

OSMORREGULAÇÃO EM JUVENIS DE PIAVA, *Leporinus obtusidens* (CHARACIFORMES: ANASTOMIDAE), DURANTE TROCAS DO pH DA ÁGUA

Carlos Eduardo COPATTI¹ & Roberta AMARAL²

¹Biólogo, Dr. Em Zootecnia, UFSM, Prof. da Universidade de Cruz Alta-UNICRUZ. R Andrade Neves, 308 - Cruz Alta, RS, Brasil - CEP 98025-810. E-mail: carloseduardocopatti@yahoo.com.br

²Bióloga, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI, Campus Santiago.

ABSTRACT - OSMOREGULATION IN PIAVA JUVENILES, *Leporinus obtusidens* (CHARACIFORMES: ANASTOMIDAE), DURING THE EXCHANGES FROM THE WATER'S pH. The piava is a specie that uses well to the advantage the proteins in vegetables and animals and shows a good performance and it accepts artificial diets, contribute for the fish culture grows up. For the success in the intensive aquiculture it's important to keep the water quality controlling and analyzing its aspects physicist-chemistry, guaranteeing in this way a growing up culture in the business species from the sweet water, so this research has the objective to check the alterations in the piava's ionic flow, *Leporinus obtusidens*, in the water's pH change, keeping in a closed movement system. The juveniles were displayed in treatments that involved exchanges from pH 5.5; 7.5; 9.0, and for each treatment was verified the ionic variation in eight samples. In a period of three hours of exposition, it happened more ion losses than profits, except for Na⁺ in pH 5.5. For Cl⁻ that happened a reduction all the exchanges, with the important difference only during the transformation from 5.5 to 9.0 comparing from 9.0 to 5.5. Values in the ionic losses were demonstrated in the pH 9.0 to 7.5 reduction to K⁺, because of the stress growing up. In this general way, water exchanges, involving pH changes the general stress in the short time period.

Key words: Stress, aquaculture, ionic flow.

RESUMO - A piava por ser uma espécie que aproveita bem as fontes de proteína tanto vegetal quanto animal e por apresentar bom desempenho e aceitar dietas artificiais, contribui para um bom desempenho da piscicultura. Para o sucesso da aquicultura intensiva é importante manter-se a qualidade da água controlando e analisando seus parâmetros físico-químicos, garantindo desta forma um aumento no cultivo de espécies comerciais de água doce, sendo assim o referido estudo tem como objetivo verificar as alterações de fluxo iônico da piava, *Leporinus obtusidens*, em mudança do pH da água, mantidos em um sistema de circulação fechada. Os juvenis foram expostos a seis tratamentos que envolveram trocas de pH 5,5; 7,5; 9,0, e para cada tratamento foram verificados as variações iônicas em oito exemplares. Para um período de 3 horas de exposição, ocorreram mais perdas de íons do que ganhos, exceto para Na⁺ em pH 5,5. Para Cl⁻ houve redução de íons em todas as trocas, com diferença significativa apenas da passagem de 5,5 para 9,0 em comparação a 9,0 para 5,5. Valores de perda iônica também foram demonstrados na redução de pH 9,0 para 7,5 para o íon K⁺, devido ao aumento do estresse. De uma maneira geral, trocas de água envolvendo mudanças de pH geram estresse mesmo por períodos curtos de tempo.

Palavras-chave: Estresse, aquicultura, fluxo iônico.

INTRODUÇÃO

Espécies do gênero *Leporinus* possuem hábito alimentar onívoro, podendo utilizar-se de ampla gama de alimento, sendo frequentes na sua dieta itens vegetais (ANDRIAN et al., 1994). Além disso, é muito utilizada em piscicultura, por apresentar bom desempenho e aceitar dietas artificiais, e também vem se destacando na pesca esportiva (CASTAGNOLLI, 1992; SOARES et al., 2000).

Muito se fala em qualidade da água, mas, na maioria das vezes, não se tem uma idéia muito precisa do que isso significa na prática ou de como medir e manter essa qualidade. Considerando que as condições ambientais as quais os peixes são expostos sendo de fundamental importância para o desenvolvimento satisfatório no cultivo dos mesmos, torna-se importante uma preocupação com a qualidade da água nos tanques de criação para o sucesso da produção (TAVARES, 1994). Valores de pH neutros e ligeiramente alcalinos têm sido recomendados como sendo apropriados para o cultivo de espécies comerciais de água doce (BOYD, 1982; ZWEIG et al., 1999).

Segundo Machado (1999), as brânquias dos peixes exercem papéis vitais, pois além de ser o principal sítio de trocas gasosas, também estão envolvidas nos processos de osmorregulação, equilíbrio ácido-básico, excreção de compostos nitrogenados e gustação. Conforme Withers (1992), os peixes apresentam capacidade de manter a concentração osmótica de seu fluido corporal relativamente constante sendo assim diferente da concentração do meio externo.

O conhecimento da faixa ideal dos parâmetros físico-químicos é um fator crucial para incentivar o cultivo de inúmeras espécies de peixes (COPATTI et al., 2005). Contudo, situações de adversidade podem acontecer sempre que os limites situarem-se abaixo ou acima da sua capacidade máxima de suporte. Determinar a capacidade de tolerância em ambiente onde o pH é ácido ou alcalino é importante para indicar o balanço geral de íons dos peixes, registrando se ocorrem perdas ou ganhos iônicos.

Para o sucesso da aquicultura intensiva é importante manter-se a qualidade da água controlando e analisando seus parâmetros físico-químicos, garantindo desta forma um aumento no cultivo de espécies comerciais de água doce. Sendo assim torna-se interessante verificar quais são as melhores faixas de pH para os peixes de água doce e a sua influência no processo de osmorregulação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura da URI – Campus Santiago em março de 2007. Ao todo, foram utilizadas 54 unidades de juvenis de piava, *L. obtusidens*. As espécies foram distribuídas em seis tratamentos com oito repetições. Os juvenis utilizados para análise das variações iônicas foram

medidos e, posteriormente, pesados em balança eletrônica, modelo AS 2000, capacidade 2.000g e sensibilidade de 0,01g.

Para o desenvolvimento dos tratamentos, os indivíduos foram inicialmente acondicionados para aclimação por um período de 15 dias, em um sistema de recirculação termo-regulada, composto de 12 caixas de cimento amianto impermeabilizado de 250 L (volume utilizado de 240 L) intercaladas, dois biofiltros de 1.000 L (volume utilizado de 500 L) e um reservatório de água elevado de 2.000 L.

As seguintes variáveis físico-químicas da água foram controladas durante o período de acondicionamento: pH através de um pHmetro Quimis (modelo 400.A) e amônia total, nitrito, alcalinidade e dureza pelo “Kit” Alfa Tecnoquímica. O oxigênio dissolvido foi mantido estável no momento experimental devido ao uso de aeradores.

A ração foi fornecida diariamente, uma vez ao dia, até a saciedade. Detalhes da composição são apresentados na Tab. I.

Tabela I. Composição da ração dos experimentos.

Nutrientes	Níveis (%)
Umidade (máx.)	12
Proteína Bruta (mín.)	56
Extrato Etéreo (mín.)	10
Matéria Fibrosa (máx.)	4
Matéria Mineral (máx.)	14
Cálcio (máx.)	3,6
Fósforo (mín.)	1,5

Enriquecimento por quilograma do produto: Vitamina “A” 20.000 UI, Vitamina “C” 500 mg, Vitamina “D3” 6.400 UI, Vitamina “E” 160 mg, Vitamina “B1” 10 mg, Vitamina “B2” 15 mg, Vitamina “B6” 20 mg, Vitamina “B12” 200 mcg, Vitamina “K3” 20 mg, Ácido Fólico 1,5 mg, Ácido Pantotênico 120 mg, Biotina 1,4 mg, Colina 1,800 mg, Niac na 300 mg, Inositol 250 mg, Cobre 20 mg, Ferro 80 mg, Iodo 5 mg, Manganês 30 mg, Selênio 0,4 mg, Zinco 160 mg.

Foram seis tratamentos realizados, submetendo-se os juvenis de piava a três diferentes faixas de pH da água :5,5; 7,5 e; 9,0. Para isso, foram utilizados potes de 200ml, contendo 100ml de água com os pH ajustados conforme os tratamentos requeridos.

Cada exemplar ficou por 6 h em potes individuais, em que ocorreram as trocas de água no intervalo de 3 h. Foram retirados sempre 10 mL de água nos seguintes momentos:

- colocação dos exemplares;
- com 3 h de exposição, antes da troca de água;
- com 3 h de exposição, imediatamente após a troca de água;
- com 6 h de experimento (final).

A oxigenação nos potes foi mantida com o uso de aeradores durante as 6 h de exposição, sendo que os mesmos eram revisados pelo menos a cada hora de experimento. Os indivíduos sobreviventes foram devolvidos ao sistema ao término do experimento.

Os tratamentos tiveram as seguintes atribuições:
T1- de 0-3h, em pH-5,5 e de 3-6h em pH-7,5;

T2- de 0-3h, em pH-5,5 e de 3-6h em pH-9,0;
 T3- de 0-3h, em pH-7,5 e de 3-6h em pH-5,5;
 T4- de 0-3h, em pH-7,5 e de 3-6h em pH-9,0;
 T5- de 0-3h, em pH-9,0 e de 3-6h em pH-5,5;
 T6- de 0-3h, em pH-9,0 e de 3-6h em pH-7,5.

A água nas faixas de pH (5,5; 7,5; 9,0) ficou acondicionada em baldes de 10 L. O ajuste do pH foi feito com hidróxido de sódio (NaOH) 50,0% e ácido sulfúrico (H₂SO₄) 98,0%, quando necessário.

A água dos tratamentos depois de ser coletada ficou em potes guardados sob refrigeração até o momento da leitura dos íons.

As análises de Na⁺ e K⁺ foram realizadas por fotômetro de chama da marca Micronal B262, e a análise de Cl⁻ através da técnica de Zall et al. (1956). A análise ocorreu no Laboratório de Fisiologia de Peixes da UFSM, em Santa Maria/RS, em março de 2007. Os cálculos de fluxos foram determinados de acordo com Baldisserotto & Val (2002).

A comparação das médias dos parâmetros analisados, para os diferentes tratamentos, foi feita através de uma análise de variância de dois fatores: pH inicial X pH final. Para verificar se houve diferença estatística, foi realizado primeiramente teste de homogeneidade de Levene (p>0,05) e posteriormente teste de Tukey, com o auxílio do programa "Statistica" (versão 6.0, 1997). O nível mínimo de significância foi de 95,0% (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, os parâmetros físico-químicos da água mantiveram-se sempre adequados, não apresentando níveis que pudessem comprometer o trabalho. Teor de oxigênio dissolvido foi 7,64 ± 0,38 mg L⁻¹; temperatura, 23,11 ± 1,69 °C; amônia, 0,5 ± 0,0 mg L⁻¹; alcalinidade, 129 ± 5,68 mg L⁻¹ CaCO₃ e; dureza, 59 ± 5,68 mg L⁻¹ CaCO₃. O pH foi definido de acordo com os tratamentos.

Mudanças no pH da água são responsáveis por alterações significativas no fluxo iônico dos peixes (Matsuo & Val, 2002). Para Steffens (1997), a absorção de minerais da água pelos peixes varia em função da espécie e de alguns fatores ambientais, tais como nível de concentração dos minerais, temperatura e pH da água. Exposição a baixos valores de pH aumentam o efluxo de Na⁺ pelas brânquias devido a uma abertura nas junções epiteliais da guelra, aumentando a perda de íons por uma rota paracelular (Gonzalez, 1996). Inibição do influxo de Na⁺ é ainda uma típica resposta de peixes de água doce para um baixo pH (Wood, 1989). Um dos principais problemas em águas alcalinas é a inibição da excreção da amônia. Águas com valores altos de pH também inibem as trocas brânquiais de Na⁺/NH₄⁺, Cl⁻/HCO₃⁻ e Na⁺/H⁺ (Wood, 2001).

O pH da água é muito importante para a sobrevivência dos peixes, pois existem algumas espécies de peixes que não conseguem se adaptarem as variações de pH da água e isso interfere no crescimento e processo

de osmorregulação. Para os exemplares de *L. leporinus* deste experimento, observou-se que os pH determinados e as trocas estabelecidas não ocasionaram mortalidade, mas ocorreram variações iônicas (Fig. 1).

De acordo com a Fig. 1 pode-se perceber que ocorre entrada de Na⁺ em pH 5,5 e perda em pH 7,5 e 9,0, sendo o ganho em pH 5,5 significativamente superior as perdas em 7,5 e 9,0. Para K⁺ e Cl⁻ ocorreram perdas iônicas em todos os pH.

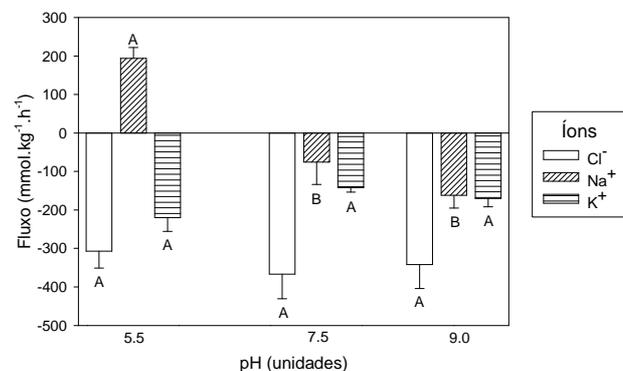


Figura 1. Fluxo iônico de Cl⁻, Na⁺ e K⁺ de piavas em três diferentes faixas de pH antes da troca de água. Letras diferentes indicam diferença significativa.

Comparativamente, a melhor faixa de pH para sobrevivência e crescimento de larvas de jundiá *Rhamdia quelen* está entre 8,0-8,5 (LOPES et al., 2001). Juvenis de jundiá não apresentaram mortalidade significativa na faixa de pH de 4,0-9,0, em 96 h (dureza de 30,0 mg/l CaCO₃), contudo, verificou-se que a exposição de exemplares desta espécie a águas ácidas ou alcalinas provoca uma redução dos níveis corporais de Na⁺ e K⁺ (ZAIIONS & BALDISSEROTTO, 2000). Da mesma forma, nesse experimento, variações nos fluxos iônicos para juvenis de *L. obtusidens* ocorreram de acordo com a faixa de pH (Fig. 1).

Zaniboni Filho et al. (2002), por meio do estudo como forma de investigar o efeito das mudanças do pH da água na sobrevivência de alevinos de *Prochilodus lineatus* verificaram que as faixas de pH 3,5 e 3,7 foram letais para os peixes que quase não sobreviveram, apresentando em torno de 3% de sobrevivência e que essas variações do pH da água afetam grandemente o desenvolvimento e sobrevivência dos peixes. Neste estudo, o menor nível de pH foi 5,5, o qual não ocasionou mortes para os juvenis de *L. obtusidens*.

Alguns estudos tratam da sobrevivência dos peixes com relação às mudanças do pH, mas todas as experiências analisaram a sobrevivência de uma espécie encontrada em pH ácido (FREDA & McDONALD, 1988; VAN DIJK et al., 1993) ou alcalino (WRIGHT et al., 1993, WILKIE et al., 1994), e não em ambos extremos de pH.

Muitas espécies de teleósteos sobrevivem a mudanças agudas de água, abaixo de pH 4,0 e 5,0 ou acima de 9,0 e 10,0, mas exposições além destes valores tendem a ser letais dentro de poucas horas (GONZALEZ, 1996). Contudo, espécies que habitam

águas ácidas, como o cardinal tetra, *Paracheirodon axelrodi*, e banded sunfish, *Enneacanthus obesus*, podem permanecer em águas de pH 3,5 indefinitivamente (GONZALEZ, 1996; MATSUO & VAL, 2003). Juvenis e adultos de *Tribolodon hakonensis* sobrevivem nas águas ácidas do lago Usoriko, mas podem migrar para ambientes com água próxima a neutralidade para respirar (SATAKE et al., 1995). Algumas espécies, como o ciprinídeo *Chalcarburnus tarichi*, ou a truta *Oncorhynchus clarki henshawi* e a carpa *Gymnocypris przewalskii* vivem em águas alcalinas (pH 9,4-9,8), mas durante o período de reprodução, procuram águas com pH mais baixos (pH 8,2-8,5) (DANULAT & SELCUK, 1992). Porém, também existem espécies que vivem e se reproduzem em águas muito alcalinas (pH 10,0), é o caso da tilápia, *Alcolapia grahami* do lago Magadi (WILSON et al., 2004).

As Fig. II, III e IV mostram os fluxos iônicos das piavas expostas a troca do pH da água, no intervalo de 3 a 6 h.

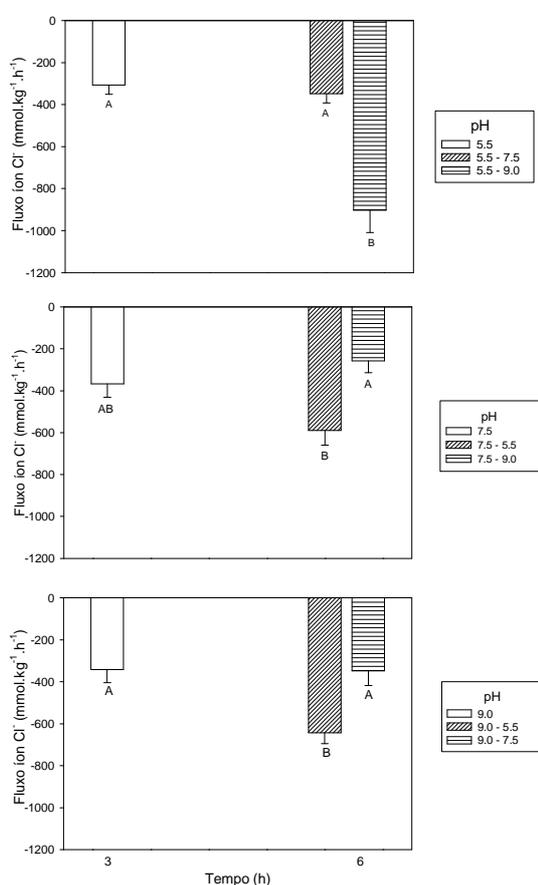


Figura 2. Fluxo iônico de Cl⁻ de piavas em três diferentes faixas de pH antes (3h) e depois (6) da troca. Letras diferentes indicam diferença significativa.

Os dados permitem apontar que para Cl⁻ (Fig. 2), os juvenis expostos a pH 5,5 antes da troca apresentam perda iônica que se mantém depois da troca para pH 7,5 ou 9,0, sendo que a saída de íons é significativamente maior quando se troca água com pH

5,5 para 9,0. Aparentemente peixes aclimatados em águas ácidas suportam variações para águas levemente alcalinas. Os peixes expostos a pH 7,5 antes da troca apresentam perda iônica que se mantém depois da troca para pH 5,5 ou 9,0, sendo que a saída de íons é significativamente maior quando se troca água com pH 7,5 para 5,5. Aparentemente os peixes expostos a pH levemente alcalino suportavam variações para águas mais alcalinas. Peixes expostos a pH 9,0 antes da troca apresentam perda iônica que se mantém depois da troca para pH 5,5, ou 9,0, sendo que a saída de íons é significativamente maior quando se troca água com pH 9,0 para 5,5. Aparentemente os peixes expostos a águas altamente alcalinas suportam variações para águas levemente alcalinas.

Já para K⁺ (Fig. 3), independente do pH exposto ou da troca efetuada, os juvenis continuam a perder íons, porém a perda não se intensifica, nem se reduz ao passar de 3 a 6 h de exposição.

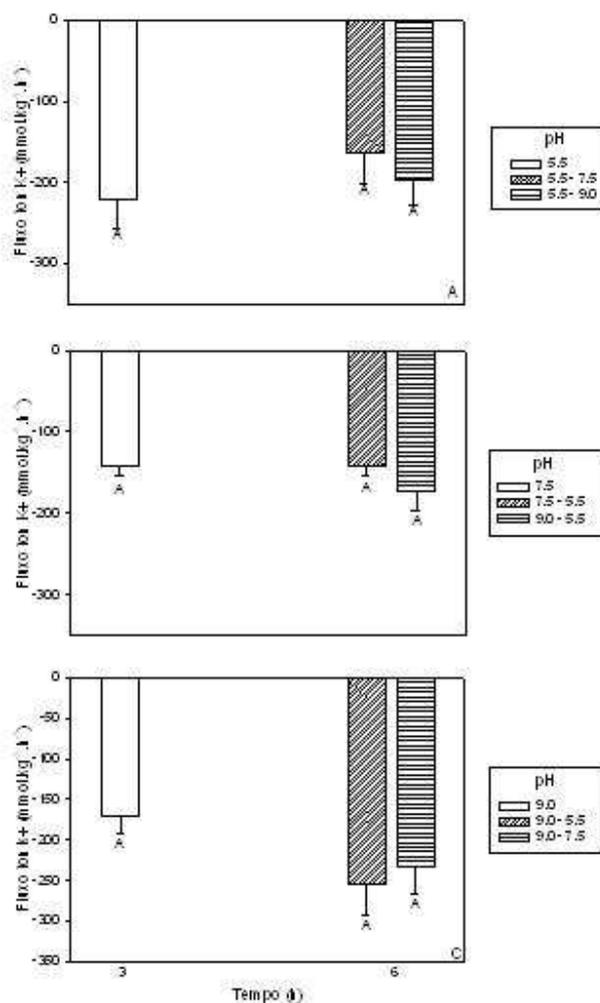


Figura 3. Fluxo iônico de K⁺ de piavas em três diferentes faixas de pH antes (3h) e depois (6) da troca. Letras diferentes indicam diferença significativa.

Em relação ao Na⁺ (Fig. 4) pode-se perceber que os indivíduos ganham íons em pH 5,5 e a entrada se mantém sem alteração significativa apesar da água ser

trocada para pH 7,5 ou 9,0. Em pH 7,5 ocorre perda iônica em pH 7,5. Ao trocar a água para o pH 9,0 ou 5,5, começam a ocorrer ganhos iônicos significativamente superiores ao que ocorria antes da troca. Em pH 9,0 ocorrem perdas iônicas antes da troca. Ao se trocar para água levemente alcalina ocorrem ganhos iônicos significativamente superiores, porém ao se trocar para água ácida ocorrem perdas iônicas significativamente maiores que o período anterior.

Em pH ácidos, aumento do efluxo de Na^+ nas brânquias ocorre em junções finas do epitélio da guelra, aumentando a saída desse íon por uma rota paracelular (GONZALEZ, 1996; WOOD, 2001). Além disso, é comum redução do influxo de Na^+ quando os peixes são condicionados a águas ácidas, ocorrendo bloqueio de quase 100% em pH 4,0 na truta arco-íris. Contudo, espécies que vivem em águas muito ácidas são hábeis em reduzir as perdas de sais, mesmo sob condições de pH 3,5-4,0, o que parece ser um modelo proposto para truta arco-íris, bem como outras espécies (GONZALEZ et al., 2002).

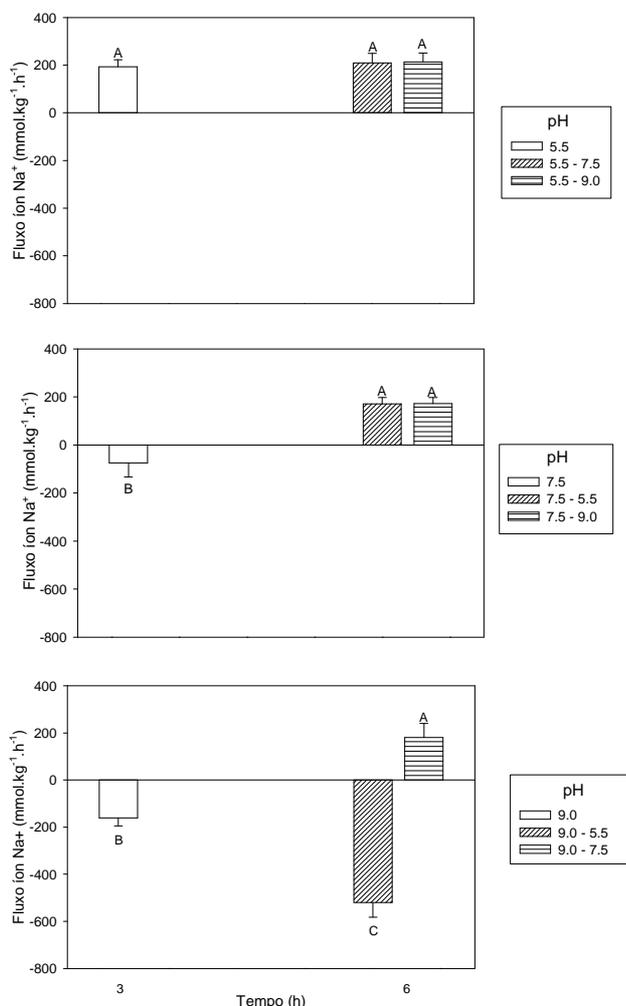


Figura 4. Fluxo iônico de Na^+ de piavas em três diferentes faixas de pH antes (3h) e depois (6) da troca. Letras diferentes indicam diferença significativa.

Wilson et al. (1999) descreveram uma significativa perda iônica nas concentrações do plasma de Na^+ , K^+ e Cl^- , mas não de Ca^{2+} , em resposta a exposição a pH ácido (3,5-4,0) em três espécies de peixes da Bacia do rio Amazonas. Concentrações no plasma de Na^+ e K^+ reduziram durante exposição a água ácida (pH 4,0) e aumentaram durante exposição a água alcalina (pH 8,0) em tambaqui *Colossoma macropomum* (Aride et al., 2007). Similar redução no plasma de Na^+ e K^+ foram observadas em carpa comum *Cyprinus carpio* e tilapia do Nilo *Oreochromis niloticus* depois de serem transferidas de pH 7,3 para pH 4,0 (Van Dijk et al., 1993).

O fluxo da concentração do K^+ do corpo do *Lepomis gibbosus*, foi reduzido nos peixes expostos a pH 4,0 e abaixo, mas a água do corpo foi aumentada. Assim há umas diferenças impressionantes na habilidade de regular o contrapeso do íon e da água no pH baixo entre um especialista ácido-tolerante (*Enneacanthus obesus*) e um generalista mais ou menos ácido-tolerante (*L. gibbosus*) (GONZALEZ & DUNSON, 1987).

Mortalidade de peixes expostos a águas de baixa dureza e ácidas reduzem em torno de 50% dos íons no plasma, principalmente Na^+ e Cl^- (FREDA & McDONALD, 1988). A rápida perda de íons durante exposição ao meio ácido causa mortalidade devido a distúrbios relacionados ao sistema circulatório (WOOD, 1989). Como visto anteriormente, apesar das perdas e ganhos iônicos para os juvenis expostos aos diferentes tratamentos neste experimento, não houve influencia na mortalidade dos exemplares para este período de tempo, porém é provável que sob condições de exposição crônica, mudanças de pH possam acarretar mortalidade ou redução na taxa de crescimento dos indivíduos.

CONCLUSÃO

Para um período de 3 h de exposição geralmente ocorreram ganhos de íons, exceto para Na^+ em pH 5,5.

Considerando as trocas realizadas para uma exposição superior (3 a 6 h), é possível arguir que em trocas extremas (pH 9,0 para 5,5 ou pH 5,5 para 9,0) as variações estabelecidas em comparação com o período anterior demonstram situação de estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIAN, I. F.; DÓRIA C. R. C.; TORRENTE G.; FERRETI C. M. Espectro alimentar e similaridade na composição da dieta de quatro espécies de *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae) do rio Paraná (22°10'-22°50'S/53°10'-53°40'W), Brasil. Revista UNIMAR, v. 16 (suplemento), p. 97-107, 1994.
- ARIDE P. H. R.; ROUBACH R.; VAL A. L. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. Aquaculture Research, v. 38, p. 588-594, 2007.

- BALDISSEROTTO, B.; VAL, A. L. Ion fluxes of *Metynnis hypsauchen*, a teleost from the Rio Negro, Amazon, exposed to an increase of temperature. *Braz. J. Biol.*, v. 62 (4B), p. 749-752, 2002.
- BOYD, C. E. Water quality management for pond fish culture. Amsterdam Elsevier, 1982. 318p.
- CASTAGNOLLI, N. Piscicultura de água doce. Jaboticabal/SP: Fundação Universidade Estadual Paulista, 1992. 189p.
- COPATTI C. E.; COLDEBELLA I. J.; RADUNZ NETO J.; GARCIA L. O.; ROCHA M. C.; BALDISSEROTTO, B. Effect of dietary calcium on growth and survival of silver catfish juveniles, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae), exposed to different water pH. *Aquac. Nutr.*, v. 11, p. 345-350, 2005.
- DANULAT, E.; SELCUK, B.. Life history and environmental conditions of the anadromous *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) in the highly alkaline Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey. *Archives Fur Hydrobiologie*, v. 126, p. 105-125, 1992.
- FREDA, J.; MCDONALD, D. G. Physiological correlates of interspecific variation in acid tolerance in fish. *J. Exp. Biol.*, v. 136, p. 243-258, 1988.
- GONZALEZ, R. J.; DUNSON, W. A. Adaptations of sodium balance to low pH in a sunfish (*Enneacanthus obesus*) from naturally acidic waters. *J. Comp. Physiol. B*, v. 157, p. 555-566, 1987.
- GONZALEZ, R. J. Ion regulation in ion poor waters of low pH. In: Val, A. L., Almeida-Val, V. M. F., Randall, D. J. (eds.) *Physiology and biochemistry of the fishes of the Amazon*. Manaus: INPA, p. 111-121. 1996.
- GONZALEZ, R. J.; WILSON, R. W.; WOOD, C. M.; PATRICK, M. L.; VAL, A. L. Diverse strategies for ion regulation in fish collected from the ion-poor, acidic Rio Negro. *Physiol. Biochem. Zool.*, v. 75, p. 37-47, 2002.
- LOPES, J. M.; SILVA, L. V. F.; BALDISSEROTTO, B. Survival and growth of silver catfish larvae exposed to different water pH. *Aquaculture International*, v. 9, p. 73-80, 2001.
- MACHADO, M. R. Uso de brânquias de peixes como indicadores de qualidade das águas. *UNOPAR Cient. Ciênc. Biol. Saúde*, v. 1, n. 1, p. 63-76, 1999.
- MATSUO, A. Y. O.; VAL, A. L. Fish adaptations to Amazonian blackwaters. In: *Fish Adaptations*. Val, A. L. & Kapoor, B. G. (eds.). Science Publishers, Inc. Enfield, p. 1-36. 2003.
- SATAKE, K.; OYAGI, A.; IWAO, Y. Natural acidification of lakes and rivers in Japan: The ecosystem of Lake Usuriko (pH 3.4-3.8). *Water, Air and Soil Pollution*, v. 85, p. 511-516, 1995.
- SOARES, C. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; FURUYA, W. M.; GALDIOLI, E. M. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola na alimentação de alevinos de piaçu (*Leporinus macrocephalus*, L.). *Ver. Bras. Zoot.*, v. 29, n. 1, p. 15-22, 2000.
- STEFFENS, W. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Zaragoza: Ed Acribia, 1997. 272p.
- TAVARES, L. H. S. Limnologia aplicada à piscicultura. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 74p.
- Van DIJK, P. L. M., Van DEN THILLART, G. E. E. J. M., BALM, P.; WENDELAAR BONGA, S. The influence of gradual acid/base status and plasma hormone levels in carp (*Cyprinus caprio*). *J. Fish Biol.*, v. 42, p. 661-671, 1993.
- WILKIE, M. P.; WRIGHT, P. A.; IWAMA, G. K.; WOOD, C. M. The physiological responses of the Lanhotan cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki henshawi*) following transfer from well water the highly alkaline waters Pyramid Lake, Nevada (pH 9.4). *Physiol. Zool.*, v. 67, n. 2, p. 355-380, 1994.
- WILSON R. W.; WOOD C. M.; GONZALEZ R. J.; PATRICK M. L.; BERGMAN H. L.; NARAHARA A.; VAL A. L. Ion acid-base balance in three species of Amazonian fish during gradual acidification of extremely soft water. *Physiol. Biochem. Zool.*, v. 72, p. 277-285, 1999.
- WILSON, P. J.; WOOD, C. M.; WALSH, P. J.; BERGMAN, A. N.; BERGMAN, H.L.; LAURENT, P.; WHITE, B. N.. Discordance between genetic structure and morphological, ecological, and physiological adaptation in Lake Magadi tilapia. *Physiol. Biochem. Zool.*, v. 77, p. 537-555, 2004.
- WITHERS, P. C. Comparative animal physiology. [S.l.]: Saunders College Publishing, 1992. 949p.
- WRIGHT, P. A.; IWAMA, G. K.; WOOD, C. M. The physiological responses of the Lanhotan cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki henshawi*), a resident of highly alkaline Pyramide Lake (pH 9.4), to challenge at pH 10. *J. Exp. Biol.*, v.175, p.173-194, 1993.
- WOOD, C. M. The physiological problems of fish in acid waters. In: *Acid Toxicity and Aquatic Animals*. R. Morris; E. W. Taylor; D. J. A. Brown; J. A. Brown (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, p.125-152. 1989.
- WOOD, C. M. Toxic response of the gill. In: *Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts*. D. Schlenk & W.H. Benson (eds.), Taylor & Francis, London, p. 1-89. 2001.
- ZAIONS, M. I.; BALDISSEROTTO, B. Na⁺ and K⁺ Body levels and survival of fingerlings of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) exposed to acute changes of water pH. *Ciência Rural*, v. 30, n. 6, p. 1041-1045, 2000.
- ZALL, D. M.; FISHER, M. D.; GARNER, Q. M. Photometric determination of chlorides in water. *Analytical Chemistry*, v. 28, p. 1665-1678, 1956.
- ZANIBONI FILHO, E. Valorização das espécies nativas, esforços para o desenvolvimento de pacote tecnológico. In: *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 2002, Goiânia/GO. Anais... Goiânia: EBI. p. 112-116, 2002.*
- ZWEIG, R. D.; MORTON, J. D.; STEWART, M. M. Source water quality for aquaculture. *The World Bank. Washington, USA, 1999. 62p.*