

Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Instituto de Oceanografia
Programa de Pós Graduação em Aquicultura

EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O COMPORTAMENTO IONO-
OSMORREGULATÓRIO E CRESCIMENTO DE JUVENIS DO PAMPO *Trachinotus*
marginatus

IURI SALIM ABOU ANNI

FURG
RIO GRANDE, RS

2011

Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Instituto de Oceanografia

Programa de Pós Graduação em Aquicultura

EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O COMPORTAMENTO IONO-
OSMORREGULATÓRIO E CRESCIMENTO DE JUVENIS DO PAMPO *Trachinotus*
marginatus

IURI SALIM ABOU ANNI

Biólogo Marinho

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura no Programa de Pós Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Dr. Luís A. Sampaio

Co-orientador: Dr. Marcelo B. Tesser

Rio Grande, RS, Brasil

Fevereiro de 2011

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
DEDICATÓRIA.....	vi
RESUMO GERAL	vii
GENERAL ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	6
OBJETIVOS.....	13
Capítulo 1 - Determinação do ponto isosmótico e da composição iônica plasmática do pampo <i>Trachinotus marginatus</i> Cuvier 1832, submetido a diferentes salinidades.	14
RESUMO	14
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS	20
DISCUSSÃO.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
Capítulo 2 - Efeito da salinidade sob o crescimento de juvenis de pampos <i>Trachinotus marginatus</i> Cuvier 1832.....	35
RESUMO	35
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS.....	37
RESULTADOS	41
DISCUSSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS	55

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Rita, tia Darcy e avó Doroti, por todo incentivo e força durante todas as fases do mestrado. Sem vocês nada disso teria sido possível.

Ao meu orientador Luís André Sampaio, pela oportunidade de fazer esse trabalho, por toda credibilidade, atenção, orientação prestada e paciência e amizade em todas as etapas desse trabalho.

Ao meu co-orientador Marcelo B. Tesser, pela amizade, atenção prestada, conselhos, sugestões e aprendizado em cada etapa desse trabalho.

Ao professor Adalto Bianchini, por tornar possível o desenvolvimento das análises fisiológicas no setor de fisiologia da FURG, por todas as discussões, dicas, aprendizado e amizade.

Ao professor Luis Romano, pela ajuda no desenvolvimento da parte histológica do trabalho, atenção, conselhos, aprendizado e amizade.

A Indianara Barcarolli, por toda atenção, aprendizado e ajuda prestada nas análises fisiológicas.

A Marta Klosterhoff, por toda ajuda e atenção prestada na histologia desse trabalho, e aprendizado.

A toda equipe do Grupo de Pesquisa em Piscicultura Estuarina e Marinha do Instituto de Oceanografia da FURG, pela ajuda prestada nas coletas, biometrias, análises, discussões, aprendizado, amizade e momentos de descontração durante todo desenvolvimento desse trabalho.

A todos os professores, alunos, estagiários e funcionários da Estação Marinha de Aquacultura, por toda ajuda direta ou indireta, amizade, aprendizado e momentos de descontração em cada etapa desse trabalho.

Aos pescadores Cói e Vitor pela ajuda na obtenção dos pampos.

A todos os amigos, pelas festas, passeios, conversas, e aprendizado.

A todos que não foram citados aqui, mas participaram direta ou indiretamente no desenvolvimento desse trabalho.

“A ausência de evidência não significa a evidência de ausência”

Autor: Carl Sagan

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho às três mulheres mais importantes da minha vida, minha mãe Rita, minha tia Darcy e minha avó Doroti!

RESUMO GERAL

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da salinidade sobre o comportamento iônico e osmorregulatório, bem como o crescimento de juvenis de pampo *Trachinotus marginatus*. Um experimento foi realizado para estimar o ponto isosmótico e as concentrações iônicas plasmáticas do pampo. Os peixes ($144,7 \pm 28,4$ g e $19,6 \pm 2,0$ cm) foram aclimatados durante quinze dias nas salinidades 4, 8, 12, 16 e 20 e amostras de sangue foram coletadas para análise da composição iônica e osmolalidade plasmática. O ponto isosmótico foi determinado pela regressão linear entre a osmolalidade plasmática e a osmolalidade da água. Em um segundo experimento, 320 peixes ($2,14 \pm 0,29$ g e $5,11 \pm 0,33$ cm) foram aleatoriamente distribuídos em 16 tanques (50L). Cada tratamento foi mantido nas salinidades 3, 6, 12 e 32 (quatro repetições cada), equivalente a 25, 50, 100 e 267% do ponto de isosmótico. Durante o período experimental (28 dias), os peixes foram mantidos a 28 °C, pH 8,0, alcalinidade 135 mg CaCO₃/L e saturação de oxigênio sempre superior a 90%. O consumo de oxigênio foi medido em cada salinidade. O segundo arco branquial de 12 peixes foi coletado para análise da atividade da enzima Na⁺/K⁺-ATPase. O ponto isosmótico do pampo foi determinado em 357,5 mOsmoles/kg H₂O⁻¹, o que equivale à salinidade 13,1. A osmolalidade plasmática, o hematócrito, a glicemia, o índice hepatossomático e atividade da Na⁺/K⁺-ATPase branquial não foram afetados pela salinidade. No segundo experimento, a maior taxa de consumo de oxigênio foi observado para os peixes criados na salinidade 3, enquanto a atividade da Na⁺/K⁺-ATPase branquial foi significativamente maior nesta salinidade em relação às salinidades 12 e 32. A concentração de glicogênio hepático da salinidade 3 foi significativamente menor em relação a salinidade 32. A atividade da tripsina no intestino e a umidade dos músculos não apresentaram variação significativa entre os tratamentos. O maior crescimento foi observado nas salinidades 3, 6 e 12.

Palavras chave: crescimento, osmorregulação, salinidade, ponto isosmótico, Na⁺/K⁺-ATPase

GENERAL ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of salinity on juvenile growth of juvenile pompano *Trachinotus marginatus*. One experiment was done to estimate the isosmotic point of pompano, fish ($144,7 \pm 28,4$ g e $19,6 \pm 2,0$ cm) were acclimated fortnightly at salinities 4, 8, 12, 16 and 20 and blood was sampled for osmolarity analysis. The isosmotic point was determined by linear regression between plasma osmolality and water osmolality. Later, 320 fish ($2,1 \pm 0,2$ g and $5,1 \pm 0,3$ cm) were randomly distributed into 16 tanks (50L). Each treatment was maintained at salinities 3, 6, 12, and 32 (four replicates each), equivalent to 25, 50, 100 and 267% of the isosmotic point. During the experimental period (28 days), fish were maintained at 28°C, pH 8.0, alkalinity 135 mg/L of CaCO₃, and oxygen saturation was always above 90%. Oxygen consumption was measured at each salinity. The second gill arch of 12 fish was collected for analysis of the Na⁺/K⁺-ATPase. The isosmotic point of *T. marginatus* was determined in 357,5 mOsmol/kg H₂O⁻¹, which is equivalent to salinity 13,1. Plasma osmolality, hematocrit, glycemia, hepatosomatic index and activity of Na⁺/K⁺-ATPase were not affected by salinity. In the second experiment, the highest rate of oxygen consumption was observed for fish reared at salinity 3, while the activity of Na⁺/K⁺-ATPase was significantly higher in salinity 3 in relation to salinity 12 and 32. The hepatic glycogen concentration of salinity 3 was significantly lower than the salinity 32. The activity of trypsin in the intestine and muscle humidity showed no significant variation between treatments. The best growth performance was observed at salinity 3, 6 and 12.

Keywords: growth, osmoregulation, salinity, isosmotic point, Na⁺/K⁺-ATPase activity.

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente a aquicultura é considerada uma das principais atividades humanas de produção de alimento no contexto mundial (FAO, 2008). A produção mundial aquícola em 2006 foi de 51,7 milhões de toneladas, com uma geração de renda de aproximadamente US\$ 78,8 bilhões. A China teve a maior produção com 67% do total e 49% da geração de receitas (FAO, 2008). A produção aquícola brasileira tem crescido acima da média mundial desde 1995. Mesmo com uma redução na produção de 1,4% entre os anos de 2003 e 2004, a aquicultura brasileira cresceu em média 21,1%/ano enquanto a mundial cresceu cerca de 9,5%/ano, no período de 1991 a 2004 (OSTRENSKY et al., 2008).

A produção da maricultura brasileira foi de 78.450 toneladas em 2007, equivalente a 7,3% da produção de pescado nacional (IBAMA, 2007). A piscicultura marinha representa ainda, uma pequena parcela dessa produção, seja por dificuldades associadas à atividade e/ou pela falta de conhecimento técnico e científico. Apesar de ser considerada atualmente uma atividade de produção baixa no Brasil, a criação de peixes marinhos é considerada como uma das mais lucrativas áreas da aquicultura, devido ao alto valor que pode ser agregado aos seus produtos (FAO, 2008). A piscicultura marinha no Brasil tem um alto potencial, tendo em vista as condições climáticas e hidrográficas adequadas em grandes extensões do litoral, além da elevada diversidade de peixes demersais e pelágicos de interesse comercial (ASSAD & BURSZTYN, 2000).

A família Carangidae engloba um grupo diversificado de peixes, é composta por aproximadamente quatro subfamílias, com 32 gêneros e 140 espécies (NELSON, 1994). Algumas espécies são consideradas de grande importância econômica, especialmente pampas do gênero *Trachinotus* (ADAMS, 2006; RICHE, 2009, CAVALIN & WEIRICH, 2009), que são considerados para aquicultura devido à sua rápida adaptação ao cativeiro e à boa tolerância a condições ambientais extremas (JORY et al., 1985; LAZO et al., 1998).

Peixes como *Trachinotus carolinus* e *Trachinotus ovatus* vêm sendo investigados nos últimos tempos, por meio da análise de crescimento, retenção de nitrogênio e alimentação entre outros trabalhos (LAZO et al., 1998; TUTMAN et al., 2004; RICHE 2009; CAVALIN & WEIRICH, 2009). Contudo, apesar do potencial dos

peixes da família Carangidae para aquicultura, as informações sobre a criação do pampo *Trachinotus marginatus* Cuvier 1832 ainda são escassas. Os estudos conduzidos com essa espécie abordam a tolerância à salinidade, ocorrência de parasitas, tolerância à nitrogenados e a metais, eficácia de anestésicos e consumo de oxigênio pós-prandial (SAMPAIO et al., 2003; CHAVES et al., 2006; COSTA et al., 2008; MARTINS e BIANCHINI, 2008; OKAMOTO et al., 2009; CUNHA et al., 2009).

O pampo *Trachinotus marginatus* (Figura 1), nativo do litoral brasileiro, possui hábitos costeiros. Os indivíduos jovens ocorrem com frequência em regiões costeiras do Rio Grande do Sul, na zona de arrebentação. Sua distribuição vai do Rio de Janeiro ao Uruguai (MENEZES & FIGUEIREDO, 1980). São descritos como carnívoros de natação rápida e predadores de perseguição (HONEBRINK, 2000).



Figura 1 – Exemplar do pampo *Trachinotus marginatus*. Foto: Iuri Salim

A salinidade, entre outros parâmetros abióticos, afeta diretamente as funções fisiológicas dos organismos aquáticos, principalmente em ambientes estuarinos e costeiros, onde sua variação é maior do que em alto mar. Esse fator pode influenciar no crescimento e sobrevivência dos peixes (BOEUF & PAYAN, 2001; SAMPAIO & BIANCHINI, 2002; BARMAN et al., 2005; RESLEY et al., 2006 TSUZUKI et al., 2007; MIRANDA-FILHO et al., 2008). Várias espécies de teleósteos eurialinos têm sido estudadas quanto à influência da salinidade da água sobre seu crescimento. Na maioria dos casos, foi constatado que a salinidade influencia diretamente o crescimento (PLAUT, 1999; MARTINEZ-PALÁCIOS et al., 2004; ROCHA et al., 2005; BARMAN et al., 2005). Geralmente, peixes eurialinos de água salgada apresentam melhor desempenho de crescimento em salinidades intermediárias, por outro lado, peixes de

água doce podem apresentar crescimento reduzido em salinidades elevadas (MORGAN & IWANA, 1991; BOEUF & PAYAN, 2001).

A salinidade também pode influenciar a atividade de enzimas digestivas, e afetar desta forma o crescimento (WOO & KELLY, 1995; MOUTOU et al., 2004; TSUZUKI et al., 2007). A exposição a diferentes salinidades resulta em mudanças nas taxas de ingestão de água, e é possível que a atividade de enzimas digestivas possa ser afetada pela salinidade no conteúdo do trato intestinal (PERROTT et al., 1992; FUENTES & EDDY, 1997; BOEUF & PAYAN, 2001).

A variação de salinidade pode ainda induzir elevações no consumo de oxigênio, ingestão de alimento e excreção de nitrogênio, como também, diminuições nos níveis de substrato energético e alterações no balanço de hormônios, como a prolactina (PRL) e o hormônio de crescimento (GH), envolvidos no metabolismo (ROCHA et al., 2005; MANCERA & MCCORMICK, 1998; KELLY et al., 1999; BOEUF & PAYAN, 2001; MCCORMICK, 2001; LAIZ-CARRIÓN et al., 2002; MAZON, 2002; TSUZUKI et al., 2008; ZHENG et al., 2008; ARJONA et al., 2009; MEIER et al., 2009; TOMY et al., 2009).

Poucos estudos foram conduzidos com juvenis de pampo *T. marginatus* sobre os efeitos da salinidade em seu metabolismo, contudo, foi determinado que a espécie é considerada eurialina, podendo tolerar ampla faixa de salinidade, em torno de 7 a 58, após exposição aguda dos indivíduos aclimatados em água do mar (35) (SAMPAIO et al., 2003).

Os peixes que vivem em água salgada apresentam uma concentração osmótica dos fluídos corporais menor (cerca de 300 mOsm/kg⁻¹) que a do meio em que estão expostos (cerca de 1000 mOsm/kg⁻¹). Sendo assim, são considerados hiposmóticos em relação ao meio em que vivem (SCHMIDT-NIELSEN, 1997; BALDISSEROTTO, 2009). O ponto em que a osmolalidade do plasma se encontra igual à do ambiente externo é chamado de ponto isosmótico. A salinidade equivalente ao ponto isosmótico de diferentes espécies de peixes varia de 10 a 12 (SAMPAIO & BIANCHINI, 2002; NORDLIE, 2009).

Os peixes teleósteos eurialinos 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). Esses processos são regidos por mecanismos de ganho e perda de íons, presentes em alguns órgãos dos peixes, como brânquias, intestino e rins (BOEUF & PAYAN, 2001).

Entre essas estruturas, temos as células de cloreto, localizadas nos filamentos branquiais e na membrana opercular (HOAR & RANDALL, 1969; HOAR, 1988; PERRY, 1997; BALDISSEROTTO, 2009). As células de cloreto branquiais são as principais vias de excreção do excesso dos íons Na^+ , Cl^- e K^+ nos peixes adultos (HOAR, 1988; PERRY, 1997; GLOVER, 2007; BALDISSEROTTO, 2009). Variações na salinidade podem provocar aumento de tamanho, densidade e modificações morfológicas nas células de cloreto (PERRY, 1997; KELLY et al., 1999; CABEROY & QUNITIO, 2000; ERKMEN & KOLANKAYA, 2009; MYLONAS et al., 2009)

A molécula Na^+ , K^+ -ATPase, também conhecida como bomba de Na^+/K^+ , está localizada na membrana basolateral das células de cloreto do epitélio branquial e nas células do trato digestório (HOAR & RANDALL, 1969; HOAR, 1988; BALDISSEROTTO, 2009). Ela atua na retirada de íons Na^+ e na entrada de K^+ da célula, garantindo assim, o balanço iônico (CABEROY & QUNITIO, 2000; CARNEIRO et al., 2007; ATLI & CANLI, 2008; LUNDGREEN et al., 2008; BALDISSEROTTO, 2009; MCCORMICK et al., 2009). Por ser um processo de transporte iônico ativo da célula, a atividade dessa enzima gera um custo energético ao metabolismo dos peixes (MORGAN & IWAMA, 1996; LAIZ-CARRIÓN et al., 2002; CHANG et al., 2007; TSENG & HWANG, 2008). A enzima utiliza energia química, gerada a partir da hidrólise de ATP para transferir três íons Na^+ para fora da célula e dois íons K^+ para dentro da célula, mantendo assim o equilíbrio iônico (KAPLAN, 2002; ATLI & CANLI, 2008) Além de fazer a regulação dos gradientes iônicos de Na^+ e K^+ nas membranas, essa enzima é muito importante para o sucesso das atividades fisiológicas dos peixes, incluindo participação em funções vitais das células, como balanço osmótico, controle das concentrações de Ca^{++} , potencial de membrana e contração muscular (DIAZ et al., 1998; ATLI & CANLI, 2008). Alguns estudos com teleósteos mostram que a atividade da Na^+/K^+ -ATPase pode apresentar variação em relação a mudanças na salinidade (MORGAN & IWAMA, 1998; AMARAL et al., 2001). Geralmente é observado um aumento na atividade da Na^+/K^+ -ATPase conforme o aumento do gradiente de variação da salinidade (IMSLAND et al., 2003; FIESS et al., 2007; HIROI & MCCORMICK, 2007; MCCORMICK et al., 2009).

O aumento na atividade da enzima Na^+/K^+ -ATPase, causado pela variação de salinidade, pode refletir num maior gasto energético para osmorregulação (MORGAN & IWAMA, 1998; LUNDGREEN et al., 2008; TSENG & HWANG, 2008). Bushnell & Brill (1992) estimaram que a osmorregulação pode consumir cerca de 54 a 68% do

rendimento metabólico sem natação em duas espécies de tunídeos. Swanson (1998) observou um aumento significativo no custo metabólico para osmorregulação de juvenis de *Chanos chanos*, conforme elevação da salinidade. Contudo, Boeuf & Payan (2001) mostram que o custo metabólico para osmorregulação pode ser de apenas 10% do rendimento metabólico para teleósteos de água salgada.

Em termos de geração de energia, a glicose exerce um importante papel no fornecimento de energia para o metabolismo. Esse carboidrato é armazenado nos tecidos animais como um polissacarídeo de ramificação longa, chamado glicogênio (LAIZ-CARRIÓN et al., 2002; CHANG et al., 2007). O glicogênio é a principal fonte de energia tanto para animais vertebrados, como para invertebrados, especialmente frente a flutuações nos parâmetros ambientais (LAIZ-CARRIÓN et al., 2002; BACCA et al., 2005; CHANG et al., 2007; ARJONA et al., 2009; PADMAVATHY & RAMANATHAN, 2010). Os carboidratos armazenados na forma de glicogênio no fígado e no músculo são a principal fonte de energia no metabolismo aeróbico e anaeróbico nos peixes. (NAVARRO & GUTIÉRREZ, 1995; NELSON & COX, 2004; ARJONA et al., 2009). Efeitos da variação de salinidade sobre os níveis de glicogênio em alguns órgãos dos peixes, como fígado, brânquias e músculos, foram estudados e foi observado redução nos níveis de glicogênio hepático e muscular, conforme o aumento dos custos metabólicos para osmorregulação (SANGIAO-ALVARELLOS et al., 2003; CHANG et al., 2007; TSENG et al., 2007; ARJONA et al., 2009).

Diversas espécies de peixes teleósteos, quando mantidos em salinidades próximas ou equivalentes ao seu ponto isosmótico, apresentam menor gasto energético para osmorregulação (FEBRY & LUTZ, 1987; GAUMET et al., 1995; BOEUF & PAYAN, 2001; ALTINOK & GRIZZLE, 2001; HERRERA et al., 2009; NORDLIE, 2009). A redução nos custos metabólicos para regulação osmótica pode refletir na realocação dessa energia para outros processos fisiológicos, como por exemplo, incremento no crescimento (MORGAN & IWANA, 1991; ALTINOK & GRIZZLE, 2001). Todavia, para algumas espécies, esse fato não é observado (SWANSON, 1998, BOEUF & PAYAN, 2001; NORDLIE, 2009).

Conhecer o comportamento iônico e osmorregulatório e o crescimento do pampo em diferentes salinidades é de grande importância para o entendimento dos seus processos fisiológicos e, conseqüentemente fornecem subsídios para melhorias no manejo em cativeiro dessa espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, A. J.; WOLFE, R. K.; KELLISON, G. T.; VICTOR, B. C. 2006. Patterns of juvenile habitat use and seasonality of settlement by permit, *Trachinotus falcatus*. *Environmental Biology of Fishes* 75(2):209-217.
- ALTINOK, I., GRIZZLE, J. M. 2001. Effects of brackish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juveniles euryhaline and freshwater stenohaline fishes, *Journal of Fish Biology*. 59:1142-1152.
- AMARAL, C.; CRISTINA, A.; BONECKER, T.; ORTIZ, C.H. 2001. Activity determination of Na^+/K^+ - ATPase and Mg^{++} - ATPase enzymes in the gill of *Poecilia vivipara* (Osteichthyes, Cyprinodontiformes) in different salinities. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 44:1-6.
- ARJONA, F., VARGAS-CHACOFF, L.; RUIZ-JARABO, I; GONÇALVES O.; PÁSCOA, I; MARTÍN DEL RÍO, M. P.; MANCERA, J. M. 2009. Tertiary stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) to osmotic challenge: Implications for osmoregulation, energy metabolism and growth. *Aquaculture* 287(3-4):419-426.
- ASSAD, T. L.; BURSZTYN, M. 2000. Aquicultura Sustentável. In: Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. Editado por Valenti, W.C; Poli, C.R; Pereira, J.A & Borghetti, J.R. Brasília: CNPq. Ministério da Ciência e Tecnologia. 399p.
- ATLI, G.; CANLI, M. 2008. Characterization of branchial Na, K-ATPase from three freshwater fish species (*Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, and *Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Zoology* 32:299-304.
- BACCA, H.; HUVET, A.; FABIoux, C.; DANIEL, J. Y.; DELAPORTE, M.; POUVREAU, S.; VAN WORMHOUDT, A.; MOAL, J. 2005. Molecular cloning and seasonal expression of oyster glycogen phosphorylase and glycogen synthase genes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 140:635-646.
- BALDISSEROTTO, B. 2009. Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura. 2ª Ed. Editora UFSM, Santa Maria, 352p.
- BARMAN, U. K.; JANA, S. N.; GARG, S. K.; BHATNAGAR, A.; ARASU, A. R. T. 2005. Effect of inland water salinity on growth, feed conversion efficiency and intestinal enzyme activity in growing grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.): Field and laboratory studies. *Aquaculture International* 13:241-256.
- BOEUF, G.; PAYAN, P. 2001. How should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 130(4):411-23.
- BUSHNELL, P. G.; BRILL, R. W. 1992. Oxygen transport and cardiovascular responses in skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* and yellowfin tuna *Thunnus albacares* exposed to acute hypoxia. *Journal of Comparative Physiology* 162:131-143.

- CABEROY, N. B.; QUINTIO, G. F. 2000. Changes in Na^+/K^+ -ATPase activity and gill chloride cell morphology in the grouper *Epinephelus coioides* larvae and juveniles in response to salinity and temperature. *Fish Physiology and Biochemistry* 23:83-94.
- CARNEIRO, P. C. F.; URBINATI, E. C.; BENDHACK, F. 2007. Osmoregulation and Fish Transportation. In: BALDISSEROTTO, B., MANCERA, J. M.; KAPOOR, B. G. (Eds.), *Fish Osmoregulation*. Science Publisher, Enfield, pp. 235-248.
- CAVALIN, F. G.; WEIRICH, C. R. 2009. Larval performance of aquacultured Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) fed rotifers (*Brachionus plicatilis*) enriched with selected commercial diets. *Aquaculture* 292 (1-2):67-73.
- CHANG, J. C.; WU, S.; TSENG, Y. 2007. Regulation of glycogen metabolism in gills and liver of the euryhaline tilapia (*Oreochromis mossambicus*) during acclimation to seawater. *The Journal of Experimental Biology* 210(Pt 19):3494-504.
- CHAVES, I. S.; LUVIZZOTTO-SANTOS, R.; SAMPAIO, L. A. N. 2006. Immune adaptive response induced by *Bicotylophora trachinoti* (Monogenea: Diclidophoridae) infestation in pompano *Trachinotus marginatus* (Perciformes: Carangidae). *Fish & Shellfish Immunology* 21:242-250.
- COSTA, L. D. F.; MIRANDA-FILHO, K.; SEVERO, M.; SAMPAIO, L. 2008. Tolerance of juvenile pompano *Trachinotus marginatus* to acute ammonia and nitrite exposure at different salinity levels. *Aquaculture* 285:270-272.
- CUNHA, V.L.; RODRIGUES, R.V.; OKAMOTO, M.H., SAMPAIO, L.A. 2009. Consumo de oxigênio pós-prandial de juvenis de pampos *Trachinotus marginatus*. *Ciência Rural* 39:1257-1259.
- DIAZ, M.; COZZI, S.; ALMANSA, E.; CASARIEGO, M.; BOLANOS, A.; CEJAS, J.; LORENZO, A. 1998. Characterization of intestinal Na^+/K^+ -ATPase in the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). Evidence for a tissue-specific heterogeneity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 121:65-76.
- ERKMEN, B.; KOLANKAYA, D. 2009. The Relationship Between Chloride Cells and Salinity Adaptation in the Euryhaline Teleost, *Lebistes reticulatus*. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(5):888-892.
- FAO. 2008. The State of World Fisheries and Aquaculture. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Fisheries Department. Roma. 218p.
- FEBRY, R.; LUTZ, P. 1987. Energy partitioning fish: the activity related cost of osmoregulation in euryhaline cichlid. *Journal of Experimental Biology* 128:63-85.
- FISS, J. C.; KUNKEL-PATTERSON, A.; MATHIAS, L. 2007. Effects of environmental salinity and temperature on osmoregulatory ability, organic osmolytes, and plasma hormone profiles in the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 146(2):252-64.

- FUENTES, J.; EDDY, F.B. 1997. Drinking in Atlantic salmon psmolts and smolts in response to growth hormone and salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 117:87-91.
- GAUMET, F.; BOEUF, G.; SEVERE, A.; LEROUX, A.; MAYER GOSTAN, N. 1995. Effects of salinity of the ionic balance and growth of juvenile turbot. *Journal of Fish Biology* 47:865-876.
- GLOVER, C. N. 2007. Cellular and Molecular Approaches to the Investigation of Piscine Osmoregulation: Current and Future Perspective. In: BALDISSEROTTO, B., MANCERA, J. M.; KAPOOR, B. G. (Eds.), *Fish Osmoregulation*. Science Publisher, Enfield, pp.178-234.
- HERRERA, M.; VARGAS-CHACO, L.; HACHERO, I.; RU, I.; RODILES, A. 2009. Osmoregulatory changes in wedge sole (*Dicologlossa cuneata* Moreau, 1881) after acclimation to different environmental salinities. *Aquaculture Research* 40:762-771.
- HIROI, J.; MCCORMICK, S. D. 2007. Variation in salinity tolerance, gill Na^+/K^+ -ATPase, $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{2Cl}^-$ cotransporter and mitochondria-rich cell distribution in three salmonids *Salvelinus namaycush*, *Salvelinus fontinalis* and *Salmo salar*. *The Journal of experimental biology* 210(6):1015-1024.
- HOAR, W. S.; RANDALL, D. J. 1969 . *Fish Physiology*. Academic Press, New York and London. vol. 1: Excretion, Ionic regulation, and Metabolism. 465p.
- HOAR, W. S. 1988. The physiology of smolting salmonids. In: Hoar, W.S.; Randall, D.J. (Eds.), *Fish Physiology. The Physiology of Developing Fish*, vol. 11B. Academic Press, New York, pp. 275-343
- HONEBRINK, R. R. 2000. A review of the biology of the family Carangidae, with emphasis on species found in Hawaiian waters. DAR Technical Report 20-01 Division of Aquatic Resources Department of Land and Natural Resources, Honolulu, Hawaii.
- IBAMA. 2007. Instituto brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Estatística da Pesca ano de 2007. Brasília. 151p.
- IMSLAND, A. K.; GUNNARSSON, S.; FOSS, A.; STEFANSSON, S. O. 2003. Gill Na^+ , K^+ -ATPase activity, plasma chloride and osmolality in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) reared at different temperatures and salinities. *Aquaculture* 218:671-683.
- JORY, D.; IVERSEN, E.; LEWIS, R. 1985 .Culture of the fishes of the genus *Trachinotus* (Carangidae) in the Western Atlantic. *Journal of the World Mariculture Society* 16:87-94.
- KAPLAN, J. H. 2002. Biochemistry of Na^+/K^+ -ATPase. *Annual review of Biochemistry* 71:511-35.
- KELLY, S. P.; CHOW, I. N.; WOO, N. Y. 1999. Effects of prolactin and growth hormone on strategies of hypoosmotic adaptation in a marine teleost, *Sparus sarba*. *General and Comparative Endocrinology* 113(1):9-22.

- LAIZ-CARRIÓN, R.; SANGIAO-ALVARELLOS, S.; GUZMÁN, J. M. 2002. Energy metabolism in fish tissues related to osmoregulation and cortisol action. *Fish Physiology and Biochemistry* 27(3-4):179-188.
- LAZO, J.; ALLEN DAVIS, D.; ARNOLD, C. R. 1998. The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Florida pompano (*Trachinotus carolinus*). *Aquaculture* 169(3-4):225-232.
- LUNDGREEN, K.; KIILERICH, P.; TIPSMARK, C. K.; MADSEN, S. S.; JENSEN, F.B. 2008. Physiological response in the European flounder (*Platichthys flesus*) to variable salinity and oxygen conditions. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology* 178:909-915.
- MANCERA, J. M.; MCCORMICK, S. D. 1998. Evidence for growth hormone/insulin-like growth factor I axis regulation of seawater acclimation in the euryhaline teleost *Fundulus heteroclitus*. *General and Comparative Endocrinology* 111:103-12.
- MANZON, L. A. 2002. The role of prolactin in fish osmoregulation: a review. *General and Comparative Endocrinology* 125(2):291-310.
- MARTINS, S. A.; BIANCHINI, A. D. 2008. Copper accumulation and toxicity in the Plata pompano *Trachinotus marginatus* Cuvier 1832 (Teleostei, Carangidae). *Journal of Aquatic Sciences* 1832:384-390.
- MARTINEZ-PALÁCIOS, C. A.; MORTE, J. C.; TELLO-BALLINAS, J. A.; TOLEDO-CUEVAS, M.; ROSS, L. G.; 2004. The effects of saline environments on survival and growth of eggs and larvae of *Chirostoma estor estor* Jordan 1880 (Pisces: Atherinidae). *Aquaculture* 238:509-522.
- MCCORMICK, S. D. 2001. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. *Integrative and Comparative Biology* 41(4):781-794.
- MCCORMICK, S. D.; REGISH, M.; CHRISTENSEN, K. 2009. Distinct freshwater and seawater isoforms of Na⁺/K⁺-ATPase in gill chloride cells of Atlantic salmon. *The Journal of Experimental Biology* 212(24):3994-4001.
- MEIER, K. M.; FIGUEIREDO, M. A.; KAMIMURA, M. T.; LAURINO, J.; MAGGIONI, R.; PINTO, L. S.; DELLAGOSTIN, O. A.; TESSER, M. B.; SAMPAIO L.A.; MARINS, L. F. 2009. Increased growth hormone (GH), growth hormone receptor (GHR), and insulin-like growth factor I (IGF-I) gene transcription after hyperosmotic stress in the Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus*. *Fish Physiology and Biochemistry* 35:501-509.
- MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo. 96 p.
- MIRANDA-FILHO, K. C.; ROBALDO, R. B.; WASIELESKY JÚNIOR, W. 2008. Tolerância de juvenis do "papa-terra" *Menticirrhus littoralis* (Holbrook, 1860) (Pisces: Sciaenidae) a baixas salinidades. *Atlântica* 30(2):101-106.
- MORGAN, J. D.; IWANA, G. K. 1991. Effects of salinity on growth, metabolism and ionic regulation in juvenile rainbow trout and steelhead trout (*Oncorhynchus*

- mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48:2083–2094
- MORGAN, J. D.; IWAMA, G. K. 1996. Cortisol induced changes in oxygen consumption and ionic regulation in coastal cutthroat trout parr. *Fish Physiology and Biochemistry* 15:385-394.
- MORGAN, J. D.; IWAMA, G. K. 1998. Salinity effects on oxygen consumption , gill Na^+/K^+ -ATPase and ion regulation in juvenile coho salmon. *Journal of Fish Biology* 53:1110-1119.
- MOUTOU, K. A.; PANAGIOTAKI, P.; MAMURIS, Z. 2004. Effects of salinity on digestive activity in the euryhaline sparid *Sparus aurata* L.: a preliminary study. *Aquaculture Research* 35:912-914.
- MYLONAS, C.; PAVLIDIS, M.; PAPANDROULAKIS, N.; ZAISS, M.; TSAFARAKIS, D.; PAPADAKIS, I. 2009. Growth performance and osmoregulation in the shi drum (*Umbrina cirrosa*) adapted to different environmental salinities. *Aquaculture* 287(1-2):203-210.
- NAVARRO, I.; GUTIÉRREZ, J., 1995. Fasting and starvation. In: HOCHACHKA, P. W.; MOMMSEN, T. (Eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes*. Elsevier Science B.V, pp. 393-434.
- NELSON, J. S. 1994. *Fishes of the world*. John Wiley e Sons. Inc. New York. 3rd edition. 600 p.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. 2004. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 4ed. New York: W. H. Freeman. 1200 p.
- NORDLIE, F. G. 2009. Environmental influences on regulation of blood plasma/serum components in teleost fishes: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 19(4):481-564.
- OKAMOTO, M. H. ;TESSER, M. B.; LOUZADA, R. L.; SANTOS, R.A.; SAMPAIO, L. A. 2009. Benzocaína e eugenol como anestésicos para juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*. *Ciência Rural* 39:866-870.
- OSTRENSKY, A. BORGUETTI, J.R.; SOTO, D. 2008. *Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca/FAO, 276 p.
- PADMAVATHY, P.; RAMANATHAN, N. 2010. Quantitative changes of glycogen and lactate in muscle, blood and liver tissues of *Oreochromis mossambicus* under hypoxia and recovery. *Sciences-New York* 6(April):54-59.
- PERRY, S. F. 1997. The chloride cell: structure and function in the gills of freshwater fishes. *Annual Review of Physiology* 59(9):325-47.
- PERROTT, M. N.; GRIERSON, C. E.; HAZON, N.; BALMENT, R. J. 1992. Drinking behaviour in sea water and fresh water teleosts, the role of the rennin-angioten- sin system. *Fish Physiology and Biochemistry* 10:161-168.

- PLAUT, I. 1999. Effects of salinity acclimation on oxygen consumption in the freshwater blenny, *Salaria fluviatilis*, and the marine peacock blenny, *S. pavo*. *Marine and Freshwater Research* 50:655-659.
- RICHE, M. 2009. Evaluation of Digestible Energy and Protein for Growth and Nitrogen Retention in Juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 40:45-57.
- RESLEY, M.; WEBBJR, K.; HOLT, G. 2006. Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 253(1-4):398-407.
- ROCHA, J. A. da SILVA; GOMES, V.; NGAN, P. V.; PASSOS, M. J. A. C. R.; 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.
- SAMPAIO, L.A.; BIANCHINI, A. 2002. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 269:187-196.
- SAMPAIO, L. A.; TESSER, M. B.; BURKERT, D. 2003. Tolerância de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus* (Teleostei, Carangidae) ao choque agudo de salinidade em laboratório. *Ciência Rural* 33:757-761.
- SANGIAO-ALVARELLOS, S.; LAIZ-CARRIÓN, R.; GUZMÁN, J. M.; MARTIN DEL RÍO, M. P., MIGUEZ, J. M., MANCERA, J. M. 2003. Acclimation of *S. aurata* to various salinities alters energy metabolism of osmoregulatory and nonosmoregulatory organs. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 285(4):897-907.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. 1996. Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente. 5ed. Livraria Santos Editora, São Paulo. 600p.
- SWANSON, C. 1998. Interactive effects of salinity on metabolic rate , activity , growth and osmoregulation in the euryhaline milkfish (*Chanos chanos*). *The Journal of Experimental Biology* 201:3355-3366.
- TOMY, S.; CHANG, Y.; CHEN, Y. 2009. Salinity effects on the expression of osmoregulatory genes in the euryhaline black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. *General and Comparative Endocrinology* 161(1):123-32.
- TSENG, Y. C.; HUANG, C. J.; CHANG, J. C. H.; TENG, W. Y.; BABA, O.; FANN, M. J.; HWANG, P. P. 2007. Glycogen phosphorylase in glycogen-rich cells is involved in the energy supply for ion regulation in fish gill epithelia. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 293:482-491.
- TSENG, Y; HWANG, P. 2008. Comparative Biochemistry and Physiology , Part C Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 148(4):419-429.

- TSUZUKI, M. Y.; SUGAI, J. K.; MACIEL, J. C.; FRANCISCO, C. J.; CERQUEIRA, V. R. 2007. Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities. *Aquaculture* 271:319-325.
- TSUZUKI, M. Y.; STRÜSSMANN, C. A.; TAKASHIMA, F. 2008. Effect of salinity on the oxygen consumption of larvae of the silversides *Odontesthes hatcheri* and *O. bonariensis* (Osteichthyes, Atherinopsidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51(3):563-567
- TUTMAN, P.; GLAVIC, N.; KOŽUL, V.; SKARAMUCA, B.; GLAMUZINA, B. 2004. Preliminary information on feeding and growth of pompano, *Trachinotus ovatus* (Linnaeus 1758) (Pisces; Carangidae) in captivity. *Aquaculture International* 12:387-393.
- ZHENG, Z.; JIN, C.; LI, M.; BAI, P.; DONG, S. 2008. Effects of temperature and salinity on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile miiuy croaker, *Miichthys miiuy* (Basilewsky). *Aquaculture International* 16:581-589.
- WOO, N. Y. S.; KELLY, S. P. 1995. Effects of salinity and nutritional status on growth and metabolism of *Sparus sarba* in a closed seawater system. *Aquaculture* 135(95):229-23.

OBJETIVOS

Objetivo geral

- Analisar o efeito da salinidade sobre a osmorregulação, crescimento e o metabolismo de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*.

Objetivos específicos

- Determinar a osmolalidade e a concentração dos íons Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} e Mg^{2+} do plasma e da água utilizada para manutenção do pampo *T. marginatus*;
- Determinar o ponto isosmótico do pampo *T. marginatus*;
- Determinar a atividade da Na^+/K^+ -ATPase nas brânquias do pampo *T. marginatus*;
- Analisar o efeito da salinidade sobre a atividade da enzima tripsina no intestino do pampo *T. marginatus*;
- Analisar o efeito da salinidade sobre o crescimento do pampo *T. marginatus*;
- Analisar o efeito da salinidade sobre o consumo de oxigênio do pampo *T. marginatus*;
- Analisar o efeito da salinidade sobre os níveis de glicogênio hepático do pampo *T. marginatus*;

Capítulo 1 - Determinação do ponto isosmótico e da composição iônica plasmática do pampo *Trachinotus marginatus* Cuvier 1832, submetido a diferentes salinidades.

Co-autores: Ricardo Robaldo, Indianara Barcarolli, Adalto Bianchini, Marcelo Borges Tesser e Luis André Sampaio

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento osmorregulatório de juvenis de pampas em diferentes salinidades. Os peixes foram coletados na Praia do Cassino por meio de pesca de arrasto e aclimatados ao cativeiro durante cinco dias. Após o período de aclimação, os peixes ($144,7 \pm 28,4$ g e $19,6 \pm 2,0$ cm) foram expostos durante 15 dias às salinidades 4, 8, 12, 16 e 20. Ao término do período de exposição os peixes foram anestesiados e foi coletado sangue para posterior análise da osmolalidade e composição iônica plasmática, glicemia e hematócrito. Também foi coletado o segundo arco branquial da cavidade branquial esquerda de cada peixe para análise da atividade da Na^+/K^+ -ATPase, bem como o fígado para determinação das concentrações de glicogênio hepático e do índice hepatossomático. A osmolalidade do plasma, a glicemia e o hematócrito não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, bem como a atividade da Na^+/K^+ -ATPase nas brânquias, o glicogênio hepático e o índice hepatossomático. As concentrações plasmáticas dos íons Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ não apresentaram diferença significativa para os peixes de nenhuma das cinco salinidades. A concentração plasmática de Cl^+ dos peixes da salinidade 4 foi significativamente menor que a os da salinidade 20, mas não diferiu dos peixes das salinidades 8, 12 e 16. As concentrações plasmáticas de Cl^+ dos peixes das salinidades 8, 12, 16 e 20 não diferiram entre si. A concentração plasmática de K^+ dos peixes da salinidade 4 foi significativamente menor que as das salinidades 8, 12, 16 e 20, mas não houve diferença significativa na concentração de K^+ entre as salinidades 8, 12, 16 e 20. O ponto isosmótico estimado através de regressão linear, entre a osmolalidade do plasma e a osmolalidade da água, foi de $357,5 \text{ mOsmoles/kg H}_2\text{O}^{-1}$, que é equivalente a salinidade 13,1.

Palavras chave: osmorregulação, osmolalidade, glicemia, hematócrito, Na^+/K^+ -ATPase.

INTRODUÇÃO

Algumas espécies de *Trachinotus* têm sido consideradas apropriadas para aquicultura, devido à sua rápida adaptação ao cativeiro e à boa tolerância a condições ambientais extremas (JORY et al., 1985; RICHE 2009; CAVALIN & WEIRICH, 2009). Dentre elas, o pampo *Trachinotus marginatus* destaca-se pela sua eurihalinidade e tolerância a compostos nitrogenados em diferentes salinidades (SAMPAIO et al., 2003; COSTA et al., 2008).

A salinidade é considerada um dos principais fatores abióticos que afetam o crescimento e a sobrevivência dos organismos aquáticos. Alterações na salinidade podem influenciar diretamente o metabolismo dos peixes (BOEUF & PAYAN, 2001; VARSAMOS et al., 2005; NORDLIE, 2006).

A manutenção da composição iônica interna em teleósteos submetidos a diferentes salinidades requer um custo metabólico, que pode aumentar conforme alterações na salinidade. O principal mecanismo de manutenção do equilíbrio iônico é a Na^+/K^+ -ATPase branquial. Essa enzima atua na retirada de íons Na^+ e na entrada de K^+ nos fluidos internos dos peixes (LUNDGREEN et al., 2008; BALDISSEROTTO, 2009; MCCORMICK et al., 2009).

Algumas espécies de teleósteos mantidos em salinidades próximas ou equivalente ao seu ponto isosmótico, apresentam um menor gasto energético para osmorregulação (FEBRY & LUTZ, 1987; GAUMET et al., 1995; WOO & KELLI, 1995). Essa energia que é poupada pode ser realocada para outros processos fisiológicos, como o crescimento (MORGAN & IWANA, 1991; WOO & KELLI, 1995). Em função disso, conhecer o ponto isosmótico e a composição iônica dos fluidos internos de determinada espécie é importante para o entendimento dos processos fisiológicos (SAMPAIO & BIACHINI, 2002).

Os objetivos desse trabalho foram determinar o ponto isosmótico do pampo *Trachinotus marginatus*, verificar a composição iônica plasmática, a atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial e as reservas de glicogênio hepático em diferentes salinidades.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e aclimação em laboratório

Os pampos (145 ± 28 g e $19,6 \pm 2,0$ cm) foram coletados com rede de arrasto na Praia do Cassino ($32^{\circ}12'25''S$ $52^{\circ}10'31''O$ - Rio Grande, RS) e imediatamente levados para o Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha da FURG, onde foram submetidos a um banho profilático de 1 h em solução formalina a 100 ppm para remoção dos parasitas e após, colocados em tanques de fibra (1000L), na densidade de 50 peixes por tanque. Eles foram aclimatados durante cinco dias nestes tanques, em salinidade 20, na temperatura de $25^{\circ}C$ e com fotoperíodo de 14:10 h (claro:escuro). Os peixes foram alimentados duas vezes por dia com ração comercial (SUPRA Aqua Line – 42% proteína bruta, 6% de lipídios, 3% de cálcio, 1,5% de fósforo e 12% de umidade) até a saciedade aparente.

Parâmetros físicos e químicos da água

Os parâmetros físicos e químicos da água de cada tratamento foram aferidos diariamente pela manhã. A salinidade foi medida com um refratômetro portátil (Atago modelo 103 - Bellevue, EUA.), a concentração oxigênio dissolvido e a temperatura foram mensurados com auxílio de um oxímetro digital (YSI modelo 55 Hexis - Ohio, EUA), o pH com um pHmetro de mesa (HANNA modelo HI 8424 - Ann Arbor, Michigan, EUA), a concentração de amônia total ($N - NH_3 + NH_4^+$) foram determinadas pelo método espectrofotométrico UNESCO (1983), o nitrito ($N - NO_2$) através do método fotocolorimétrico descrito por Aminot e Chaussepied (1983) e a alcalinidade através do método titrimétrico APHA (1989) (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros físicos e químicos da água onde foram mantidos os pampos *Trachinotus marginatus* em diferentes salinidades (média e desvio padrão).

	Salinidade				
	4	8	12	16	20
Amônia gasosa (mg N - NH ₃ /L)	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ /L)	7,29 ± 0,22	7,34 ± 0,13	6,78 ± 0,11	6,78 ± 0,17	6,70 ± 0,13
Temperatura (°C)	25,06 ± 0,36	25,10 ± 0,74	25,21 ± 0,30	24,72 ± 0,26	24,75 ± 0,22
pH	7,84 ± 0,24	7,90 ± 0,19	7,99 ± 0,17	8,11 ± 0,20	8,26 ± 0,24
Nitrito (mg N-NO ² /L)	0,08 ± 0,04	0,01 ± 0,04	0,02 ± 0,08	0,01 ± 0,005	0,03 ± 0,03
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	37,53 ± 6,12	58,31 ± 6,05	71,62 ± 5,16	85 ± 5,46	104,16 ± 10,20

Determinação do ponto isosmótico

Os peixes foram expostos durante 15 dias nas salinidades 4, 8, 12, 16 e 20 (transferência abrupta da salinidade 20 onde foram aclimatados) em tanques de 300L com aeração constante, temperatura de 25°C e densidade de 10 indivíduos em cada tanque. Diariamente os tanques foram sifonados para a retirada de fezes e restos de alimentos, e foi feita renovação de 100% do volume/dia com objetivo de manter a concentração de amônia abaixo de 0,06 mg/L de N-NH₃ (COSTA et al., 2008).

As salinidades inferiores à da água do mar foram obtidas através de diluição com água potável proveniente da rede pública de abastecimento. Para eliminar o cloro existente, a água foi tratada com tiosulfato de sódio utilizando-se a concentração de 7 mg/L.

Ao final do período experimental os peixes foram anestesiados com benzocaína a 50 ppm (OKAMOTO et al., 2009), medidos com auxílio de um ictiômetro de bancada, pesados com auxílio de uma balança digital de precisão de décimos de gramas e foi coletado aproximadamente 1 ml de sangue com auxílio de seringas de 3 ml contendo heparina sódica, após, os peixes foram sacrificados e foi coletado o segundo arco branquial da cavidade branquial esquerda e o fígado de 10 peixes de cada tratamento. Imediatamente após a retirada, os órgãos foram devidamente identificados e congelados em nitrogênio líquido.

O plasma foi obtido por meio da centrifugação do sangue a 6000 x g (Micro 22R Hettich Zentrifugen, Global Medical Instrumentation, Ramsey, MN, EUA), a 4°C por 20 minutos. A concentração osmótica do plasma e da água foram medidas em osmômetro de pressão de vapor (VAPRO 5520 Wescor, Utah, EUA). O hematócrito foi

obtido com auxílio de uma micro centrífuga de hematócrito (MICROSPIN, Centribio, China) a 9 x g, em tempo de rotação de 15 minutos.

A glicemia foi medida no momento da coleta, com um medidor de glicose portátil (ACCU-CHEK Advantage, Roche, São Paulo, Brasil) (GOMES et al., 2005).

Para determinação do ponto isosmótico os resultados foram submetidos à análise de regressão linear, na qual foi calculada a equação de regressão entre a osmolalidade do plasma e o a osmolalidade da água. O ponto de intersecção entre esta reta e a linha isosmótica é considerado o ponto isosmótico (SAMPAIO & BIACHINI, 2002). Para estimar a salinidade referente ao ponto isosmótico foi determinada a equação de regressão linear entre a osmolalidade da água e a salinidade da água.

Concentração iônica do plasma e da água

A concentração dos íons Na^+ , K^+ , Ca^+ e Mg^+ do plasma dos peixes das cinco salinidades e das águas (Tabela 2) foram determinadas pelo espectrofotômetro de chama (GBS ASS 932 Plus), utilizando-se o método de absorção atômica.

As concentrações de Cl^- foram determinadas pelo de método colorimétrico, utilizando o kit de determinação Cloretos Colorimétrico (Doles Reagentes e Equipamentos para Laboratórios Ltda.)

Tabela 2 – Concentração dos íons Mg^+ , Ca^+ , K^+ , Na^+ e Cl^- das águas onde foram mantidos os pampos *Trachinotus marginatus* em diferentes salinidades (média e desvio padrão).

	Salinidades				
	4	8	12	16	20
Mg^+ (mmol/L)	3,59 ± 0,26 ^a	6,10 ± 0,71 ^a	23,38 ± 4,01 ^b	25,31 ± 3,97 ^b	55,97 ± 7,73 ^c
Ca^+ (mmol/L)	0,66 ± 0,03 ^a	1,02 ± 0,01 ^a	1,63 ± 0,14 ^b	3,08 ± 0,27 ^c	4,20 ± 0,16 ^d
K^+ (mmol/L)	3,29 ± 0,52 ^a	4,15 ± 0,14 ^a	6,12 ± 0,32 ^b	6,76 ± 0,38 ^b	9,04 ± 0,78 ^c
Na^+ (mmol/L)	56,46 ± 3,76 ^a	98,38 ± 7,37 ^b	121,46 ± 3,76 ^c	146,85 ± 12,96 ^c	243,41 ± 7,53 ^d
Cl^- (mmol/L)	48,5 ± 3,78 ^a	138,29 ± 5,72 ^b	177,07 ± 4,67 ^c	206,81 ± 4,32 ^d	270,20 ± 4,41 ^e

Letras diferentes na linha representam diferença significativa ($p < 0,05$).

Análise da atividade da Na^+/K^+ -ATPase

As amostras de brânquias foram homogeneizadas em solução tampão pH 7.3 com auxílio de um agitador elétrico (Nova Técnica – Piracicaba, São Paulo, Brasil) e a atividade da enzima foi determinada de acordo com o método de inibição por ouabaína

(MCCORMICK, 1993). A leitura das amostras foi feita por absorvância em espectrofotômetro ELISA (VICTOR² 1420 Multilabel Counter/PerkinElmer - Massachusetts, EUA).

Determinação do glicogênio hepático e Índice hepatossomático (IHS)

O índice hepatossomático foi calculado pela fórmula: $Pf/Pt \times 100$, onde Pf é o peso do fígado e Pt é o peso total do peixe.

Os fígados foram pesados e homogeneizados em solução de citrato de sódio 100 mM (10% peso/volume) com auxílio de um agitador elétrico (Nova Técnica – Piracicaba, São Paulo, Brasil). A determinação do glicogênio hepático foi feita de acordo com a metodologia de glicose-oxidase de Carr e Neff (1984) modificada. A leitura das amostras foi feita por absorvância em espectrofotômetro ELISA (ELX 800 Universal Microplate Reader/Bio-Teck Instruments - Winooski, Vermont, EUA).

Análise estatística dos dados

Os resultados foram submetidos à ANOVA de uma via e posteriormente Teste Tukey com nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados não homocedásticos das concentrações iônicas plasmáticas foram submetidos ao teste não-paramétrico Kruskal-Wallis e posteriormente Mann-Whitney Teste U. O software utilizado foi o Statistica 7.0 (StatSoft – Oklahoma, EUA).

RESULTADOS

Glicemia, hematócrito e osmolalidade plasmática

A osmolalidade do plasma, a glicemia e o hematócrito não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) em nenhum dos tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3 – Comprimento, peso, osmolalidade plasmática e da água, glicemia e hematócrito de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus* aclimatados em diferentes salinidades durante 15 dias (média e desvio-padrão).

	Salinidades				
	4	8	12	16	20
Comprimento (cm)	19,1 ± 1,2	18,9 ± 2,0	19,4 ± 1,1	20,1 ± 1,7	20,2 ± 3,2
Peso (g)	149,1 ± 27,4	143,7 ± 39,4	141,3 ± 21,8	149,6 ± 31,6	139,8 ± 22,8
Osmolalidade do plasma (mOsmoles kg H ₂ O ⁻¹)	351,9 ± 8,5	354,5 ± 21,8	351,1 ± 7,1	359 ± 12,5	365,5 ± 17,1
Osmolalidade da água (mOsmoles kg H ₂ O ⁻¹)	104,3 ± 1,5	202 ± 7,2	321 ± 3	446 ± 5,2	548,6 ± 11,5
Glicose (mg/dl)	93,9 ± 25,8	76,9 ± 19,8	87,2 ± 24,5	79,3 ± 16,6	91,3 ± 27,5
Hematócrito (%)	42,1 ± 3,1	42,4 ± 4,6	43,1 ± 3,3	44,6 ± 4,2	39,8 ± 5,1

Ponto isosmótico

O ponto isosmótico (PI) do pampo *T. marginatus* foi estimado em 357,5 mOsmoles/kg H₂O⁻¹, que é equivalente a salinidade 13,1 (Figura 1).

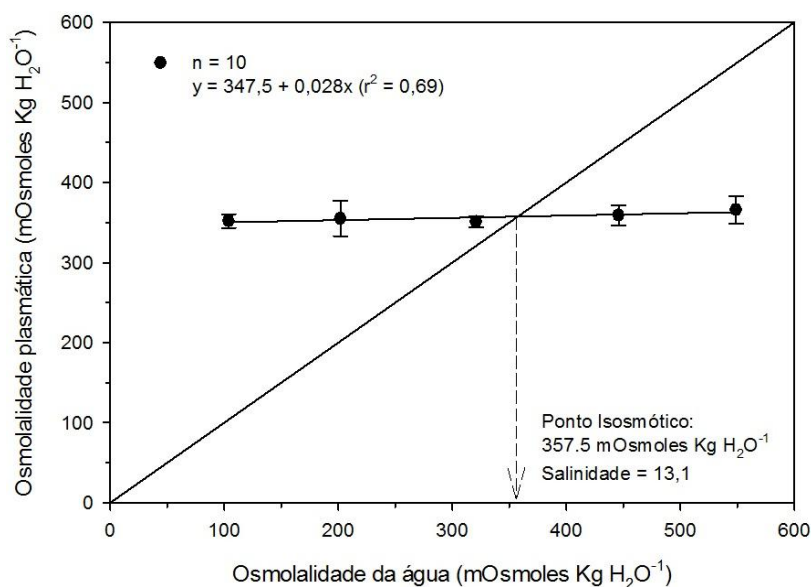


Figura 1 – Relação entre a osmolalidade plasmática de pampos *Trachinotus marginatus* e a osmolalidade da água em que foram mantidos durante 15 dias.

Concentração iônica do plasma

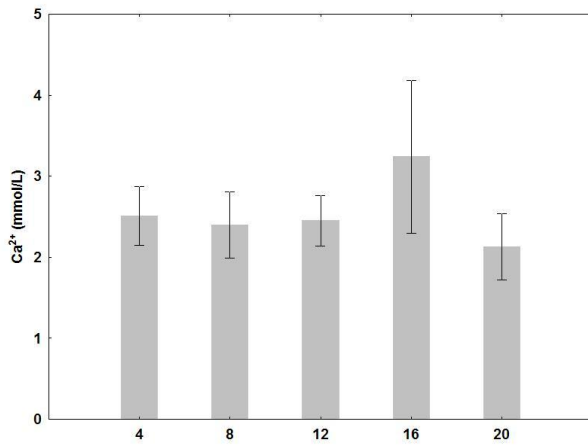
Não foi possível obter resultados referentes ao Na^+ plasmático dos peixes da salinidade 4. As amostras apresentaram contaminação e foram descartadas.

As concentrações plasmáticas dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os peixes de nenhuma das cinco salinidades (Figura 2A e 2B).

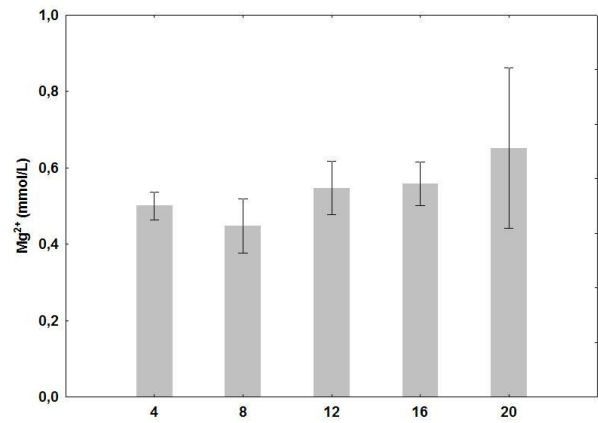
A concentração plasmática de Cl^- dos peixes da salinidade 4 foi significativamente menor ($p<0,05$) que a da salinidade 20, mas não diferiu ($p>0,05$) dos peixes das salinidades 8, 12 e 16. As concentrações de Cl^- dos peixes das salinidades 8, 12, 16 e 20 não diferiram entre si ($p>0,05$) (Figura 2C).

A concentração plasmática de K^+ dos peixes da salinidade 4 foi significativamente menor ($p<0,05$) que as das salinidades 8, 12, 16 e 20, mas não houve diferença significativa na concentração de K^+ entre as salinidades 8, 12, 16 e 20 ($p>0,05$) (Figura 2D).

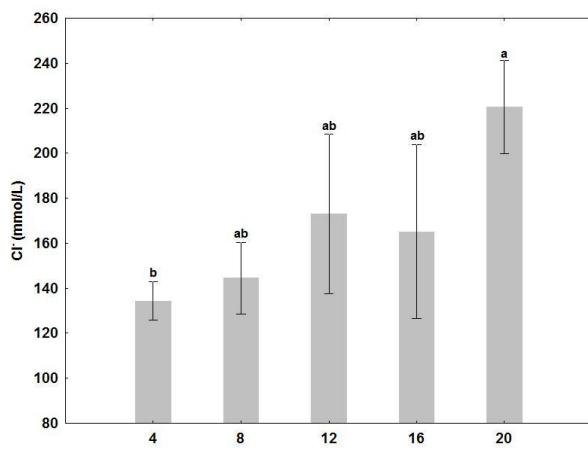
As concentrações plasmáticas de Na^+ dos peixes das salinidades 8, 12, 16 e 20 não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) em nenhum dos cinco tratamentos (Figura 2E)



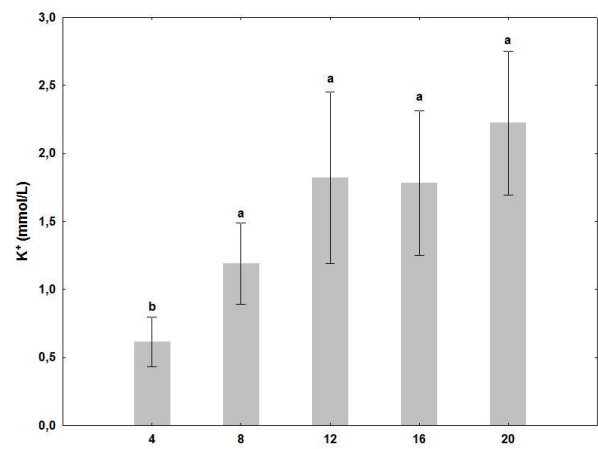
A



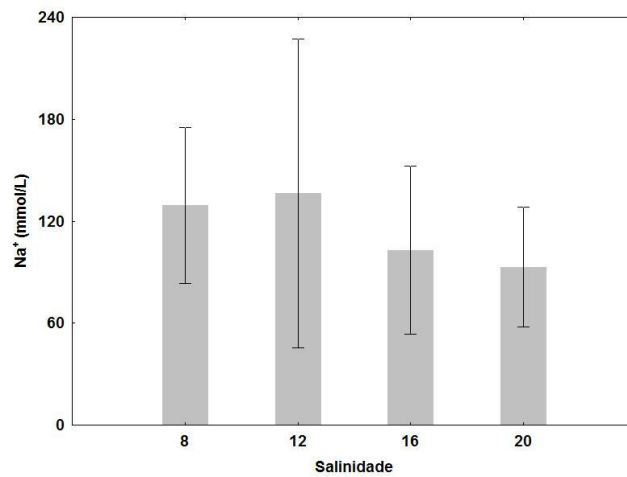
B



C



D



E

Figura 2 – Concentrações plasmáticas de Ca²⁺ (A), Mg²⁺ (B), Cl⁻ (C), K⁺ (D) e Na⁺ (E) do pampo *Trachinotus marginatus* mantidos durante 15 dias em diferentes salinidades (média e desvio padrão). Letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$).

Atividade da Na⁺/K⁺-ATPase nas brânquias

A atividade Na⁺/K⁺-ATPase nas brânquias não apresentou diferença significativa (P>0,05) entre os peixes de nenhuma salinidade (Figura 3).

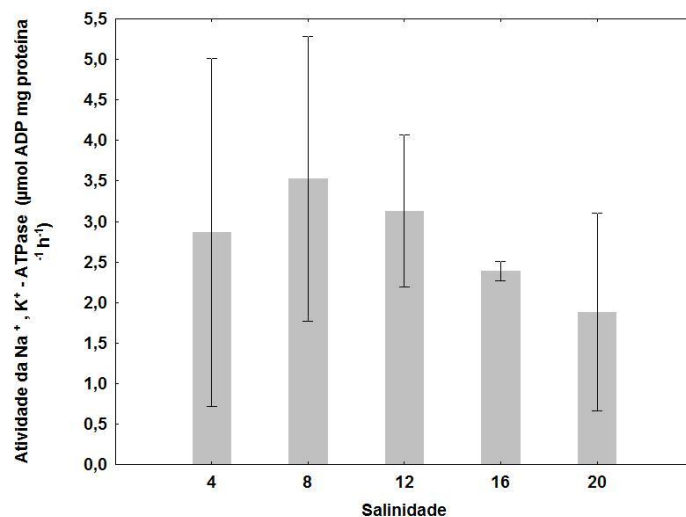


Figura 3 – Atividade da Na⁺/K⁺-ATPase das brânquias de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus* aclimatados durante 15 dias em diferentes salinidades (média e desvio padrão).

Índice Hepatosomático (IHS)

O índice hepatossomático não apresentou diferença significativa (p>0,05) entre os peixes de nenhuma das salinidades (Figura 4).

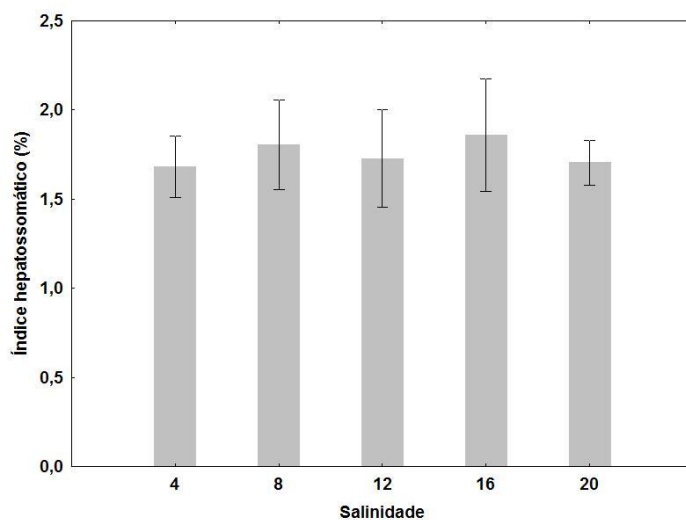


Figura 4 – Índice hepatossomático de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*, aclimatados durante 15 dias em diferentes salinidades (média e desvio padrão).

Glicogênio hepático

Os níveis de glicogênio hepático dos peixes das salinidades 4, 8 e 20 não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$). Os níveis de glicogênio hepático dos peixes das salinidades 12 e 16 foram significativamente maiores em relação às demais salinidades ($p < 0,05$) (Figura 5).

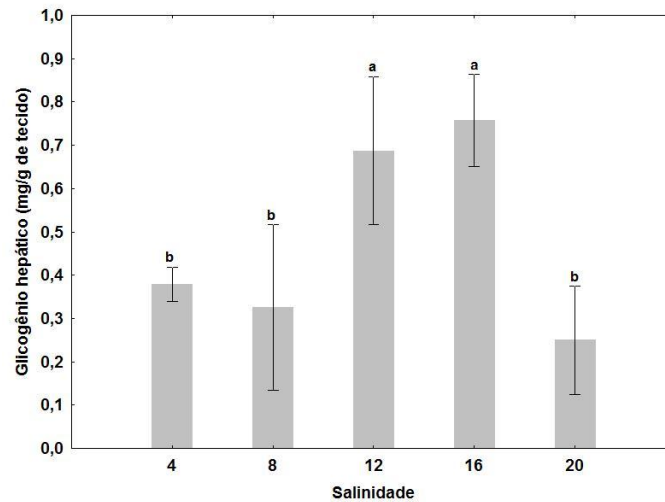


Figura 5 – Glicogênio hepático de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*, aclimatados durante 15 dias em diferentes salinidades (média e desvio padrão). Letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

O ponto isosmótico do pampo *T. marginatus* foi estimado em 357,5 mOsmoles/kg H_2O^{-1} , que é equivalente à salinidade 13,1. Esses resultados reforçam a idéia de que o ponto isosmótico de teleósteos marinhos eurialinos se situa na faixa de aproximadamente 1/3 da osmolalidade da água do mar (NORDLIE et al., 1992; TORT et al., 1994 GAUMET et al., 1995; SAMPAIO & BIANCHINI, 2002; HERRERA et al., 2009; NORDLIE, 2009).

Para a maioria das espécies de teleósteos é relatada uma relação de incremento da osmolalidade plasmática na medida em que a salinidade aumenta. Jarvis & Ballantyne (2003) constataram um aumento da osmolalidade plasmática de *Acipenser brevirostrum* conforme aumento da salinidade, em um intervalo de 0 a 20, após 10 semanas de aclimação. O mesmo fato foi observado para juvenis de *Umbrina cirrosa* aclimatados em salinidade 4, 10 e 40 por 84 dias (MYLONAS et al. 2009), *Sparus aurata* aclimatados em salinidade 6, 12 e 38 por 10 dias (LAIZ-CARRIÓN et al., 2005), *Oreochromis mossambicus* aclimatados em água doce e salgada por 7 dias (FIESS et al., 2007), *Acanthopagrus schlegeli* aclimatados em salinidade 0, 5, 15, 33 e 45 por 7 dias (TOMY et al., 2009) e *Acipenser medirostris* aclimatados em salinidade 0, 15 e 24 por duas semanas (SARDELLA & KÜLTZ, 2009). Contudo, em algumas espécies, a osmolalidade plasmática não é alterada pela variação de salinidade, como é o caso dos juvenis pampo no presente estudo e de juvenis de linguado *Cynoglossus semilaevis* aclimatado nas salinidades 0, 32 e 40 durante 15 dias (HUIZAN et al., 2008). A semelhança dos níveis de osmolalidade plasmática do pampo entre as diferentes salinidades pode estar relacionada à boa capacidade de osmorregulação atribuída a espécies eurialinas (SAMPALIO & BIANCHINI, 2002; TOMY et al., 2009; NORDLIE, 2009; ARAGÃO et al., 2010).

A glicemia do pampo não foi influenciada pela salinidade de aclimação. O mesmo foi observado por Martínez-Álvarez et al. (2002), Laiz-Carrión et al. (2005), Mc Grath et al. (2008) e Aragão et al. (2009) respectivamente para *Acipenser naccarii*, *Sparus aurata*, *Sillago ciliata* e *Solea senegalensis*. Todavia, alterações nos níveis glicêmicos podem ocorrer frente a mudanças na salinidade. Sangiao-Alvarellos et al. (2003), Imsland et al. (2008) e Herrera et al. (2009) constataram um aumento significativo na glicemia de *Sparus aurata*, *Hippoglossus hippoglossus* e *Dicologlossa cuneata* conforme aumento da salinidade.

Mudanças na glicemia estão geralmente relacionadas com situações de estresse e/ou mudanças no metabolismo energético das espécies (CHANG et al., 2007). A estabilidade da

glicemia para *T. marginatus* após 15 dias de aclimação reflete que os peixes desta espécie conseguem osmorregular sem apresentar resposta secundária de estresse, como disfunções no metabolismo energético, frente às diferentes salinidades em que foram aclimatados (TSENG & HWANG, 2008; HERRERA et al., 2009).

Os diferentes níveis de salinidade também não influenciaram os valores de hematócrito, o mesmo também foi constatado para *Oreochromis niloticus* (KARSI & YAVUZCAN YILDIZ, 2005), *Acipenser medirostris* (ALLEN & CECH, 2007) e *Acipenser baerii* (RODRÍGEZ et al., 2002) após exposição a salinidades elevadas. Em contraste, houve um aumento significativo nos níveis do hematócrito de *Acipenser brevirostrum* quando aclimatados em salinidades elevadas (JARVIS & BALLANTYNE, 2003). Já Prodocimo et al. (2008) observaram um aumento significativo do hematócrito de *Sphoeroides greeleyi* e *Sphoeroides testudineus* em salinidade baixa após exposição aguda as salinidades 5 e 35.

Elevações no hematócrito podem ser observadas em alguns peixes teleósteos como uma resposta secundária ao estresse causado por flutuações ambientais e/ou aumento da taxa metabólica (IWAMA et al., 1993; PRODOCIMO et al., 2008). A exemplo da osmolaridade, a similaridade na hemoconcentração do pampo frente a alterações na salinidade pode estar relacionada a grande capacidade de regulação do conteúdo de água dos tecidos (PLAUT, 1998; MARTÍNEZ-ÁLVAREZ et al., 2002; PRODOCIMO & FREIRE, 2006).

As concentrações plasmáticas de Ca^{2+} e Mg^{2+} permaneceram inalteradas entre os tratamentos. Resultados similares foram observados para juvenis de *Sparus sarba* aclimatados por durante 3 semanas nas salinidades 6 e 33 (KELLY & WOO, 1998). A similaridade desses dois íons entre os tratamento pode estar relacionada à boa capacidade de manutenção do equilíbrio desses íons, característica dos teleósteos eurialinos.

As concentrações de Na^+ plasmático também permaneceram inalteradas entre os tratamentos. Resultados similares foram obtidos por Lundgreen et al. (2008), em estudo com juvenis de *Platichthys flesus* aclimatados por duas semanas nas salinidades 1, 11 e 35.

Já para os íons K^+ e Cl^- foi observado um aumento nas concentrações plasmáticas conforme elevação da salinidade. Jarvis & Ballantyne (2003) e Lundgreen et al. (2008) em estudo com juvenis de *Acipenser brevirostrum* e *Platichthys flesus* obtiveram resultados que mostram uma relação positiva entre as concentrações de K^+ e Cl^- plasmático e a salinidade. Rodríguez et al. (2002) observaram um aumento na concentração plasmática de Cl^- em juvenis de *Acipenser baerii* conforme elevação da salinidade. A variação nas concentrações de K^+ e Cl^- pode estar relacionada a uma adaptação relativa às concentrações iônicas do meio,

onde pode ocorrer a conformação das concentrações plasmática de alguns íons conforme variações na salinidade (RODRÍGUEZ et al., 2002).

A atividade da Na^+/K^+ - ATPase das brânquias do pampo não apresentou diferença significativa entre as salinidades. O mesmo foi observado para *Acipenser medirostris* (SARDELLA & KÜLTZ, 2009) após aclimação de duas semanas nas salinidades 0, 15 e 24. Para as espécies *Oreochromis mossambicus*, *Salvelinus namaycush*, *Salvelinus fontinalis*, *Solea senegalensis* e *Salmo salar* foi constatado um aumento significativo na atividade da Na^+/K^+ - ATPase das brânquias conforme a elevação do níveis de salinidade (FIESS et al., 2007; HIROI & MCCORMICK, 2007; ARJONA et al., 2009; MCCORMICK et al., 2009).

O índice hepatossomático também não apresentou diferença significativa entre as salinidades. Resultados similares foram observados para *Sparus aurata* (LAIZ-CARRIÓN et al., 2005) aclimatados na salinidades 6, 12 e 38 por 10 dias e para *Solea senegalensis* aclimatados nas salinidades 15, 25 e 39 por 10 semanas (ARJONA et al., 2009). A similaridade no índice hepatossomático, bem como na atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial pode estar relacionada a capacidade de osmorregulação da espécie sem apresentar alterações significativas em determinados processos fisiológicos, visto que também não foram encontradas variações nos parâmetros hematológicos.

O glicogênio hepático representa um importante indicativo das reservas energéticas dos teleósteos (LAIZ-CARRIÓN et al., 2002; PADMAVATHY & RAMANATHAN, 2010). As concentrações de glicogênio hepático se apresentaram maiores nos peixes das salinidades 12 e 16 em relação às demais salinidades. Esse fato pode estar relacionado à proximidade dessas duas salinidades com o ponto isosmótico da espécie, onde provavelmente haja uma diminuição nos custos metabólicos para osmorregulação (ALTINOK & GRIZZLE, 2001; HERRERA et al., 2009). Alguns estudos têm revelado que diversas espécies de peixes teleósteos, quando mantidos em salinidades próximas ou equivalentes ao seu ponto isosmótico, apresentam um menor gasto energético para osmorregulação (FEBRY & LUTZ, 1987; GAUMET et al., 1995; BOEUF & PAYAN, 2001; ALTINOK & GRIZZLE, 2001; NORDLIE, 2009).

Em conclusão, o pampo *T. marginatus* pode ser considerado uma espécie eurialina com grande capacidade de osmorregulação, e seu ponto isosmótico se situa na faixa esperada para peixes marinhos eurialinos (aproximadamente 1/3 da osmolalidade da água do mar). A idéia de ser um peixe com grande capacidade de osmorregulação pode ainda ser reforçada pelo fato de que parâmetros fisiológicos importantes, como osmolalidade plasmática,

glicemia, hemoconcentração, índice hepatossomático e atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial terem permanecidos inalterados após aclimação a diferentes salinidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN P. J. CECH, J. J. JR. 2007. Age/size effects on juvenile green sturgeon, *Acipenser medirostris*, oxygen consumption, growth, and osmoregulation in saline environments. *Environmental Biology of Fishes* 79:211-229.
- ALTINOK, I.; GRIZZLE, J. M.; 2001. Effects of brackish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juveniles euryhaline and freshwater stenohaline fishes. *Journal of Fish Biology* 59:1142-1152.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: 1193p.
- AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. 1983. Manuel des analyses chimiques em milieu marin. Brest: CNEXO. 395p.
- ARAGÃO, C., COSTAS, B., VARGAS-CHACOFF, L., RUIZ-JARABO, I., DINIS, M. T., MANCERA, J. M., AND CONCEIÇÃO, L. E. C. 2010. Changes in plasma amino acid levels in a euryhaline fish exposed to different environmental salinities. *Amino Acids* 38(1):311-317.
- ARJONA, F.; VARGASCHACOFF, L.; RUIZJARABO, I.; GONCALVES, O.; PASCOA, I.; MARTINDELRIO, M. 2009. Tertiary stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) to osmotic challenge: Implications for osmoregulation, energy metabolism and growth. *Aquaculture* 287(3-4):419-426.
- BALDISSEROTTO, B. 2009. Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura. 2ª Ed. Editora UFSC, Santa Maria, 352p.
- BOEUF, G.; PAYAN, P. 2001 How should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry Physiology Part C* 130:411-423.
- CAMARGO, S. G. O. DE; POUHEY, J. L. O. F.; VAZ, B. S. 2006. Efeito da salinidade nos parâmetros hematológicos do jundiá (*Rhamdia quelen* – Quoy & Gaimard, 1824). *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, 12(4):453-460.
- CARR, R. S.; NEFF, J. M. 1984. Quantitative semi-automated enzymatic assay for tissue glycogen. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 77:447-449.
- CAVALIN, F. G.; WEIRICH, C. R. 2009. Larval performance of aquacultured Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) fed rotifers (*Brachionus plicatilis*) enriched with selected commercial diets. *Aquaculture* 292 (1-2):67-73.

- COSTA, L. D. F.; MIRANDA-FILHO, K.; SEVERO, M.; SAMPAIO, L. 2008. Tolerance of juvenile pompano *Trachinotus marginatus* to acute ammonia and nitrite exposure at different salinity levels. *Aquaculture* 285: 270-272.
- FAO. 2008. The State of World Fisheries and Aquaculture. Organization of the United Nations of Food and Agriculture. Fisheries Department. Rome. 218p.
- FEBRY, R.; LUTZ, P.; 1987. Energy partitioning in fish: the activity related cost of osmoregulation in euryhaline cichlid. *Journal of Experimental Biology* 128:63-85.
- FISS, J. C., KUNKEL-PATTERSON, A., MATHIAS, L., G. RILEY, L., YANCEY, P. H., HIRANO, T.; GRAU, E. G. 2007. Effects of environmental salinity and temperature on osmoregulatory ability, organic osmolytes, and plasma hormone profiles in the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 146:252-264.
- GAUMET, F.; BOEUF, G.; SEVERE, A.; LEROUX, A.; MAYER GOSTAN, N. 1995. Effects of salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot. *Journal of Fish Biology* 47:865-876.
- GOMES, L. C.; CHAGAS, E. C.; CRESCÊNCIO, R.; PESSOA, M. A.; SILVA, A. L. F.; CARVALHO, E. S.; ANDRADE-JUNIOR, G.; BRITO, M. V. T.; PORTO, M. S. A. 2005. Validation of a simple portable instrument for measurement of blood glucose in four Amazon fishes. *Journal of Aquaculture in the Tropics* 20(2):101-109.
- 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.
- HIROI, J.; MCCORMICK, S. D. 2007. Variation in salinity tolerance, gill Na^+/K^+ - ATPase , $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{2Cl}^-$ cotransporter and mitochondria-rich cell distribution in three salmonids *Salvelinus namaycush*, *Salvelinus fontinalis* and *Salmo salar*. *Journal of Experimental Biology* 210:1015-1024.
- HUIZAN, Y.; LUQING, P. A. N.; FAWEN, H. U.; HONGYU, L. I. U. 2008. Effects of Na^+/K^+ Ratio of groundwaters on the gill ion-transport enzyme activity, plasma osmolality and growth of *Cynoglossus semilaevis* juveniles. *Journal of Ocean University of China* 7(4):447-452.
- IMSLAND, A. K.; GÚSTAVSSON, A.; GUNNARSSON, S.; FOSS, A.; ÁRNASON, J.; ARNARSON, I. 2008. Effects of reduced salinities on growth, feed conversion efficiency

- and blood physiology of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 274:254-259.
- IWAMA, G. K.; MCGEER J. C.; PAUSLUK M. P. 1993. The effects of five fish anaesthetics on acid-base balance, hematocrit, blood gases, cortisol and adrenaline in rainbow trout. *Canadian Journal of Zoology* 67:2065-2073.
- JARVIS P.L.; BALLANTYNE J.S. 2003. Metabolic responses to salinity acclimation in juvenile shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*). *Aquaculture* 219:891-909.
- JORY, D.; IVERSEN, E.; LEWIS, R. 1985. Culture of the fishes of the genus *Trachinotus* (Carangidae) in the Western Atlantic. *Journal of the World Mariculture Society* 16:87-94.
- JÜRSS, K.; BITTORF, T.; VÖKLER, T. 1986. Influence of salinity and food deprivation on growth, RNA/DNA ratio and certain enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Comparative Biochemistry Physiology Part B* 83:425-433.
- KARSI, A.; YAVUZCAN YILDIZ, H. 2005. Secondary stress response of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, after direct transfer to different salinities. *Aquaculture* 11(2):139-141.
- LAIZ-CARRIÓN, R.; SANGIAO-ALVARELLOS, S.; GUZMÁN, J. M. 2002. Energy metabolism in fish tissues related to osmoregulation and cortisol action. *Fish Physiology and Biochemistry* 27(3-4):179-188.
- LAIZ-CARRIÓN, R.; SANGIAO-ALVARELLOS, S.; GUZMÁN, J.; MARTIN DEL RIO, M.; SOENGAS, J. L.; MANCERA, J. 2005. Growth performance of gilthead sea bream in different osmotic conditions: Implications for osmoregulation and energy metabolism. *Aquaculture* 250(3-4):849-861.
- LUNDGREEN, K.; KIILERICH, P.; TIPSMARK, C.K.; MADSEN, S.S.; JENSEN, F.B. 2008. Physiological response in the European flounder (*Platichthys flesus*) to variable salinity and oxygen conditions. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology* 178:909-915.
- MARTÍNEZ-ALVAREZ, R. M.; HIDALGO, M. C.; DOMEZAIN, A.; MORALES, A. E.; GARCÍA-GALLEGO, M.; SANZ, A. (2002). Physiological changes of sturgeon *Acipenser naccarii* caused by increasing environmental salinity. *The Journal of Experimental Biology* 205(23):3699-706.
- MCCORMICK, S. D. 1993. Methods for non-lethal gill biopsy and measurement of Na⁺/K⁺-ATPase activity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50:656-658.

- MCCORMICK, S. D.; REGISH, A. M.; CHRISTENSEN, A. K. 2009. Distinct freshwater and seawater isoforms of Na⁺/K⁺-ATPase in gill chloride cells of Atlantic salmon. *Journal of Experimental Biology* 212(24):3994-4001.
- MC GRATH, S. P.; BUTCHER, P. A.; BROADHURST, M. K. 2008. Effects of salinity and anatomical hook location on the mortality and physiological response of angled-and-released sand whiting *Sillago ciliata*. *Journal of Fish Biology* 74:220-234.
- MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo. 96 p.
- MORGAN, J. D., IWANA, G. K., 1991. Effects of salinity on growth, metabolism and ionic regulation in juvenile rainbow trout and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48:2083-2094.
- MYLONAS, C. C.; PAVLIDIS, M.; PAPANDROULAKIS, N.; ZAISS, M. M.; TSAFARAKIS, D.; PAPADAKIS, I. E.; VARSAMOS, S. 2009. Growth performance and osmoregulation in the shi drum (*Umbrina cirrosa*) adapted to different environmental salinities. *Aquaculture* 287:203-210.
- NAVARRO, I.; GUTIÉRREZ, J. 1995. Fasting and Starvation. In *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes* (HOCHACHKA, P. W.; MOMMSEN, T. P. eds), Vol. 4, pp. 393-433. New York: Elsevier.
- NORDLIE, F. G.; HANEY, D. C.; WALSH, S. J. 1992. Comparisons of salinity tolerances and osmotic regulatory capabilities in populations of sailfin molly (*Poecilia latipinna*) from brackish and freshwaters. *Copeia*, 3:741-746
- NORDLIE, F. G.; 2006. Physiochemical environments and tolerances of cyprinodontoid fishes found in estuaries and salt marshes of eastern North America. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 16:51-106.
- NORDLIE, F. G. 2009. Environmental influences on regulation of blood plasma/serum components in teleost fishes: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 19:481-564.
- PADMAVATHY, P.; RAMANATHAN, N. 2010. Quantitative changes of glycogen and lactate in muscle, blood and liver tissues of *Oreochromis mossambicus* under hypoxia and recovery. *Sciences-New York* 6(April):54-59.
- PETERSON, M. S.; GILMORE, R. G. Jr. 1988. Hematocrit, osmolality, and ion concentration in fishes: consideration of circadian patterns in the experimental design. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 121:73-78.

- PLAUT, I. 1998. Comparison of salinity tolerance and osmoregulation in two closely related species of blennies from different habitats. *Fish Physiology and Biochemistry* 19:181-188.
- PRODOCIMO, V.; FREIRE, C. A. 2006. The $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{2Cl}^-$ cotransporter of estuarine pufferfishes (*Sphoeroides testudineus* and *S. greeleyi*) in hypo- and hyper-regulation of plasma osmolality. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 142:347-355.
- PRODOCIMO, V.; SOUZA, C. F.; PESSINI, C.; FERNANDES, L. C.; FREIRE, C. A. 2008. Metabolic substrates are not mobilized from the osmoregulatory organs (gills and kidney) of the estuarine pufferfishes *Sphoeroides greeleyi* and *S. testudineus* upon short-term salinity reduction. *Neotropical Ichthyology* 6(4):613-620.
- RICHE, M. 2009. Evaluation of Digestible Energy and Protein for Growth and Nitrogen Retention in Juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 40:45-57.
- RODRÍGUEZ, A.; GALLARDO, M. A.; GISBERT, E.; SANTILARI, S.; IBARZ, A., SÁNCHEZ, J. 2002. Osmoregulation in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Fish Physiology and Biochemistry* 26(4):345-354.
- SAMPAIO, L. A.; BIANCHINI, A. 2002. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 269:187-196.
- SAMPAIO, L. A.; TESSER, M. B.; BURKERT, D. 2003. Tolerância de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus* (Teleostei, Carangidae) ao choque agudo de salinidade em laboratório. *Ciência Rural* 33:757-761.
- SANGIAO-ALVARELLOS, S.; LAIZ-CARRIÓN, R.; GUZMÁN, J. M.; MARTIN DEL RÍO, M. P.; MIGUEZ, J. M.; MANCERA, J. M. 2003. Acclimation of *S. aurata* to various salinities alters energy metabolism of osmoregulatory and nonosmoregulatory organs. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 285(4):897-907.
- SARDELLA, B. A.; KÜLTZ, D. 2009. Osmo and ionoregulatory responses of green sturgeon (*Acipenser medirostris*) to salinity acclimation. *Journal of Comparative Physiology Part B* 179(3):383-90.
- TSUZUKI, M. Y.; STRÜSSMANN, C. A.; TAKASHIMA, F. 2008. Effect of salinity on the oxygen consumption of larvae of the silversides *Odontesthes hatcheri* and *O. bonariensis* (Osteichthyes, Atherinopsidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51(3):563-567

- TOMY, S.; CHANG, Y. M.; CHEN, Y. H.; CAO, J. C.; WANG, T. P.; CHANG, C. F. 2009. Salinity effects on the expression of osmoregulatory genes in the euryhaline black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. *General and Comparative Endocrinology* 161(1):123-32.
- TORT, L.; LANDRI, P.; ALTIMIRAS, J. 1994. Physiological and metabolic changes of sea bream *Sparus aurata* to short-term acclimation at low salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 108(11):75-80.
- TSENG, Y.; HWANG, P. 2008. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 148(4):419-429
- UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission. 53p. (Manual and Guides 12).
- VARSAMOS, S.; NEBEL, C.; CHARMANTIER, G. 2005. Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: a review. *Comparative Biochemistry Physiology Part A* 141:401-429.
- WOO, N. Y. S.; KELLI S. P. 1995. Effects of salinity and nutritional status on growth and metabolism of *Sparus sarba* in a closed seawater system. *Aquaculture* 135:229-238.

Capítulo 2 - Efeito da salinidade sob o crescimento de juvenis de pampos *Trachinotus marginatus* Cuvier 1832.

Co-autores: Ricardo Robaldo, Indianara Barcarolli, Adalto Bianchini, Marcelo Borges Tesser e Luis André Sampaio

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da salinidade sobre o crescimento de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*. Foram distribuídos 320 peixes aleatoriamente ($2,14 \pm 0,29$ g e $5,11 \pm 0,33$ cm) em 16 tanques (50L). Estes tanques foram conectados a quatro sistemas independentes de recirculação de água, equipados com esterilização UV, “skimmer”, filtragem mecânica e biológica e controladores de temperatura. Cada tratamento foi mantido em salinidades 3, 6, 12 e 32 (quatro repetições cada), equivalente a 25, 50, 100 e 267% do ponto do isosmótico da espécie. Durante o período experimental (28 dias), os peixes foram mantidos a 28 °C, pH 8,0, alcalinidade 135 mg CaCO₃/L e saturação de oxigênio sempre superior a 90%. O consumo de oxigênio foi medido em cada salinidade. O segundo arco branquial de 12 peixes de cada salinidade foi coletado para análise da atividade da Na⁺/K⁺-ATPase, bem como os intestinos e o fígado para posterior análise. Os resultados foram analisados usando ANOVA de uma via seguido de teste Tukey com significância de 95%. O melhor desempenho de crescimento foi observado nas salinidades entre 3 e 12, que foram significativamente maiores do que na salinidade 32. A maior taxa de consumo de oxigênio foi observado para os peixes criados na salinidade 3. A atividade da Na⁺/K⁺-ATPase foi significativamente maior na salinidade 3 em relação às salinidades 12 e 32, mas foi semelhante a da salinidade 6. O maior índice hepatossomático foi obtido na salinidade 32. A concentração de glicogênio hepático da salinidade 3 foi significativamente menor em relação a salinidade 32, contudo, ambas não diferiram dos demais tratamentos. Não foram observadas diferenças significativas na atividade da tripsina nos intestinos e na umidade dos músculos entre os tratamentos. O bom desempenho de crescimento em salinidades baixas reforça a boa capacidade de osmorregulação da espécie e sugere a viabilidade de criação em águas estuarinas e costeiras.

Palavras chave: crescimento, salinidade, osmorregulação, Na⁺, K⁺-ATPase, tripsina.

INTRODUÇÃO

O pampo *Trachinotus marginatus*, ocorre no Brasil e possui ampla distribuição no oceano Atlântico Sul, do Rio de Janeiro ao Uruguai (MENEZES & FIGUEIREDO, 1980). Jovens ocorrem com frequência em regiões costeiras do Rio Grande do Sul, na zona de arrebentação. São descritos como carnívoros de natação rápida e é considerada uma espécie com potencial para aquicultura (HONEBRINK, 2000; SAMPAIO et al., 2003).

O pampo é considerado uma espécie eurialina, e pode tolerar uma grande amplitude de salinidade (SAMPAIO et al., 2003). Os peixes eurialinos são capazes de manter relativamente constante a osmolalidade e composição iônica de seus fluídos internos, através de processos iônico e osmorregulatórios (NORDLIE, 2009). Os teleósteos marinhos apresentam uma concentração osmótica dos fluídos corporais menor (cerca de 300 mOsm/kg) que a do meio em que estão expostos (cerca de 1000 mOsm/kg⁻¹) (BALDISSEROTTO, 2009; NORDLIE, 2009). Sendo assim, são considerados hiposmóticos em relação ao meio em que vivem (SCHMIDT-NIELSEN, 1997). O ponto em que a osmolalidade do plasma é igual à do ambiente externo é chamado de ponto isosmótico. O ponto isosmótico para o pampo se situa na salinidade 13 (ver Cap. 1). Diversas espécies de peixes teleósteos, quando mantidos em salinidades próximas ou equivalentes ao seu ponto isosmótico, apresentam um menor gasto energético para osmorregulação. A diminuição nos custos metabólicos para regulação osmótica pode refletir na realocação dessa energia para outros processos fisiológicos, como por exemplo, incremento no crescimento (MORGAN & IWANA, 1991; GAUMET et al., 1995; BOEUF & PAYAN, 2001; ALTINOK & GRIZZLE, 2001).

Vários estudos têm sido desenvolvidos quanto à influência da salinidade da água sobre o crescimento de diferentes espécies de peixes teleósteos. Em alguns casos, alterações na salinidade podem causar diminuição no crescimento (BOEUF & PAYAN, 2001; MARTINEZ-PALÁCIOS et al., 2004; BARMAN et al., 2005).

De acordo com o exposto acima, o presente trabalho teve como objetivo analisar a influência da salinidade sob o crescimento de juvenis do pampo *T. marginatus*, bem como nos processos fisiológicos envolvidos na osmorregulação, como consumo de oxigênio, atividade da Na⁺/K⁺-ATPase branquial e alterações nos substratos energéticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta dos peixes e aclimação em laboratório

Os peixes foram coletados na Praia do Cassino (32°12'25''S 52°10'31''O - Rio Grande, RS, Brasil) através de arrasto de tração manual, com rede de abertura de malha 0,5 cm, comprimento de 2 m e altura de 1 m. Após a captura, os pampos foram acondicionados em caixas plásticas (100L) com aeração, e levados ao Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha da Estação Marinha de Aquicultura da FURG.

Após a chegada ao laboratório, os peixes foram submetidos a um banho profilático de 1 h em solução formalina a 100 ppm para remoção dos parasitas e foram colocados em tanques circulares de fibra de vidro (1500L), salinidade 30, temperatura 25 °C e fotoperíodo 14:10 h (claro:escuro). Os peixes foram alimentados com ração comercial (INVE-NRD 1,2-2,0mm de diâmetro, 55% proteína bruta, 9% lipídeos, 14,5% cinzas, 8% umidade e energia metabolizável 4.160 kcal/Kg), três vezes por dia, até a saciedade aparente.

Desenho experimental

O experimento foi executado em quatro sistemas de recirculação de água independentes, constituídos por 4 tanques circulares (50L) cada, com fluxo individual de 4L/min, caixas de sedimentação de sólidos suspensos (60L), biofiltros, esterilizador UV, “skimmer”, controladores de temperatura (28°C ± 1°C) e fotoperíodo 14:10 (claro:escuro).

Foram testadas as salinidades 3, 6, 12 e 32 com quatro repetições cada. As salinidades baixas foram obtidas através da diluição da água do mar em água doce proveniente do abastecimento público. A água foi tratada com tiosulfato de sódio (7 mg /L) para eliminar o cloro residual. A densidade de estocagem foi de 20 peixes (2,1 ± 0,3 g e 5,1 ± 0,3 cm) para cada tanque. A frequência alimentar foi de quatro vezes ao dia, até a saciedade aparente. O experimento teve duração de 28 dias, com biometria a cada 14 dias.

Parâmetros físicos e químicos da água

Os parâmetros físicos e químicos da água de cada tratamento foram aferidos diariamente pela manhã. A salinidade foi medida com um refratômetro portátil (Atago modelo 103 - Bellevue, EUA.), o oxigênio dissolvido e a temperatura foram mensurados com auxílio de um oxímetro digital (YSI modelo 55 Hexis - Ohio, EUA), o pH com um pHmetro portátil (HANNA modelo HI 8424 - Ann Arbor, Michigan, EUA), as concentrações de

amônia total (N - NH₃ + NH₄⁺) foram determinadas pelo método espectrofotométrico UNESCO (1983), o nitrito e o nitrato (N - NO₂) (N - NO₃) através das metodologias descritas por Aminot e Chaussepied (1983). A alcalinidade através do método titrimétrico APHA (1989), a mesma foi mantida nos níveis determinados através da adição de CaCO₃ na água (1g para cada 10 pontos de alcalinidade). As condições estão expressas na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físicos e químicos da água onde foram mantidos os juvenis do pampo *Trachinotus marginatus* em diferentes salinidades (média e desvio padrão).

	Salinidade			
	3	6	12	32
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,92 ± 0,19	6,79 ± 0,27	6,69 ± 0,21	6,34 ± 0,46
Temperatura (°C)	27,71 ± 0,11	27,38 ± 0,90	27,92 ± 0,13	28,10 ± 0,14
pH	8,11 ± 0,14	8,14 ± 0,13	8,14 ± 0,13	8,13 ± 0,14
Amônia N - (mg de NH ₃ + NH ₄ /L)	0,2 ± 0,20	0,21 ± 0,21	0,16 ± 0,16	0,17 ± 0,17
Amônia gasosa (mg de NH ₃ /L)	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Nitrito N - NO ₂ (mg/L)	1,51 ± 1,33	1,51 ± 1,33	1,51 ± 1,33	1,51 ± 1,33
Nitrato N - NO ₃ (mg/L)	8,14 ± 2,06	8,14 ± 2,06	8,14 ± 2,06	8,14 ± 2,06
Alcalinidade - CaCO ₃ (mg/L)	132,14 ± 17,12	136,07 ± 9,75	139,82 ± 9,37	138,75 ± 18,13

Análise do consumo de oxigênio

Para a estimativa do consumo basal de oxigênio, os peixes foram mantidos por 12 h em jejum. A concentração de oxigênio dissolvido foi medida com oxímetro digital (YSI modelo 55 Hexis - Ohio, EUA), após, a aeração foi suspensa, a superfície dos tanques foi coberta com plástico transparente pra minimizar a difusão de oxigênio do ambiente para água dos tanques e após 1h o oxigênio dissolvido foi aferido novamente (menor saturação foi de 70%).

O cálculo para obtenção do consumo de oxigênio (CO) foi feito através da seguinte fórmula: $CO = [(O_i - O_f) \times V] / B / T$, onde:

O_i é a concentração de oxigênio inicial (mgO₂/L), O_f é a concentração de oxigênio final (mgO₂/L), V é o volume do tanque (L), B é a biomassa (g) e T é o intervalo de tempo entre as medições (h).

Crescimento

O peso (g) e o comprimento total (CT) (cm) de todos os peixes foram aferidos no final do experimento com auxílio de uma balança de precisão de décimos de gramas e um ictiômetro de bancada.

A sobrevivência (S), a taxa de crescimento específico (G), a conversão alimentar aparente (CAA), o fator de condição de Fulton (FC), o coeficiente de variação do peso (CV) e a ingestão de alimento (IA) foram calculados utilizando as seguintes fórmulas:

$S = (nf/ni) \times 100$, onde nf é o número de peixes no final do experimento, ni é o número de peixes no início do experimento;

$G = [(\ln pf - \ln pi) / t] \times 100$, onde pf é o peso final (g), pi é o peso inicial (g), t é o tempo do experimento em dias;

$CAA = AO / GP$, onde AO é a quantidade de alimento oferecido (g) e GP é o ganho de peso (g);

$FC = (p / c^3) \times 100$, onde p é o peso (g) e c é o comprimento (cm);

$CV = DP/p$, onde DP é o desvio padrão e p é o peso médio (g);

$IA = 100 [\text{media diária de alimento ofertado (g)} / \text{média da biomassa (g)}]$

onde a media da biomassa = (biomassa inicial + biomassa final)/2 e a biomassa = média do peso corporal multiplicada pelo número de peixes.

Obtenção das amostras de tecidos

Ao final do experimento, os peixes foram mantidos por 24 h de jejum e 12 peixes de cada tratamento (três de cada tanque) foram coletados, anestesiados, sacrificados e foi retirado o segundo arco branquial da cavidade branquial esquerda de cada um, bem como o fígado, intestinos e músculo. Imediatamente após a retirada, os órgãos foram devidamente identificados e congelados em nitrogênio líquido, onde foram mantidos até serem analisados.

Análise da atividade da Na^+/K^+ -ATPase

As brânquias foram homogeneizadas em solução tampão pH 7.3 com auxílio de um agitador elétrico (Nova Técnica – Piracicaba, São Paulo, Brasil) e a atividade da enzima foi determinada de acordo com o método de inibição por ouabaína (MCCORMICK, 1993). As leituras das amostras foi feita por absorbância em espectrofotômetro ELISA (VICTOR² 1420 Multilabel Counter/PerkinElmer - Massachusetts, EUA).

Determinação do glicogênio hepático

As amostras de fígados dos peixes foram pesadas e logo após, homogeneizadas em solução de citrato de sódio 100 mM (10% peso/volume) com auxílio de um agitador elétrico (Nova Técnica – Piracicaba, São Paulo, Brasil). A determinação do glicogênio hepático foi feita de acordo com a metodologia de glicose-oxidase de Carr e Neff (1984) modificada. A

leitura das amostras foi feita por absorvância em espectrofotômetro ELISA (ELX 800 Universal Microplate Reader/Bio-Teck Instruments - Winooski, Vermont, EUA).

Análise da atividade da tripsina nos intestinos

Os intestinos foram homogeneizados em solução tampão TRIS-HCl (0,1 M, pH 8,3) contendo NaCl (1 M) e CaCl₂ (10 mM) com auxílio de um agitador elétrico (Nova Técnica – Piracicaba, São Paulo, Brasil). A determinação da atividade da tripsina foi realizada pelo método descrito por Erlanger et al. (1961), utilizando-se *N*-benzoyl-arginina-pNA (BAPNA) como substrato. As leituras das amostras foram feitas por absorvância em espectrofotômetro ELISA (EL 808 Universal Microplate Reader/Bio-Teck Instruments - Winooski, Vermont, EUA).

Umidade nos músculos

Os músculos foram descongelados e pesados para obtenção do peso úmido, após foram secos em estufa a 50°C por 72 h, e novamente pesados para obtenção do peso seco. O nível de umidade dos músculos foi obtido através da diferença entre o peso úmido e o peso seco.

Tratamento estatístico dos dados

Os resultados submetidos à ANOVA de uma via e posteriormente Teste Tukey com nível de significância de 95%. O software utilizado foi o Statistica 7.0 (StatSoft – Oklahoma, EUA).

RESULTADOS

Crescimento

A sobrevivência não foi afetada pela salinidade ao final dos 28 dias do período experimental (Tabela 2).

O ganho de peso foi afetado pela salinidade, os pampos criados nas salinidades 3, 6 e 12 foram significativamente ($p < 0,05$) mais pesados do que aqueles criados na salinidade 32 (Tabela 2).

A conversão alimentar aparente, o fator de condição de Fulton, o coeficiente de variação do peso e a ingestão de alimento não apresentaram diferença estatística entre si ($p < 0,05$). No entanto, a taxa de crescimento específico observada nos peixes da salinidade 6 foi significativamente maior ($p < 0,05$) que a dos peixes da salinidade 32, contudo não foi observada diferença estatística entre as salinidades 3, 6 e 12 (Tabela 2).

Tabela 2 – Peso inicial e final, sobrevivência, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente, fator de condição de Fulton e coeficiente de variação do peso de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus* criados em diferentes salinidades (média e desvio padrão).

	Salinidades			
	3	6	12	32
Peso inicial (g)	2,15 ± 0,29 ^a	2,14 ± 0,28 ^a	2,17 ± 0,28 ^a	2,10 ± 0,30 ^a
Peso final (g)	6,44 ± 0,30 ^a	6,57 ± 0,31 ^a	6,29 ± 0,32 ^a	5,71 ± 0,26 ^b
Sobrevivência (%)	95,10 ± 4,08 ^a	98,81 ± 2,5 ^a	97,52 ± 5 ^a	96,30 ± 4,78 ^a
Taxa de crescimento específico (%/dia)	3,85 ± 0,09 ^{ab}	3,96 ± 0,07 ^a	3,79 ± 0,18 ^{ab}	3,66 ± 0,04 ^b
Conversão alimentar aparente (CAA)	1,71 ± 0,21 ^a	1,43 ± 0,11 ^a	1,61 ± 0,20 ^a	1,64 ± 0,20 ^a
Fator de condição de Fulton (FCF)	1,60 ± 0,15 ^a	1,67 ± 0,11 ^a	1,67 ± 0,21 ^a	1,71 ± 0,13 ^a
Coeficiente de variação do peso (CVP)	0,11 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,03 ^a	0,09 ± 0,02 ^a
Ingestão de alimento (%/dia)	5,98 ± 0,33 ^a	5,49 ± 0,21 ^a	5,54 ± 0,09 ^a	5,59 ± 0,29 ^a

Letras diferentes na linha representam diferença significativa ($p < 0,05$).

Consumo de oxigênio

O consumo de oxigênio dos pampos criados na salinidade 3 foi significativamente maior que nas demais salinidades testadas ($p < 0,05$). Por outro lado, o consumo de oxigênio dos peixes nas salinidades 6 e 12 não diferiu significativamente entre si, mas foram significativamente maiores em relação aos peixes salinidade 32 ($p < 0,05$) (Figura 1).

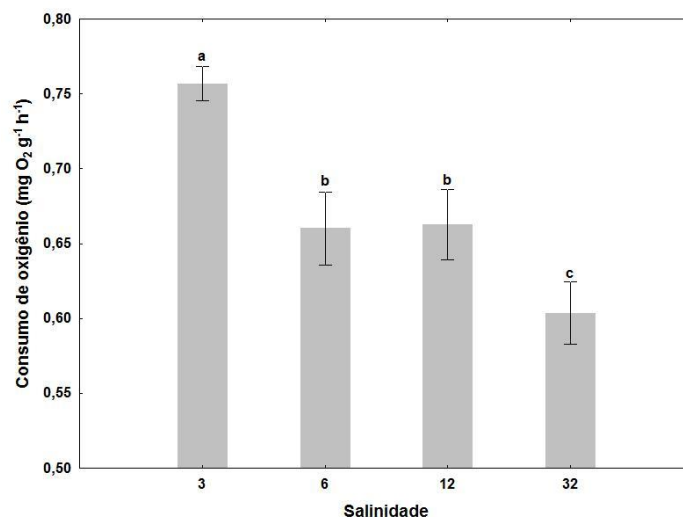


Figura 1 – Consumo de oxigênio de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus* criados em diferentes salinidades (média e desvio padrão). Letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$).

Atividade da Na⁺/K⁺-ATPase nas brânquias e da tripsina nos intestinos

A atividade da enzima Na⁺/K⁺-ATPase nas brânquias foi significativamente maior ($p < 0,05$) nos peixes da salinidade 3 em relação aos das salinidade 12 e 32, mas não diferiu dos peixes da salinidade 6 ($p > 0,05$). Também não foi constatada diferença estatística na atividade da enzima entre os peixes das salinidades 6, 12 e 32 ($p > 0,05$) (Figura 2).

A atividade da tripsina nos intestinos dos pamos não foi afetada pela salinidade (Figura 3).

Índice Hepatosomático (IHS)

O maior índice hepatossomático foi contatado nos peixes da salinidade 32, o qual diferiu significativamente dos peixes das salinidades 3, 6 e 12 ($p > 0,05$). Os peixes das salinidades 3, 6 e 12 não apresentaram diferença estatística entre si ($p > 0,05$) (Figura 4).

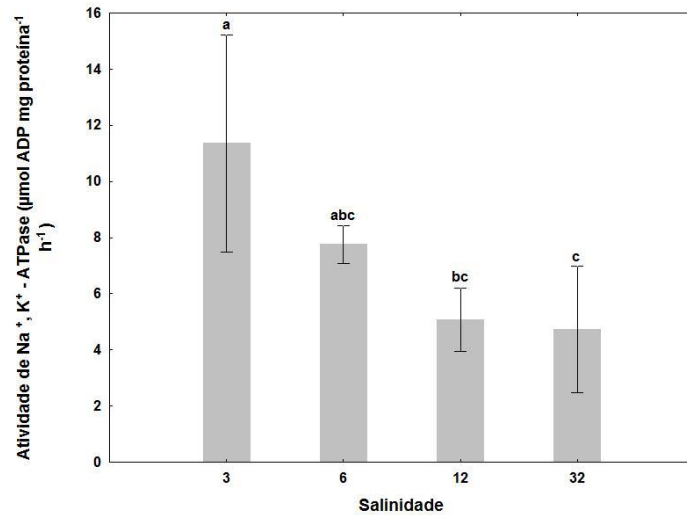


Figura 2 – Atividade da enzima Na⁺/K⁺-ATPase nas brânquias de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*, criados em diferentes salinidades (média e desvio padrão). Letras diferentes representam diferença significativa (p<0,05).

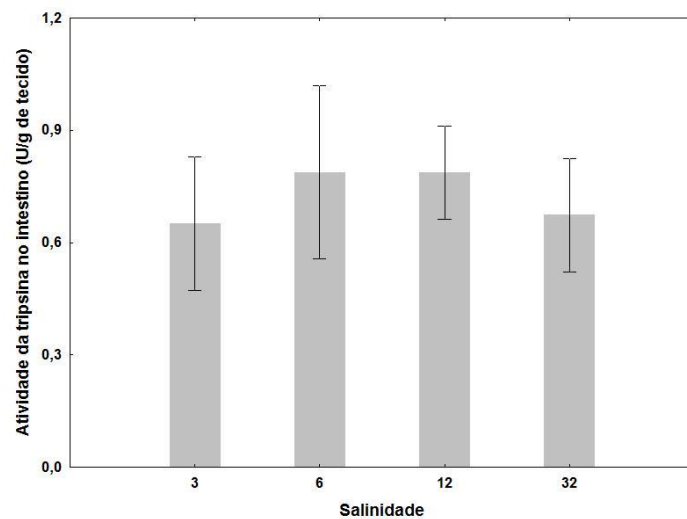


Figura 3 – Atividade da tripsina nos intestinos de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*, criados em diferentes salinidades (média e desvio padrão).

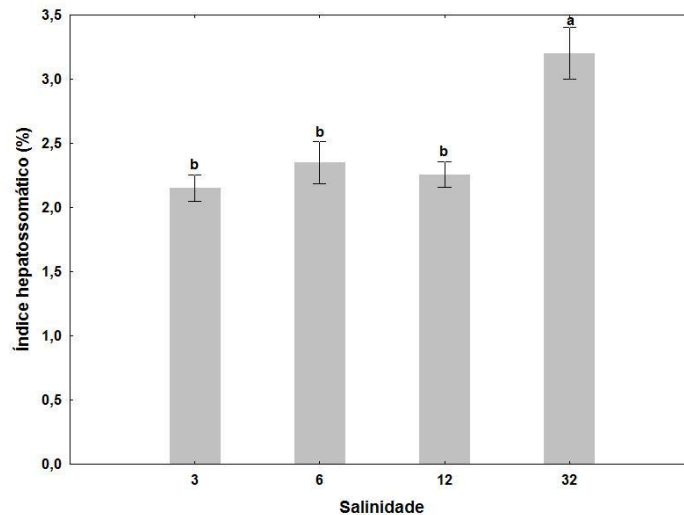


Figura 4 – Índice hepatossomático de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*, criados em diferentes salinidades (média e desvio padrão). Letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$).

Glicogênio hepático

Os peixes criados na salinidade 3 apresentaram menor reserva de glicogênio em relação à salinidade 32 ($p < 0,05$). Entretanto, o conteúdo de glicogênio dos peixes criados nas salinidades 6 e 12 não foi diferente dos peixes criados nas salinidades extremas ($p < 0,05$) (Figura 5).

Umidade no músculo

Não foi encontrada diferença significativa nos percentuais de umidade do músculo dos pamos entre os quatro níveis de salinidade utilizados (Figura 6).

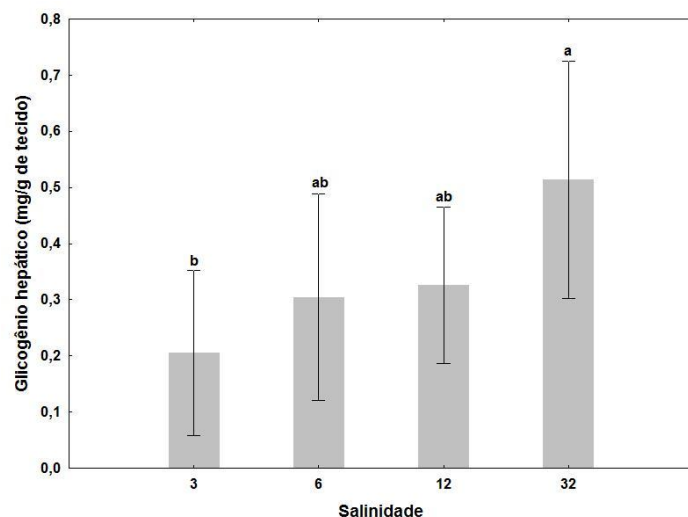


Figura 5 – Glicogênio hepático de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*, criados em diferentes salinidades (média e desvio padrão). Letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$).

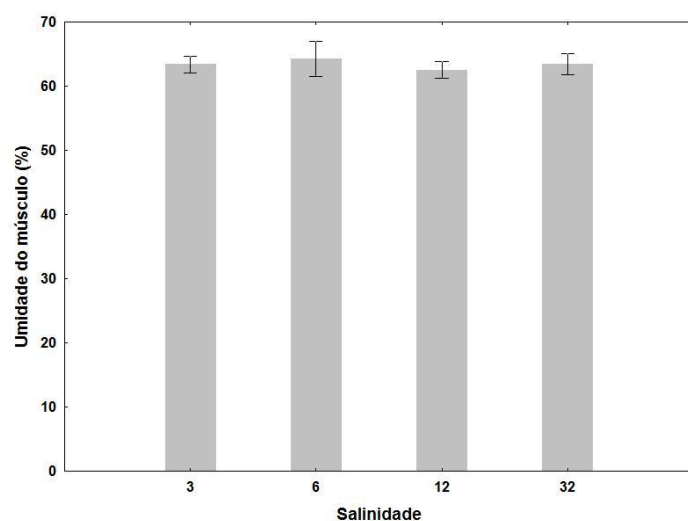


Figura 6 – Percentual de umidade do músculo de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*, criados em diferentes salinidades (média e desvio padrão).

DISCUSSÃO

O crescimento do pampo foi afetado pela salinidade. Alguns estudos têm revelado a influência direta da salinidade sob o crescimento de teleósteos (BOEUF & PAYAN, 2001; MARTINEZ-PALÁCIOS et al., 2004; ROCHA et al., 2005; BARMAN et al., 2005).

No presente estudo, foi observado um maior crescimento do pampo nas salinidades 3, 6 e 12 em relação à salinidade 32. Resultados similares foram observados por Weirich (2009) para juvenis do pampo *Trachinotus carolinus*, espécie comumente encontrada em água salgada, e foi constatado um bom desempenho de crescimento dos peixes mantidos em salinidade 5 por 110 dias em relação a água salgada. O mesmo crescimento elevado em salinidade baixa foi constatado para juvenis de *Rachycentron canadum*, aclimatados por oito semanas em salinidades 5, 15 e 30 (RESLEY et al., 2006). De forma geral, teleósteos marinhos apresentam maior crescimento em salinidades intermediárias e crescimento reduzido em salinidades baixas (GAUMET et al., 1995; LAIZ-CARRIÓN et al., 2005; NORDLIE, 2009). Contudo, o pampo demonstrou crescimento elevado nas salinidades baixas 3 e 6.

Outros estudos com teleósteos eurialinos, revelam um melhor desempenho de crescimento em salinidades próximas ou equivalentes à água salgada. Jana et al. (2006) obtiveram maior crescimento para juvenis de *Chanos chanos* em salinidade 25 em relação a salinidades mais baixas. Resultados similares foram encontrados para juvenis de *Hippocampus erectus* (LIN et al., 2009) e *Oreochromis mossambicus* (MAGDELDIN et al., 2007) quando mantidos em água do mar.

A salinidade 13 é considerada o ponto isosmótico para o pampo (ver Cap. 1). Alguns estudos têm mostrado que diversas espécies de peixes teleósteos, quando mantidos em salinidades próximas ou equivalentes ao seu ponto isosmótico, apresentam um menor gasto energético para osmorregulação (FEBRY & LUTZ, 1987; GAUMET et al., 1995; BOEUF & PAYAN, 2001; ALTINOK & GRIZZLE, 2001; NORDLIE, 2009).

A diminuição nos custos metabólicos para regulação iônica e osmótica pode refletir na realocação dessa energia para outros processos fisiológicos, como incremento no crescimento (MORGAN & IWANA, 1991; ALTINOK & GRIZZLE, 2001). Laiz-Carrión et al. (2005) observaram maior crescimento de *Sparus aurata* em salinidade 12. Mylonas et al. (2009) obtiveram melhor crescimento de *Umbrina cirrosa* em salinidade 10 e 40, o que sugere bom desempenho tanto em água do mar, como em salinidade próxima a do ponto isosmótico. Imsland et al. (2008) constataram maior crescimento de juvenis de *Hippoglossus*

hippoglossus em salinidade intermediária após aclimação nas salinidades 15, 25 e 32 por quatro meses. Já Shervette et al. (2006) não encontraram diferença significativa no crescimento de *Lagodon rhomboides*, mantidos por 21 dias em salinidades 15, 30 e 45 .

O maior crescimento do pampo nas salinidades baixas em relação à salinidade 32 pode estar relacionado com outros fatores fisiológicos que podem sofrer alteração frente a variações na salinidade, como por exemplo, o aumento no balanço e a expressão gênica do hormônio de crescimento (GH) (TOMY et al., 2009).

O maior e o menor consumo de oxigênio foram observados nos peixes das salinidades 3 e 32, respectivamente. Resultado similar foi encontrado por Rocha et al. (2005) após 15 dias de exposição de juvenis de *Centropomus parallelus* nas salinidades 5, 20 e 30, onde obtiveram um maior consumo de oxigênio na menor salinidade em relação a salinidade 20. Tsuzuki et al. (2008) observaram um maior consumo de oxigênio de larvas de *Odontesthes hatcheri* após exposição a salinidades de 0 a 20, e uma diminuição no consumo em salinidade 30. Zheng et al. (2008) constataram um maior consumo de oxigênio para juvenis de *Miichthys miiuy* aclimatados em salinidade 16 em relação as salinidades 26 e 31. Elevações nos níveis de consumo de oxigênio geralmente estão relacionadas a um aumento na taxa metabólica (CECH, 1990; TSUZUKI et al., 2008).

Nas salinidades 6 e 12 foi observado um consumo de oxigênio intermediário, o que pode estar relacionado à característica isosmótica do meio (WOO & KELLY, 1995; MORGAN et al., 1997)

Contudo, em alguns casos, o consumo de oxigênio pode não ser influenciado pela salinidade, como foi observado por Morgan & Iwama (1998), onde não foi constatada diferença significativa no consumo de oxigênio de juvenis de *Oncorhynchus kisutch* após exposição de seis semanas em água doce, salobra e salgada.

O menor consumo de oxigênio dos peixes da salinidade 32 pode estar relacionado com as considerações do estudo de Morgan & Iwama (1991), onde revisaram as respostas metabólicas de peixes de ambientes límnicos, salobres e marinhos e concluíram que baixas taxas metabólicas são mais frequentemente associadas à salinidade da água em que as espécies são mais comumente encontradas.

A atividade da Na^+/K^+ -ATPase nas brânquias dos pampos foi significativamente maior na salinidade 3 em relação as salinidades 12 e 32. Herrera et al. (2009) obtiveram resultados similares, foi constatada maior atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial para juvenis de *Dicologlossa cuneata* em salinidades baixas após 20 dias de exposição em salinidade de

5 a 55, o mesmo foi encontrado por Arjona et al. (2009) para juvenis de *Solea senegalensis* após exposição de 71 dias nas salinidades 15, 25 e 39.

Os resultados do presente estudo podem estar relacionados à elevação da taxa metabólica e/ou a um maior esforço osmorregulatório para manutenção do equilíbrio iônico em salinidades baixas, visto que também foi constatado um maior consumo de oxigênio nessas salinidades (CECH, 1990; MORGAN & IWAMA, 1998; TSENG & HWANG, 2008).

O baixo nível de atividade da enzima observado na salinidade 12 pode estar relacionado à hipótese de uma possível diminuição no esforço para osmorregular em salinidade próxima a do ponto isosmótico (BOEUF & PAYAN, 2001; NORDLIE, 2009).

O índice hepato-sômático e o glicogênio hepático dos pampos foram menores nas salinidades baixas em relação a salinidade 32. Esses dois índices são importantes indicativos das reservas energéticas dos peixes (LAIZ-CARRIÓN et al., 2002; PADMAVATHY & RAMANATHAN, 2010). Os baixos níveis dos substratos energéticos observados nas salinidades baixas podem estar relacionados com a utilização dessa energia para incremento do crescimento (LAIZ-CARRIÓN et al., 2005).

O percentual de umidade dos músculos dos pampos não variou em relação as salinidades. Esses resultados vão de acordo com os obtidos para juvenis de *Platichthys flesus* aclimatados em salinidade 1, 11 e 35 (LUNDGREEN et al., 2008) e para juvenis de *Acipenser medirostris* aclimatados em água doce, salobra e salgada durante duas semanas (SARDELLA & KÜLTZ, 2009). Martínez-Álvarez et al. (2002) observaram uma diminuição na umidade do músculo de adultos de *Acipenser naccarii* em salinidade baixa após aclimação gradual em salinidades de 0 a 35. Contudo, os níveis apresentaram similaridade após exposição contínua em salinidade 35.

A homogeneidade da umidade muscular do pampo pode estar relacionada ao período prolongado de aclimação as diferentes salinidades e reflete sua boa capacidade de regulação do volume intracelular (LUNDGREEN et al., 2008).

A atividade da tripsina não foi afetada pela variação da salinidade. A tripsina é uma enzima digestiva de origem pancreática que age no intestino delgado, atuando sobre ligações peptídicas do quimo que envolvem lisina e arginina (LEHNINGER et al., 2000). Woo & Kelly (1995) em estudo com juvenis de *Sparus sarba* observaram maior atividade da tripsina nos peixes mantidos na salinidade 7 em relação às salinidades 15 e 35. Moutou et al. (2004) observaram uma diminuição significativa na atividade da tripsina em juvenis de *Sparus aurata* aclimatados durante 15 dias em salinidade 20 com relação a salinidade 33. Tsuzuki et al. (2007) obtiveram valores elevados na atividade total das proteinases alcalinas para juvenis

de *Centropomus parallelus* criados por 50 dias em salinidade 15 em relação as salinidades 5 e 35. Esses estudos indicam que a que a atividade da tripsina pode ser afetada pela salinidade. Mudanças na atividade da tripsina podem influenciar na digestão e absorção de proteínas, sendo a tripsina uma das mais importantes proteinases (alcalina) intestinais (MOUTOU et al., 2004, TSUZUKI et al., 2007). A similaridade na atividade da tripsina pode estar relacionada com a hipótese da salinidade não influenciar diretamente a atividade dessa enzima no intestino dos pampos (PSOCHIOU et al., 2007).

Em conclusão, a salinidade afeta diretamente as funções fisiológicas do pampo *T. marginatus*. Contudo, apesar de alterações significantes em parâmetros vitais importantes como consumo de oxigênio, atividade da Na^+/K^+ -ATPase e reservas de substratos energéticos, a espécie demonstrou bom desempenho de crescimento nas salinidades baixas, o que sugere a viabilidade de criação da espécie em águas estuarinas e costeiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARJONA, F.; VARGASCHACOFF, L.; RUIZJARABO, I.; GONCALVES, O.; PASCOA, I.; MARTINDELRIO, M. 2009. Tertiary stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) to osmotic challenge: Implications for osmoregulation, energy metabolism and growth. *Aquaculture* 287(3-4):419-426.
- ALTINOK, I.; GRIZZLE, J. M.; 2001. Effects of brackish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juveniles euryhaline and freshwater stenohaline fishes. *Journal of Fish Biology* 59:1142-1152.
- BALDISSEROTTO, B. 2009. Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura. 2ª Ed. Editora UFSM, Santa Maria, 352p.
- BARMAN, U. K.; Jana, S. N.; GARG, S. K.; BHATNAGAR, A.; ARASU, A. R. T. 2005. Effect of inland water salinity on growth, feed conversion efficiency and intestinal enzyme activity in growing grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.): Field and laboratory studies. *Aquaculture International* 13:241-256
- BOEUF, G.; PAYAN, P. 2001 How should salinity influence fish growth. *Comparative Biochemistry Physiology Part C* 130:411-423.
- CABEROY, N. B.; QUINITIO, G. F. 2000. Changes in Na⁺, K⁺-ATPase activity and gill chloride cell morphology in the grouper *Epinephelus coioides* larvae and juveniles in response to salinity and temperature. *Fish Physiology and Biochemistry* 23:83-94.
- CARR, R. S.; NEFF, J. M. 1984. Quantitative semi-automated enzymatic assay for tissue glycogen. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 77:447-449.
- CECH, J. J. (1990), Respirometry. In- Methods for fish biology, eds. C. B. Schreck and P. B. Moyle. *American Fisheries Society*, Bethesda, Maryland, pp. 335-365.
- CHANG, J. C.; WU, S.; TSENG, Y. 2007. Regulation of glycogen metabolism in gills and liver of the euryhaline tilapia (*Oreochromis mossambicus*) during acclimation to seawater. *The Journal of Experimental Biology* 210(19):3494-504.
- ERKMEN, B.; KOLANKAYA, D. 2009. The Relationship Between Chloride Cells and Salinity Adaptation in the Euryhaline Teleost, *Lebistes reticulatus*. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(5):888-892.
- ERLANGER, B. F.; KOKOWWSKY, N.; CHEN, N. 1961. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 95:271-278.
- FEBRY, R.; LUTZ, P. 1987. Energy partitioning fish: the activity related cost of osmoregulation in eryhaline cichlid. *Journal of Experimental Biology* 128:63-85.
- GAUMET, F.; BOEUF, G.; SEVERE, A.; LEROUX, A.; MAYER GOSTAN, N. 1995. Effects of salinity of the ionic balance and growth of juvenile turbot. *Journal of Fish Biology* 47:865-876.

- HERRERA, M.; VARGAS-CHACO, L.; HACHERO, I.; RU, I.; RODILES, A. 2009. Osmoregulatory changes in wedge sole (*Dicologlossa cuneata* Moreau, 1881) after acclimation to different environmental salinities. *Aquaculture Research* 40:762-771.
- HONEBRINK, R. R. 2000. A review of the biology of the family Carangidae, with emphasis on species found in Hawaiian waters. DAR Technical Report 20-01 Division of Aquatic Resources Department of Land and Natural Resources, Honolulu, Hawaii.
- IMSLAND, A. K.; GÚSTAVSSON, A.; GUNNARSSON, S.; FOSS, A.; ÁRNASON, J.; ARNARSON, I. 2008. Effects of reduced salinities on growth, feed conversion efficiency and blood physiology of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 274:254-259.
- JANA, S. N.; GARG, S. K.; & PATRA, B. C. 2006. Effect of inland water salinity on growth performance and nutritional physiology in growing milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal): field and laboratory studies. *Journal of Applied Ichthyology* 22(1)25-34.
- KELLY, S. P.; CHOW, I. N.; WOO, N. Y. 1999. Effects of prolactin and growth hormone on strategies of hypoosmotic adaptation in a marine teleost, *Sparus sarba*. *General and Comparative Endocrinology* 113(1):9-22.
- LAIZ-CARRIÓN, R.; SANGIAO-ALVARELLOS, S.; GUZMÁN, J. M. 2002. Energy metabolism in fish tissues related to osmoregulation and cortisol action. *Fish Physiology and Biochemistry* 27(3-4):179-188.
- LAIZ-CARRIÓN, R.; SANGIAO-ALVARELLOS, S.; GUZMÁN, J.; MARTIN DEL RIO, M., SOENGAS, J. L.; MANCERA, J. 2005. Growth performance of gilthead sea bream in different osmotic conditions: Implications for osmoregulation and energy metabolism. *Aquaculture* 250(3-4):849-861.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M.M. 2000. Principles of Biochemistry, 3rd ed, Worth Publishers, 1013 p,
- LIN, Q.; ZHANG, D.; LIN, J. 2009. Effects of light intensity, stocking density, feeding frequency and salinity on the growth of sub-adult seahorses *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Aquaculture* 292(1-2)111-116.
- LUNDGREEN, K.; KIILERICH, P.; TIPSMARK, C. K.; MADSEN, S. S.; JENSEN, F.B. 2008. Physiological response in the European flounder (*Platichthys flesus*) to variable salinity and oxygen conditions. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology* 178:909-915.
- MAGDELDIN, S.; UCHIDA, K.; HIRANO, T.; GRAU, E. G.; ABDELFATTAH, A.; NOZAKI, M. 2007. Effects of environmental salinity on somatic growth and growth hormone/insulin-like growth factor-I axis in juvenile tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Fisheries Science* 73:1025-1034.
- MARTÍNEZ-ALVAREZ, R. M.; HIDALGO, M. C.; DOMEZAIN, A.; MORALES, A. E.; GARCÍA-GALLEGO, M.; SANZ, A. 2002. Physiological changes of sturgeon *Acipenser naccarii* caused by increasing environmental salinity. *The Journal of Experimental Biology* 205(23):3699-706.

- MARTINEZ-PALÁCIOS, C. A.; MORTE, J. C.; TELLO-BALLINAS, J. A.; TOLEDO-CUEVAS, M.; ROSS, L. G. 2004. The effects of saline environments on survival and growth of eggs and larvae of *Chirostoma estor estor* Jordan 1880 (Pisces: Atherinidae). *Aquaculture* 238:509-522.
- MCCORMICK, S. D. 1993. Methods for non-lethal gill biopsy and measurement of Na⁺/K⁺-ATPase activity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50:656-658.
- MCCORMICK, S. D.; REGISH, M.; CHRISTENSEN, K. 2009. Distinct freshwater and seawater isoforms of Na⁺/K⁺-ATPase in gill chloride cells of Atlantic salmon. *The Journal of Experimental Biology* 212(24):3994-4001.
- MEIER, K. M.; FIGUEIREDO, M. A.; KAMIMURA, M. T.; LAURINO, J.; MAGGIONI, R.; PINTO, L. S.; DELLAGOSTIN, O. A.; TESSER, M. B.; SAMPAIO L.A.; MARINS, L. F. 2009. Increased growth hormone (GH), growth hormone receptor (GHR), and insulin-like growth factor I (IGF-I) gene transcription after hyperosmotic stress in the Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus*. *Fish Physiology and Biochemistry* 35:501-509.
- MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo. 96 p.
- MORGAN, J. D.; SAKAMOTO, T.; GRAU, E. G. 1997. Physiological and respiratory responses of the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to salinity acclimation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 117(3):391-398.
- MORGAN, J. D., IWAMA, G. K., 1991. Effects of salinity on growth, metabolism and ionic regulation in juvenile rainbow trout and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48:2083-2094.
- MORGAN, J. D.; IWAMA, G. K. 1998. Salinity effects on oxygen consumption, gill Na⁺/K⁺-ATPase and ion regulation in juvenile coho salmon. *Journal of Fish Biology* 53:1110-1119.
- MOUTOU, K. A.; PANAGIOTAKI, P. MAMURIS, Z., 2004. Effects of salinity on digestive activity in the euryhaline sparid *Sparus aurata* L.: a preliminary study. *Aquaculture Research* 35:912-914.
- MYLONAS, C.; PAVLIDIS, M.; PAPANDROULAKIS, N.; ZAISS, M.; TSAFARAKIS, D.; PAPADAKIS, I. 2009. Growth performance and osmoregulation in the shi drum (*Umbrina cirrosa*) adapted to different environmental salinities. *Aquaculture* 287(1-2):203-210.
- NORDLIE, F. G. 2009. Environmental influences on regulation of blood plasma/serum components in teleost fishes: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 19(4):481-564.
- PSOCHIOU, E.; MAMURIS, Z.; PANAGIOTAKI, P.; KOURETAS, D.; MOUTOU, K. A. 2007. The response of digestive proteases to abrupt salinity decrease in the euryhaline

- sparid *Sparus aurata* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 147(2):156-63.
- PADMAVATHY, P.; RAMANATHAN, N. 2010. Quantitative changes of glycogen and lactate in muscle, blood and liver tissues of *Oreochromis mossambicus* under hypoxia and recovery. *Sciences-New York* 6(April):54-59.
- RESLEY, M.; WEBBJR, K.; HOLT, G. 2006. Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 253(1-4):398-407.
- ROCHA, J. A. da SILVA; GOMES, V.; NGAN, P. V.; PASSOS, M. J. A. C. R.; 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.
- SAMPAIO, L. A.; BIANCHINI, A. 2002. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 269:187-196.
- SAMPAIO, L. A.; TESSER, M. B.; BURKERT, D. 2003. Tolerância de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus* (Teleostei, Carangidae) ao choque agudo de salinidade em laboratório. *Ciência Rural* 33: 757-761.
- SARDELLA, B. A.; KÜLTZ, D. 2009. Osmo- and ionoregulatory responses of green sturgeon (*Acipenser medirostris*) to salinity acclimation. *Journal of Comparative Physiology Part B* 179(3):383-390.
- SHERVETTE, V. R.; IBARRA, N.; GELWICK, F. 2006. Influences of salinity on growth and survival of juvenile pinfish *Lagodon rhomboides* (Linnaeus). *Environmental Biology of Fishes* 78(2):125-134.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. 1997. *Animal Physiology: Adaptation and Environment*. Cambridge University Press; 5 edition, 607 p.
- TOMY, S.; CHANG, Y.; CHEN, Y. 2009. Salinity effects on the expression of osmoregulatory genes in the euryhaline black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. *General and Comparative Endocrinology* 161(1):123-32.
- TSENG, Y.; HWANG, P. 2008. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 148(4):419-429.
- TSUZUKI, M. Y.; SUGAI, J. K.; MACIEL, J. C.; FRANCISCO, C. J.; CERQUEIRA, V. R. 2007. Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities. *Aquaculture* 271:319-325.
- TSUZUKI, M. Y.; STRÜSSMANN, C. A.; TAKASHIMA, F. 2008. Effect of salinity on the oxygen consumption of larvae of the silversides *Odontesthes hatcheri* and *O. bonariensis* (Osteichthyes, Atherinopsidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51(3):563-567
- UNESCO, 1983. *Chemical methods for use in marine environmental monitoring*. Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission. 53p. (Manual and Guides 12).

- WOO, N. Y. S.; KELLY, S. P. 1995. Effects of salinity and nutritional status on growth and metabolism of *Sparus sarba* in a closed seawater system. *Aquaculture* 135(95):229-238.
- WEIRICH, C. R. 2009. Production characteristics and body composition of Florida pompano reared to market size at two different densities in low-salinity Recirculating Aquaculture Systems. *North American Journal of Aquaculture* 71:165-173.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pampo *T. marginatus* pode ser considerado uma espécie eurialina com grande capacidade de osmorregulação, e seu ponto isosmótico se situa na faixa esperada para peixes marinhos eurialinos. Apesar de parâmetros fisiológicos importantes, como osmolalidade plasmática, glicemia, hemoconcentração e atividade da Na^+/K^+ -ATPase das brânquias dos indivíduos juvenis terem permanecidos inalterados após aclimatação a diferentes salinidades, indivíduos menores apresentaram influência direta da salinidade sobre suas funções fisiológicas. Todavia, a espécie demonstrou bom desempenho de crescimento nas salinidades baixas, o que sugere a viabilidade de criação da espécie em águas estuarinas e costeiras.

Como perspectivas para o futuro, os autores recomendam a continuidade da investigação da influência da salinidade sobre outros parâmetros fisiológicos do pampo e sua interação com outros fatores abióticos, como por exemplo, a alcalinidade. Novos estudos relacionados à reprodução e nutrição da espécie também são de grande importância para o entendimento da biologia e o sucesso da criação.