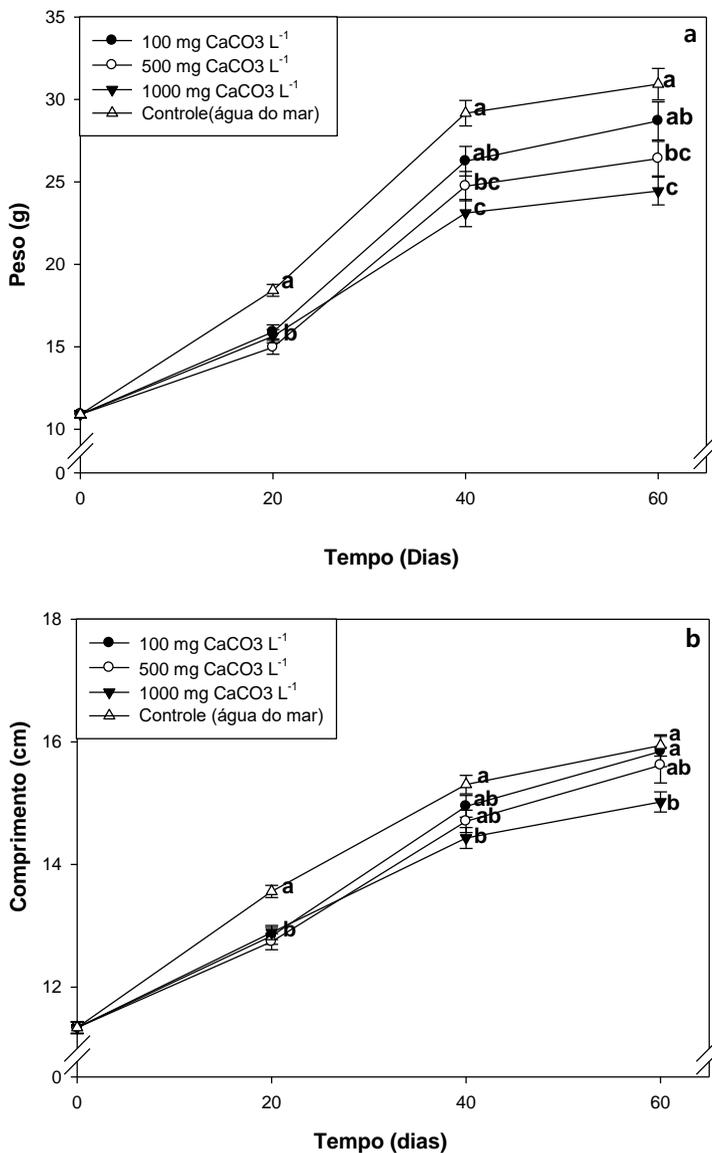


Figura 1 a e b. Valores médios (\pm e.p.) de: a) peso (g) e b) comprimento (cm), de juvenis do robalo-flecha em água doce com diferentes durezas (100, 500 e 1000 mg CaCO₃ L⁻¹) e em água do mar. N=3. Diferenças significativas em cada tempo amostral são representadas por letras diferentes (a, b e c).

3.2. Parâmetros metabólicos

Os níveis de glicose no músculo foram significativamente menores nos peixes mantidos em 100 e 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ do que nos demais tratamentos. Contudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos nos níveis de glicose no sangue e fígado (Fig. 2).

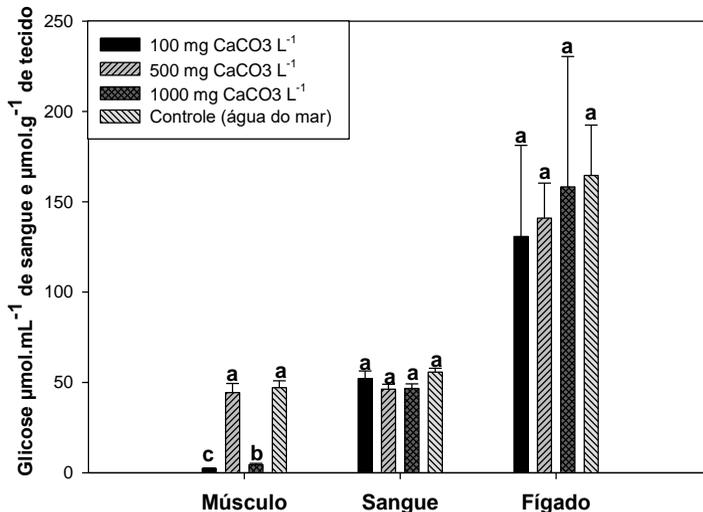


Figura 2. Níveis médios (\pm e.p.) de glicose em juvenis do robalo-flecha em água doce com diferentes durezas (100, 500 e 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e em água marinha. Em músculo e fígado valores em $\mu\text{mol.g}^{-1}$, em sangue valores em $\mu\text{mol.mL}^{-1}$. N=3. Diferenças significativas em cada tempo amostral são representadas por letras diferentes (a, b e c).

Os níveis de lactato do músculo nos tratamentos 100 e 500 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ foram significativamente maiores do que no tratamento 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ e no controle. O grupo controle apresentou os menores níveis de lactato. No plasma o maior nível foi encontrado no tratamento 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, e os demais tratamentos não diferiram significativamente entre si. No fígado não houve diferença significativa entre os tratamentos (Fig. 3).

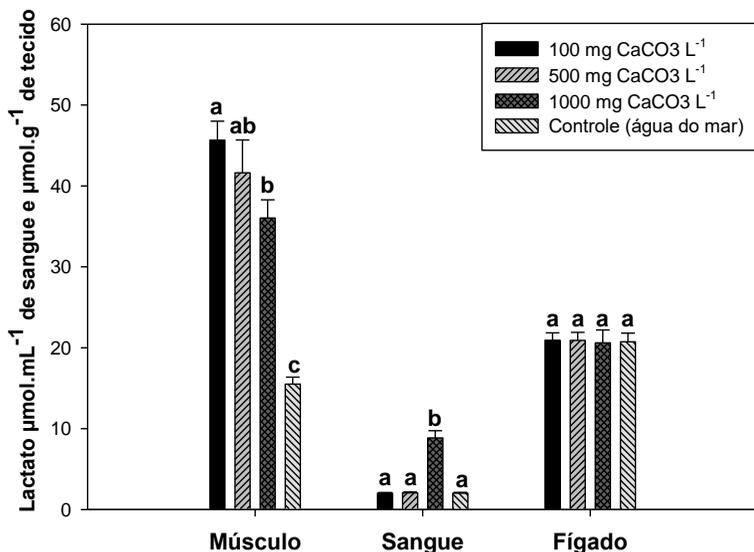


Figura 3. Níveis médios (\pm e.p.) de lactato em juvenis do robalo-flecha em água doce com diferentes durezas (100, 500 e 1000 $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e em água marinha. Em músculo e fígado valores em $\mu\text{mol.g}^{-1}$, em sangue valores em $\mu\text{mol.mL}^{-1}$. N=3. Diferenças significativas em cada tempo amostral são representadas por letras diferentes (a, b e c).

A osmolaridade plasmática não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Sendo 447 ± 37 , 478 ± 48 , 461 ± 33 e 469 ± 45 mOsm kg^{-1} para 100, 500, 1000 $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ e água do mar, respectivamente. Entretanto a osmolaridade na água apresentou diferença significativa entre todos os tratamentos. Os valores obtidos na água de cada tratamento foram de $0,8 \pm 3$, 18 ± 2 , 899 ± 17 e 0 mOsm L^{-1} para 100, 500, 1000 $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ e água do mar, respectivamente. Os valores do íon Ca^{2+} foram de $0,24 \pm 0,18$; $4,06 \pm 0,35$; $7,96 \pm 0,54$; $8,01 \pm 0,37$ mMol para 100, 500, 1000 $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ e água do mar, respectivamente.

4. Discussão

A hipótese inicial do presente estudo, de que haveria maior crescimento e conforto fisiológico em água doce com alta disponibilidade do íon Ca^{2+} , mais próxima à observada na água do mar, não foi confirmada. Nos primeiros vinte dias do experimento, houve maior crescimento no grupo controle (água do mar), mas a partir de

quarenta dias o tratamento 100 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ não diferiu significativamente deste grupo, mostrando que o melhor resultado de crescimento na água doce se deu na menor dureza testada.

A água do mar contém em torno de 10 mMol de Ca^{2+} (Potts e Parry, 1964) e no presente estudo, para aumentar a dureza, utilizou-se $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, de modo que o nível de Ca^{2+} no tratamento com dureza 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (7,96 mMol) se assemelhou ao tratamento controle com água do mar (8,01 mMol). É possível que os altos níveis de Ca^{2+} no tratamento de 1000 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ possam ter causado uma maior demanda de energia para a osmoregulação, devido à diferença de entrada e saída de íons em diferentes salinidades, levando em consideração de que no tratamento controle a salinidade era de 32 e nos demais tratamentos a salinidade era 0, o que interferiu no crescimento e desempenho dos juvenis de robalo-flecha. Entretanto total de taxas metabólicas são influenciados por processos fisiológicos que não estão diretamente associados com a energia de osmorregulação, aclimação a diferentes salinidades pode trazer mudanças hormonais que influenciam de formas independentes essas taxas (Fosket et al., 1983)

Assim como nos resultados encontrados por Pérez-Pinzón e Lutz (1991) a osmolalidade no plasma sanguíneo no presente estudo não apresentou diferença significativa para robalo-flecha comprovando que fora do ponto isosmótico, onde o gradiente osmorregulatório é insignificante, os custos relativos da osmorregulação são semelhantes para água doce e água do mar. Entretanto, no trabalho citado anteriormente, quando submetidos a natação intensa a osmolalidade no plasma sanguíneo dos peixes mantidos em água doce apresentou uma elevação significativa (352 ± 16 para 380 ± 30) enquanto que em água do mar esses valores se mantiveram constantes (367 ± 21 para 357 ± 24). Em teleósteos, o ponto isosmótico do plasma geralmente é em salinidade 12 (Boeuf e Payan, 2001; Tsuzuki et al., 2007; Herrera et al., 2009; Nordlie, 2009). Frequentemente, índices de sobrevivência altos e maior crescimento em ambientes isosmóticos podem ser explicados pela pouca energia usada para osmorregulação, já que pela redução no gradiente entre o meio externo e o interno, o transporte de íons entre estes meios é reduzido. Tal energia é convertida em ganho de peso e desenvolvimento (Boeuf e Payan, 2001). No presente estudo nenhum dos tratamentos se encontrava em salinidade isosmótica para a espécie.

Um aumento na pressão osmótica do plasma sanguíneo poderia surgir a partir de um aumento da concentração de metabólitos relacionados com a energia, tais como glicose e lactato ou uma remoção de água a partir do plasma. Neste último caso, resultar de um aumento

na concentração de lactato intracelular que por si só pode provocar uma redistribuição osmótica de água a partir da matriz extracelular para compartimentos intracelulares (Milligan e Wood, 1985). Peixes eurialinos mantem os níveis de glicose e lactato no plasma constantes quando se encontram dentro de sua faixa isosmótica. Alterações são observadas quando os mesmos são expostos a salinidades extremas (Arjona et al, 2007; Herrera et al., 2009). O aumento nos índices de glicose durante situação de estresse se mostra de extrema importância, já que grandes demandas de energia são necessárias para ativação dos mecanismos apresentados como resposta a uma situação adversa (Wendelar Bonga, 1997). Para juvenis de robalo-flecha, em testes de curta duração, houve um aumento no lactato muscular no tratamento em água doce, comparado com o mantido em água do mar, o que indica aumento de respiração anaeróbica devido à baixa disponibilidade de oxigênio para os tecidos. Acredita-se que robalos aclimatados à água doce têm uma capacidade aeróbica reduzida para pagar os custos metabólicos relacionados ao stress associado (Pérez-Pinzón e Lutz, 1991).

Os vertebrados, mesmo sendo essencialmente aeróbicos, utilizam o mecanismo anaeróbico da glicose durante os períodos nos quais o oxigênio não pode ser levado ao músculo de forma suficientemente rápida para produzir piruvato e ATP. Em situação de hipóxia tecidual, o glicogênio armazenado (no fígado e músculo) é utilizado como combustível para produzir ATP através da glicólise anaeróbica, formando o lactato como produto final, que é reconvertido lentamente em glicose pelo fígado através do processo de neoglicogênese (Lehninger et al., 1995; Begum e Vijayaraghavan, 1995; Oruç e Ünler, 1999). A tensão de amostragem pode resultar em um aumento do lactato muscular já que qualquer tratamento ou manipulação experimental pode causar um aumento na concentração de ácido láctico (Wieser e Platzer, 1985), entretanto no presente estudo as técnicas de manejo foram idênticas para todos os tratamentos. Assim sendo o aumento do lactato no plasma no tratamento com dureza $1000 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ é um indicativo de estresse e baixo conforto fisiológico, sendo necessária a utilização de vias metabólicas alternativas para suprir a demanda energética do peixe.

Os tratamentos 100 e $1000 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ apresentaram níveis de glicose muscular bastante inferiores em relação aos mantidos na água do mar, o que indica redução das reservas, podendo essa energia ter sido utilizada para manutenção homeostática, metabólica e de crescimento. Neste ponto, vale lembrar que o custo de energia associado à

osmorregulação em peixe é mantido principalmente por oxidação de glicose (Pérez-Robles et al., 2011; Lisboa et al., 2015). No presente experimento, o melhor resultado de crescimento em água doce se deu no tratamento em que havia menor reserva de glicose muscular. Segundo Cattani et al. (1996) as concentrações de glicogênio e glicose podem refletir o estado metabólico dos tecidos.

Portanto, é viável o uso de água doce com baixa dureza no cultivo de juvenis de robalo-flecha, mas se faz necessário um estudo mais aprofundado com valores ainda menores, assim como na faixa entre 100 e 500 mg CaCO₃ L⁻¹. Não recomendamos uma dureza acima de 500 mg CaCO₃ L⁻¹ quando a fonte utilizada para aumentar essa dureza for unicamente Ca²⁺. Nem sempre os parâmetros metabólicos analisados explicaram com clareza os resultados zootécnicos, sendo ainda necessário obter mais informações sobre o metabolismo energético de juvenis de robalo-flecha em água doce.

5. Conclusão

Dentre as durezas testadas o melhor resultado obtido foi em 100 mg CaCO₃ L⁻¹, pois apresentou melhor crescimento e conversão alimentar, mesmo havendo alterações de lactato e glicose tecidual nos peixes. A utilização de águas mais duras não trouxe benefícios para os processos fisiológicos avaliados, e como consequência nem para o desenvolvimento dos peixes.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Ministério da Pesca e Aquicultura, que financiaram o projeto “Desenvolvimento de tecnologias de produção de robalo-flecha e bijupirá em Santa Catarina” da Chamada nº 42/2012 - Linha II - Aquicultura (Processo nº 406844/2012-7). Ao CNPq pelas bolsas de Mestrado, Doutorado e de Pesquisa concedidas aos autores.

Referências

Alvarez-Lajonchère., Cerqueira, V. R., Silva, I. D., Araujo, J., & Reis, M., 2004. First basis for a sustained juvenile production technology of fat snook *Centropomus parallelus* Poey. *Hidrobiológica* 14, 37–45.

Alvarez-Lajonchère, L., Cerqueira, V. R., Silva, I. D., Araujo, J., Reis, M., 2002. Mass production of juveniles of fat snook *Centropomus parallelus* in Brazil. *Journal of World Aquaculture Society* 33, 506–516.

Alvarez-Lajonchère, L., Tsuzuki, M.Y., 2008. A review of methods for *Centropomus spp.* (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. *Aquaculture Research* 39, 684-700.

Amaral Jr, H., Santos, J. J., Gerhardinger, R. C., 2009. Monocultivo de robalo *Centropomus parallelus* em água doce. *Revista Eletrônica de Veterinária*, v. 10, n. 10. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101009.html>> Acesso em: 21 nov. 2015.

Arjona, F. J., Vargas-Chacoff, L., Ruiz-Jarabo, I., del Río, M. P. M., Mancera, J. M., 2007. Osmoregulatory response of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) to changes in environmental salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology A-Molecular & Integrative Physiology* 148, 413-421.

Baldisserotto, B., 2013. *Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura*, third ed. Editora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

Baldisserotto, B., Mimura. O. M., 1995. Ion and water transport in the gut of the freshwater teleost *Prochilodus scrofa*. *Ciência e Cultura. Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science* 47, 83-85.

Begum, G., Vijayaraghavan, S., 1995. Carbohydrate metabolism in hepatic tissue of freshwater catfish *Clarias batrachus* L. during dimethoate exposure. *Chemistry Toxicology* 33, 423-426.

Bijvelds, M. J., Velden, J. A., Kolar, Z. I., Flik, G., 1998. Magnesium transport in freshwater teleosts. *Journal of Experimental Biology* 201, 1981-1998.

Boeuf, G., Payan, P., 2001. How should salinity influence fish growth? *Comp. Biochem. Physiol. C* 130, 411– 423.

Cattani, O., Serra, R., Isani, G., Raggi, G., Cortesi, P., Carpena, E., 1996. Correlation Between Metallothionein and Energy Metabolism in Sea Bass, *Dicentrarchus labrax*, Exposed to Cadmium. *Comp Biochem Physiol C* 113, 193-199.

Cerqueira, V. R., Mioso, R., Canarin, M., 2005. Indução de desova com fertilização natural e artificial e incubação de ovos do robalo-peva (*Centropomus parallelus*). *Atlântica* 27, 31-38.

Cerqueira, V.R., Macchiavello, J.A.G., Brügger, A.M., 1995. Produção de alevinos de robalo, *Centropomus parallelus* Poey, 1860, através de larvicultura intensiva em laboratório. In: Castagnolli, N. (Ed.), *Proceedings of the Encontro Nacional de Aquicultura, VII Simpósio Brasileiro de Aquicultura, II Enbrapoa, Peruíbe, Brasil (27-30 Oct 1992)*. ACIESP, São Paulo, pp. 191-197.

Chapman, P., Cross, F., Fish, W., Jones, K., 1982. Final report for sportfish introductions project. Study 1. Artificial culture of snook. Florida Game and Fresh Water Fish Commission, Tallahassee.

Cotton, F. A., Lynch, L. D., 1968. Macedo, H. Química objetiva. Fórum Editora, Rio de Janeiro.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. T., Smith, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28, 350–358.

Eaton, S., Zhang, H., Herman, P., Yoshino, F., Shah, L., Bovatsek, J., Arai, A., 2005. Heat accumulation effects in femtosecond laser-written waveguides with variable repetition rate. *Optics Express* 13, 4708-4716.

Federation, W. E., American Public Health Association. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA.

Ferraz, E. M. Cerqueira, V. R., Alvarez-LAjonchère, L., Candido, S., 2002. Indução da desova do robalo-peva, *Centropomus parallelus*, através de injeção e implante de LHRHa. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo* 28, 125-133.

Ferraz, E. M., Cerqueira, V. R., 2010. Influência da temperatura na maturação gonadal de machos do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*. Boletim do Instituto de Pesca 36, 73-83.

Flick, U., Kardorff E. v., Keupp, H., Rosenstiel, L. v., Wolff, S. (1995). Handbuch Qualitative Sozialforschung, zweite Auflage. Weinheim: Beltz Psychologie, VerlagsUnion.

Flik, G., Verboost, P. M., Wendelaar Bonga, S. E., 1995. Calcium transport processes in fishes. *Fish physiology* 14, 317-342.

Foskett, J. K., Bern, H. A., Machen T. E., Conner M., 1983. Chloride cells and the hormonal control of teleost fish osmoregulation. *Journal of experimental Biology*. 106, 244-281.

Gracia-López, V., Rosas-Vazquez, C., Brito-Perez, R., 2006. Effects of salinity on physiological conditions in juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 145, 340-345.

Greenwell, M. G., Sherrill, J., Clayton, L. A., 2003. Osmoregulation in fish. Mechanisms and clinical implications. *Vet. Clin. Exot. Anim.* 6, 169-189.

Harrower, J. R., Brown, C. H., 1976. Blood lactic acid. A micromethod adapted to field collection of microliter samples. *Journal of Applied Physiology* 32, 709-711.

Herrera, M., Vargas-Chacoff, L., Hachero, I., Ruíz-Jarabo, I., Rodiles, A., Navas, J. I., Mancera, J. M., 2009. Osmoregulatory changes in wedge sole (*Dicologlossa cuneata* Moreau, 1881) after acclimation to different environmental salinities. *Aquaculture Research* 40, 762-771.

Hwang, P. P., Tung, Y. C., Chang, M. H., 1996. Effect of environmental calcium levels on calcium uptake in tilapia larvae (*Oreochromis mossambicus*). *Fish Physiology and Biochemistry* 15, 363-370.

Schmidt-Nielsen, K., 1997. *Animal physiology: adaptation and environment*. Cambridge University Press, Cambridge.

Lehninger, A. L., Nelson, D. L., Cox, M. M., 1995. Princípios de bioquímica. Sarvier, São Paulo.

Lisboa, V., Barcarolli, I. F., Sampaio, L. A., Bianchini, A., 2015a. Effect of salinity on survival, growth and biochemical parameters in juvenile *Lebranchmullet Mugil liza* (Perciformes: Mugilidae). Neotrop. Ichthyol. 13, 447–452.

Marais, J. F. K., 1978. Routine oxygen consumption of *Mugil cephalus*, *Liza dumerili* and *L. richardisoni* at different temperatures and salinities. Mar. Biol. 50, 9–16.

Michelotti, B.T., Salbego, J., Cunha, J.A., Carvalho, C.V.A., Passini, G., Sterzelecki F.C., Baloi, M.F., Magnotti, C., Mello, P.S., Baldisserotto, B., Cerqueira, V.R. 2015. Efeito agudo de diferentes durezas da água doce na sobrevivência de juvenis de robalo-flecha *Centropomus undecimalis*. In: FENACAM & LACQUA' 15, 2015, Fortaleza, Ceará, Brasil. Abstracts ... Fortaleza: Fenacam & Lacqua'15, p 378. Disponível em: <<http://fenacam.com.br/pdf/fenacam2015/abstracts-fenacam-2015.pdf>>. Acesso em: 09 de dezembro, 2015. <

Milligan, C., Wood, C., 1985. Intracellular pH transients in rainbow trout tissues measured by dimethadione distribution. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 248, R668-R673.

Mommsen, T. P., Vijayan, M. M, Moon, T. W., 1999. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. Rev. Fish Biol Fisheries 9, 211-268.

Morgan, J. D., Iwama, G. K., 1991. Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48, 2083–2094.

Moser, M. L., Miller, J. M., 1994. Effects of salinity fluctuation on routine metabolism of juvenile spot, *Leiostomus xanthurus*. Journal of Fish Biology 45, 335-340.

Naddy, R. B., Stubblefield, W. A., May, J. R., Tucker, S. A., Hockett, J. R., 2002. The effect of calcium and magnesium ratios on the toxicity of copper to five aquatic species in freshwater. *Environmental Toxicology and Chemistry* 2, 347- 352.

Nebel, C., Negre-Sadargues, G., Blasco, C., Charmantier, G., 2005. Morpho-functional ontogeny of the urinary system of the European sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Anat. Embryol.* 209, 193-206.

Nordlie, F. G., 2009. Environmental influences on regulation of blood plasma serum components in teleost fish: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 19, 481-564.

Oruç, E. Ö., Üner, N., 1999. Effects of 2,4 Diamin on some parameters of protein and carbohydrate metabolisms in the serum, muscle, and liver of *Cyprinus carpio*. *Environmental Pollution* 105, 267-272.

Pankhursts N., Kraak G., 1997. Effects of stress on reproduction and growth of fish. In: *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 73-93.

Parsons, T.R., Takahashi, M., Hargrave, B., 1984. *Biological Oceanographic Processes*, 2nd ed. Pergamon Press, Oxford.

Passini, G., Carvalho, C.V.A., Landuci, F.S., Guinle, L., Sterzelecki, F., Cerqueira, V.R., 2013. Primeira experiência de maturação e desova do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, em cativeiro no Brasil. *Anais da XI Reunião Científica do Instituto de Pesca*, 2013, São Paulo, Brasil (April 8-10, 2013), p. 143-145. Available at http://www.pesca.sp.gov.br/11recip2013/resumos/11a_ReCIP_R44_143-145.pdf. Accessed: May 06, 2016.

Pérez-Pinzón, M. A., Lutz, P. L., 1991. Activity related cost of osmoregulation in the juvenile snook (*Centropomus undecimalis*). *Bulletin of Marine Science* 48, 58-66.

Pérez-Robles, J., Re, A. D., Giffard-Mena, I., Díaz, F., 2011. Interactive effects of salinity on oxygen consumption, ammonium excretion, osmoregulation and Na⁺/K⁺-ATPase expression in bullseye

puffer (*Sphoeroides annulatus*, Jenyns 1842). *Aquac. Res.* 43, 1372–1383.

Portz, D. E., Woodley, C. M., Cech Jr, J. J., 2006. Stress-associated impacts of short-term holding on fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 16, 125-170.

Potts, W. T. W., Parry, G., 1964b. Osmotic and ionic regulation in animals. Pergamon, London.

Reis, M. A., Cerqueira, V. R., 2003. Indução a desova do robalo-peva *Centropomus parallelus* Poey 1860, com diferentes doses de LHRHa. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 25, 53-59.

Rhody, N. R., Nassif, N. A., Main, K. L., 2010. Effects of salinity on growth and survival of common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) larvae. *Aquaculture Research* 41, e357-e360.

Rocha, A. J. S., Gomes, V., Van Ngan, P., Rocha, M. J. D. A. C., Furia, R. R., 2005. Metabolic demand and growth of juveniles of *Centropomus parallelus* as function of salinity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 316, 157-165.

Rodgers, D. W., 1984. Ambient pH and calcium concentration as modifiers of growth and calcium dynamics of brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Canadian Journal Fish Aquatic Science* 41, 1774-1780.

Salbego, J., Becker, A. G., Parodi, T. V., Zeppenfeld, C. C., Gonçalves, J. F., Loro, V. L., Morsch, V.M.M., Schetinger, M.R.C., Maldaner, G., Morel, A.F., Baldisserotto, B., 2015. Methanolic extract of *Condalia buxifolia* added to transport water alters biochemical parameters of the silver catfish *Rhamdia quelen*. *Aquaculture* 437, 46-50.

Salbego, J., Cunha, M., A., Kebus, C. G. H., M. J., et al., 1992. Effects of rearing density on the stress response and growth of rainbow trout. *Journal of Aquatic Animal Health* 4, 1-6.

Schreck, C. B., 1981. Stress and compensation in teleostean fishes: response to social and physical factors. In: Pickering A.D. (Ed.). *Stress and fish*. Academic Press, London, pp. 295-321.

Schreck, L., 1990. Physiological, behavioral, and performance indicators of stress. In: American Fisheries Society Symposium, v. 8, p. 29-37.

Silva, V.N., 2016. Efeito de altas temperaturas no crescimento e nas respostas fisiológicas ao estresse de juvenis de robalo-flecha (*centropomus undecimalis*). Universidade Federal de Santa Catarina, Graduate of aquaculture, Brasil, Masters dissertation.

Silva, L. V. F., J. I., 2003 Golombieski, and Baldisserotto .B. Incubation of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Pimelodidae), eggs at different calcium and magnesium concentrations. Aquaculture 228, 279–287.

Tsuzuki, M.Y., Cerqueira, V. R., Teles, A., Doneda, S., 2007a. Salinity tolerance of laboratory reared juveniles of the fat snook *Centropomus parallelus*. Brazilian Journal of Oceanography 55, 1-5.

Tucker JR., J. W., Russell, D. J., Rimmer, M. A., 2002. Barramundi Culture: A Success Story for Aquaculture in Asia and Australia. World Aquaculture 33, 67–72.

Tucker JR., J.W., 1987. Snook and tarpon snook culture and preliminary evaluation for comercial farming. The Progressive Fish-Culturist 49, 49-57.

Varsamos, S., Nebel, C., Charmantier, G., 2005. Ontogeny of osmoregulation in post-embryonic fish: a review. Comp. Biochem. Physiol. A 141, 401-429.

Vinatea, L. A., 2010. Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura. third ed. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Wendelaar Bonga, S.E., 1997. The stress response in fish. Physiological Reviews 77, 591-625.

Wetzel, R., 1975. Limnology. W.B. Saunders Company, Philadelphia.

Wieser, W., Platzer U., Hinterleitner, S., 1985. Anaerobic and aerobic energy production of young rainbow trout (Salmo gairdneri)

during and after burst activity. *Journal of Comparative Physiology B*, 155(4), 485-492.

Wood, C.M., 2001. Toxic response of the gill. In: Schlenk, D., Benson, W.H., (Eds.), *Target organ toxicity in marine and freshwater teleosts*, vol. 1, Organs. Taylor & Francis, London, pp. 1-89.

Yanes Roca, C., 2006. Husbandry and Larval Rearing of Common Snook (*Centropomus undecimalis*). University of Stirling, Institute of Aquaculture, Scotland. PhD thesis.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sobrevivência foi de 100% em todos os tratamentos, esse percentual se deve a aclimação que foi determinado levando em consideração que em pré-testes com transferência abrupta houve grande mortalidade em baixas durezas (20 e 100 mg CaCO₃ L⁻¹).

A grande diferença da osmolalidade na água nos diferentes tratamentos e os valores constantes no plasma do mesmo parâmetro, vêm de encontro aos resultados de inúmeros trabalhos que comprovam a grande capacidade que o robalo tem de se adaptar a diferentes salinidades

Quantidades semelhantes de cálcio em água doce e água do mar não interferiram de forma benéfica para os peixes mantidos em água doce.

O melhor resultado de crescimento e conversão alimentar foi em água doce com dureza 100 mg CaCO₃ L⁻¹, assim sendo, existe a possibilidade de correção de dureza em viveiros. Através do uso químicos a baixa dureza seria facilmente alcançada com médio custo financeiro.

Os parâmetros de metabolismo testados não foram suficientes para quantificar e qualificar o estresse fisiológico, são necessários mais estudos com enfoque nessa área para melhor esclarecimento.

4. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L. S. et al. Mass production of juveniles of fat snook *Centropomus parallelus* in Brazil. **Journal of World Aquaculture Society**, v. 33, n. 4, p. 506–516, 2002.

ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L. S. et al. First basis for a sustained juvenile production technology of fat snook *Centropomus parallelus* Poey. **Hidrobiológica**, v. 14, n.1, p. 37–45, 2004.

ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L. S., TSUZUKI, M. Y. A review of methods for *Centropomus* spp. (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 39, p. 684–700, 2008.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura**. 3 ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2013. 98 p.

BARBUJO, M. A. T. **Efeito da utilização de uma dieta comercial e dietas experimentais, nas formas seca e semi-úmida, no crescimento e composição corporal do robalo (*Centropomus parallelus* Poey, 1860)**. 1999. 57 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Departamento de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BIANCHINI, A., ROBALDO R. B., SAMPAIO L. A. Cultivo do linguado, *Paralichthys orbignyanus*. In: Baldisserotto B.; Gomes L. C. (Orgs.). **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora da UFSM, p. 445- 470, 2005.

BOEUF, G., PAYAN, P. How should salinity influence fish growth? **Comp. Biochem. Physiol.** 130 C, p. 411– 423, 2001.

BRETT, J. R. Environmental factors and growth. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (Eds.), **Fish Physiology, Academic Press**, New York, vol. III, p. 599– 675, 1979.

BRETT, J. R., GROVES, T. D. D. Physiological energetics. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (Eds.), **Fish Physiology, Academic Press**, New York, vol. III, p. 279– 352, 1979.

BROWN, E. et al. **Seawater: Its Composition, Properties and Behaviour**. 2nd ed. Florida: VCH Publishers. p. 65, 1985.

BURGER, J. M. Increasing compliance by improving the deal: The that's-not-all technique. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 51(2), p. 277, 1986.

CATTANI, O. et al. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40 (ssupl. especial), 2011.

CERQUEIRA, V. R., MACCHIAVELLO, J. A. G., BRÜGGER, A. M. Produção de alevinos de robalo, *Centropomus parallelus* Poey, 1860, através de larvicultura intensiva em laboratório. In: *Anais, Simpósio Brasileiro de Aquicultura, ACIESP*, 7 ed., Peruíbe, p.191-197, 1992.

CERQUEIRA, V. R., MIOSO, R., CANARIN, M. Indução de desova com fertilização natural e artificial e incubação de ovos do robalo-peva (*Centropomus parallelus*). **Atlântica**, Rio Grande, 27(1), p. 31-38, 2005.

CERQUEIRA, V. R. Cultivo de robalo-peva, *Centropomus parallelus*. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. (Orgs.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2ª ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 2010. p. 489-520.

CHAPMAN, P. et al. Final report for sportfish introductions project. *Study I: Artificial culture of snook*. **Florida Game and Fresh Water Fish Commission**, 35 (mimeo report), 1982.

EVANS, D. H., PIERMARINI, P. M., CHOE, K. P. The Multifunctional Fish Gill: Dominant Site of Gás Exchange, Osmoregulation, Acid-Base Regulation, and Excretion of Nitrogenous Waste. **Physiology Revisions**. p. 85, 97-177, 2005.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical Yearbook, Rome**, 2013, p. 288.

Disponível em: <<http://>:

www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>. Acesso em: 9 jun. 2015.

- FEBRY, R., LUTZ, P. Energy partitioning in fish: The activity-related cost of osmoregulation in a euryhaline cichlid. **Journal of Experimental Biology**, 128. p. 63-85, 1987.
- FERRAZ, E. M., CERQUEIRA, V. R., ALVAREZ-LAJONCHERE, L. S. Indução da desova do robalo-peva, *Centropomus parallelus*, através de injeção e implante de LHRHa. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, 28(2): p. 125-133, 2002.
- FLIK, G., VERBOST, P. M. Cellular mechanisms in calcium transport and homeostasis in fish. In: HOCHACHKA, P. W., MOMMSEN, T. P. **Molecular biology frontiers biochemistry and molecular biology of fishes**. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, p. 251–263, 1995.
- FLIK, G., VERBOST, P. M., WENDELAAR BONGA, S. E. Calcium transport processes in fishes. p. 317-341. In: WOOD, C. M., SHUTTLEWORTH T. J. (Eds.). *Cellular and Molecular Approaches to Fish Ionic Regulation*. Academic Press. San Diego, USA, 350p, 1995.
- GIL BARCELLOS, L. J. et al. Estresse em Peixes: Fisiologia da Resposta ao Estresse, Causas e Consequências (Revisão). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 99-111, 2000.
- GILMORE, R. G., DONOHOE, C. J., COOKE, D. W. Observations on the distribution and biology of east-central Florida populations of the common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch) [Fish]. **Florida Science** (USA), 1983.
- GIMENO, L. et al. Endosulfan effects on liver and blood of the eel, *Anguilla anguilla*. **Comp Biochem Physiol C**, v. 108, p. 343-348, 1994.
- HARROWER, J. R., BROWN, C. H. Blood lactic acid. A micromethod adapted to field collection of microliter samples. **Journal of Applied Physiology**; v. 32, p. 709-711, 1976.
- HOWELLS, G. et al. Water quality criteria for European freshwater fish: report on aluminium. **Chemistry and Ecology**, 4(3), p.117-173, 1990.

HWANG, P. P., LEE, T. H. New insights into fish ion regulation and mitochondrion-rich cells. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 148(a), p. 479-497, 2007.

IRGOLIC, K. J., MARTELL, A. E. Environmental Inorganic Chemistry. Walton Hall: The Open University, **Butterwoeth Heinemann**, p. 85-98, 1995.

KIRSCHNER, L. B. Energetics aspects of osmoregulation in fresh water vertebrates. **Journal of Experimental Zoology**, 271, p. 243-252, 1995.

MARSHALL, W. S., GROSELL, M. Ion transport, osmoregulation and acid–base balance. In: **The Physiology of Fishes**, 3rd edn (ed. D. Evans and J. B. Claiborne). Boca Raton, FL: *CRC Press*, 2005.

MATSUO, A. Y. O., VAL A. L. Fish adaptations to Amazonian blackwaters. In: VAL A. L., KAPOOR, B. G. Fish adaptations. **Science Publishers**, Inc, Enfield, New Hampshire, USA, p. 1–36, 2003.

MCCORMICK, S. D. **Endocrine control of osmoregulation in fish**. *Am. Zool.* 41, p. 781– 794, 2001.

MCCORMICK, S. D., MOYES, C. D., BALLANTYNE, J. S. Influence of salinity on the energetics of gill and kidney of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Fish Physiology and Biochemistry**, 6(4), p. 243-254, 1989.

MPA. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/aquicultura/producao/>>. Acesso em 24\12\2015

NELSON, J. S. **Fishes of the world**. Wiley, Nueva York, EEUU, 2006.

NORDLIE, F. G. Environmental influences on regulation of blood plasma/serum components in teleost fishes: a review. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, 19, p. 481-564, 2009.

PASSINI, G. et al. Primeira experiência de maturação e desova do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, em cativeiro no Brasil. **Anais da XI Reunião Científica do Instituto de Pesca**, 2013, São Paulo, Brasil (April 8-10, 2013), p. 143-145. Available at http://www.pesca.sp.gov.br/11recip2013/resumos/11a_ReCIP_R44_143-145.pdf. Acesso em: Maio, 2016.

PERERA-GARCÍA, M. A., MENDOZA-CARRANZA, M., PÁRAMO-DELGADILLO S. Dinámica reproductiva y poblacional del robalo, *Centropomus undecimalis* (Perciformes: *Centropomidae*) en barra San Pedro, Centla, México. **Universidad y Ciencia**, 24, p. 49-59, 2008.

PÉREZ-PINZÓN, M. A., LUTZ, P. L. Activity related cost of osmoregulation in the juvenile snook (*Centropomus undecimalis*). **Bulletin of Marine Science**, 48(1), p. 58-66, 1991.

POLAKOF, S. et al. Glucose metabolism in fish: a review. **Journal of Comparative Physiology**, Part B., v. 182, n. 8, p. 1015–1045, 2012.

REIS, M. A., CERQUEIRA, V. R. Induced spawning of fat snook *Centropomus parallelus* Poey 1860, with different doses of LHRHa. **Acta Scientiarum**, 25(1): p. 53-59, *Reviews*, 77, p. 591-625, jan./june 2003.

RIVAS, L. R. **Systematic review of perciform fishes of the genus *Centropomus***. *Copeia*, 3, p. 576-611, 1986.

SAKAMOTO, T., MCCORMICK, S. D. Prolactin and growth hormone in fish osmoregulation. **General and comparative endocrinology**, 147(1), p. 24-30, 2006.

SALBEGO, J. et al. Methanolic extract of *Condalia buxifolia* added to transport water alters biochemical parameters of the silver catfish *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, 437, p. 46-50, 2015.

SANCHO, E. et al. Liver Energy Metabolism of *Anguilla anguilla* after exposure to Fenitrothion. **Ecotoxicol Environ Safety**, v. 41, p. 168-175, 1998.

SAWYER, C., MCCARTY, P. **Chemistry for Enviromental Engineering**. McGraw-Hill Inc. p. 532, 1978.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Animal physiology: adaptation and environment**. Cambridge University Press, 1997.

SHAFLAND, P. L., KOEHL, D. H. Laboratory rearing of the common snook. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Fish Wildl. Agencies*, 33, p. 425–431, 1979.

SOLIGO, T. A. et al. Primeira experiência de indução hormonal, desova e larvicultura do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis* no Brasil. In: **Tópicos especiais em biologia aquática e aquíicultura II. Sociedade Brasileira de Aquíicultura e Biologia Aquática**. Jaboticabal, p. 143–152, 2008.

SOUZA-FILHO, J. J., CERQUEIRA, V.R. Influência da densidade de estocagem no cultivo de juvenis de robalo-flecha mantidos em laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p.1317-1322, 2003.

STEFFENS, W. **Principios Fundamentales de la Alimentación de los Peces**. 1. ed. Zaragoza: Acribia, 1987. 275p.

TAYLOR, G. T. et al. Age, growth, maturation, and protandric sex reversal in common snook, *Centropomus undecimalis*, from the east and west coast of South Florida. **Fishery Bulletin**, 98, p. 612-624, 2000.

TRINGALI, M. D., BERT, T. M., SEYOUM, S. Genetic identification of *Centropomidae* fishes. **Trans. Am. Fish. Soc.** 128, p. 446-458, 1999.

TUCKER JR, J. W. Snook and tarpon snook culture and preliminary evaluation for commercial farming. **The Progressive Fish-Culturist**, 49, p. 49–57, 1987.

VAN VUREN, J. H. J., VAN DER MERWE, M., DU PREEZ, H. H. The effect of copper on the blood chemistry of *Clarias gariepinus* (*Clariidae*). **Ecotoxicol Environ Safety**, v. 29, p. 187-199, 1994.

VARSAMOS, S., NEBEL C., CHARMANTIER, G. Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: a review. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular and Integrative Physiology**, 141, p. 401-429, 2005.

VINATEA, L. A. **Principios químicos da qualidade da água em aquíicultura**. 3º ed., Florianópolis: UFSC, 2010. 237p.

WENDELAAR BONGA, S.E. **The stress response in fish**. **Physiological Reviews**, 77, 591-625, 1997.

WETZEL, R., **Limnology**. W. B. 1. Ed. Saunders Company: Philadelphia, 1975. 743p.

WOOD, C. M. Toxic response of the gill. In: D. SCHLENK; W. H. BENSON. Target organ toxicity in marine and freshwater teleosts. **Taylor & Francis**, London, UK, p. 1–89, 2001.

WOOD, C. M., PÄRT, P. E. T. E. R. Cultured branchial epithelia from freshwater fish gills. **The Journal of experimental biology**, 200(6), p. 1047-1059, 1997.

ZWEIG, R. D., MORTON J. D.; M. M. STEWART. Source water quality for aquaculture. **The World Bank**, Washington, DC, USA, 1999.