

Transporte de juvenis de curimatá *Prochilodus lineatus* em diferentes densidades

André Fernando Nascimento Gonçalves¹, Leonardo Susumu Takahashi^{1*}, Elisabeth Criscuolo Urbinati^{2,3}, Jaqueline Dalbello Biller³ e João Batista Kochenborger Fernandes²

¹Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rod. Cmte João Ribeiro de Barros, SP 294, km 651, 17000-900, Campus de Dracena, Dracena, São Paulo, Brasil. ²Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, São Paulo, Brasil. ³Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: takahashileo@yahoo.com.br

RESUMO. Neste estudo foi avaliado o efeito do transporte de curimatá *Prochilodus lineatus*, em três densidades (100, 150 e 250 g L⁻¹), sobre a sobrevivência e variáveis metabólicas, iônicas e hematológicas (série vermelha). Juvenis de curimatá foram transportados em sacos plásticos durante 6h e amostrados antes da embalagem, imediatamente após a chegada, 24 e 96h após o transporte. Os peixes transportados na densidade mais alta apresentaram maior mortalidade durante o período de recuperação. As variáveis físico-químicas da água: condutividade e amônia total apresentaram maiores valores quanto maior a densidade ($p < 0,05$), enquanto no oxigênio dissolvido ocorreu o inverso. A glicemia observada na chegada estava elevada, reduzindo-se significativamente 96h depois. Dentre as variáveis iônicas, a concentração de cloreto apresentou-se menor nas densidades maiores e de acordo com os tempos de amostragem. As variáveis hematológicas da série vermelha como hematócrito, número de eritrócitos e taxa de hemoglobina, apresentaram-se elevados na chegada, com retorno aos valores iniciais 96h após o transporte. Para as variáveis supracitadas, não houve diferença significativa na interação densidade e amostragem. A densidade de 250 g L⁻¹ induziu maior mortalidade e os piores valores nas variáveis avaliadas. O período de 96h de recuperação após evento estressante foi suficiente para o retorno aos valores basais das variáveis hematológicas, mas não foi suficiente para as metabólicas e iônicas.

Palavras-chave: *Prochilodus*, estresse, hematologia, metabólitos, íons, água.

ABSTRACT. Transportation of curimbatá *Prochilodus lineatus* juveniles in different densities. This study evaluated the effects of curimbatá *Prochilodus lineatus* transportation in three densities (100, 150 and 250 g L⁻¹) on survival, metabolic, ionic and hematological (red series) variables. Curimbatá juveniles were transported in plastic bag during six hours, and sampled before packing, immediately after the arrival, 24 and 96 hours after transportation. During recovery, higher mortality was seen in fish transported in the highest density. Water variables, such as conductivity and total ammonia, presented increased values as density increased ($p < 0.05$), whereas the opposite occurred with dissolved oxygen. Glucose level observed in the arrival was high, significantly reducing after 96 hours. Among ionic variables, chloride decreased in higher fish densities and according to sampling times. Red series hematological variables, such as hematocrit, red blood cell and hemoglobin, increased in arrival, but diminished 96 hours after transportation. There were no significant differences in the interaction between density and time of sampling for mentioned variables. 250 g L⁻¹ density induced the highest mortality rate and the worst variables values measured. 96 hours of recovery after the stressing event was enough to return to initial values for hematological variables, but was not sufficient to return to initial values for metabolic and ionic variables.

Key words: *Prochilodus*, stress, hematology, metabolites, ions, water.

Introdução

O transporte é inevitável no processo produtivo e expõe os peixes a uma série de estímulos que desencadeiam respostas fisiológicas de adaptação. O sucesso deste manejo depende do ajuste entre a maior densidade de peixes e o menor volume de água possível, sem que ocorra mortalidade, estresse e

piora na qualidade da água (GROTTUM et al., 1997). O adensamento em qualquer fase de produção deve ser adequado, para que não ocorram alterações na taxa de crescimento ou mortalidade (SOUZA-FILHO; CERQUEIRA, 2003). A amônia não-ionizada em concentração elevada prejudica o metabolismo, altera o crescimento e pode levar à

mortalidade dos peixes (CAVERO et al., 2004). O adensamento correto é prática comum que permite aumentar a produtividade com aproveitamento mais eficiente das estruturas disponíveis (CAVERO et al., 2003; BRANDÃO et al., 2005).

O transporte de peixes no Brasil é comumente realizado no interior de sacos plásticos em sistema fechado. A limitação deste sistema é a ausência de suprimento de oxigênio dissolvido e consequente aumento da concentração de metabólitos tóxicos na água, como a amônia. Dessa forma, em sistemas fechados, a má qualidade da água é estressante, sendo, em muitos casos, um fator limitante do transporte (GOLOMBIESKI et al., 2003).

Os agentes estressores em aquicultura são inevitáveis, principalmente em condições de criação intensiva (URBINATI; CARNEIRO, 2004). O estresse promove alterações bioquímicas e fisiológicas para adaptação do peixe a novo patamar de equilíbrio para suportar a nova condição introduzida. Essas respostas são separadas em primárias, secundárias e terciárias. As primárias incluem liberação de catecolaminas e cortisol para a circulação. As secundárias representam os resultados da ação dos hormônios liberados, tais como, alterações na glicemia, na concentração plasmática de íons e nos parâmetros hematológicos, pois o cortisol possui ação hiperglicemiante, hiposmótico e imunossupressor. As terciárias ocorrem por períodos prolongados de estresse e são representadas por exaustão física e perda de função, imunossupressão com maior ocorrência de doenças (WENDELAAR BONGA, 1997).

A preocupação com os efeitos do estresse na criação de espécies nativas resultou em pesquisas com o matrinxã, *Brycon cephalus* (CARNEIRO; URBINATI, 2001; CARNEIRO; URBINATI, 2002; CARNEIRO et al., 2002; URBINATI et al., 2004), o jundiá, *Rhamdia quelen* (BARCELLOS et al., 2001; BARCELLOS et al., 2004), o tambaqui, *Colossoma macropomum* (GOMES et al., 2003a; GOMES et al., 2006), o pirarucu, *Arapaima gigas* (GOMES et al., 2003b), o pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* (FAGUNDES; URBINATI, 2008) entre outros. Entretanto, na literatura não foram encontrados estudos sobre práticas de transporte com curimatá, *Prochilodus lineatus*.

O curimatá, nativo da América do Sul, também é popularmente conhecido como curimatã, curimatá, curimatã-pacu e curimba, sendo peixe de piracema, que atinge tamanhos de 27 a 44 cm, com hábito alimentar detritívoro. Esta característica lhe confere importância pela sua atuação na ciclagem dos nutrientes oriundos de material em decomposição (WINEMILLER;

JEPSEN, 1998). Além do hábito alimentar, o curimatá apresenta outras vantagens, como a boa palatabilidade de sua carne e elevada taxa de crescimento (GALDIOLI et al., 2002).

Considerando-se todas as características promissoras desta espécie, há a necessidade de se estabelecer tecnologias para a sua criação e desenvolvimento. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo determinar a melhor densidade de transporte de curimatás em sistema fechado.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia de Peixes do Centro de Aquicultura da Unesp (Caunesp), campus de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, nos meses de fevereiro e março de 2008. Foram utilizados em torno de 800 espécimes de curimatá *Prochilodus lineatus* V. ($25,1 \pm 9,4$ g) provenientes do Caunesp. Os peixes foram mantidos em tanques de terra de 2.000 m², alimentados com ração comercial (crescimento peixes onívoros, 36% PB) até a saciedade aparente, em duas refeições diárias, durante 30 dias para aclimação.

Após jejum de 24h para esvaziamento do trato digestório, os peixes foram aleatoriamente capturados nos tanques de terra e embalados em sacos de plásticos (60 L com 10 L de água), nas densidades de 100, 150 e 250 g L⁻¹, com quatro repetições por densidade. Os sacos foram inflados com oxigênio puro, amarrados com tiras de borracha e acondicionados em caixas de papelão. No transporte, as caixas foram colocadas em uma caminhonete, que permaneceu em trânsito por 6h, simulando o manejo realizado na prática.

Doze peixes foram aleatoriamente coletados antes da embalagem e transporte, constituindo o grupo-controle. Imediatamente após o transporte, três peixes de cada embalagem foram amostrados e os demais transferidos e mantidos em 12 caixas de polietileno, com capacidade de 100 L, na mesma densidade (12,5 g L⁻¹), e que foram amostrados 24 e 96h após o transporte, três peixes por caixa em cada um dos períodos avaliados. Estas caixas foram dispostas em sistema de circulação aberta, com renovação contínua de água e aeração forçada por compressor de ar e pedras porosas. Durante este período, os peixes foram alimentados com ração comercial até a saciedade aparente, em duas refeições diárias. Os parâmetros físico-químicos da água foram determinados diariamente. Desta forma, na chegada, 24 e 96h após, 12 peixes provenientes de cada densidade de transporte foram anestesiados

(benzocaína, 70 mg L⁻¹ de água) e o sangue retirado por punção de vasos caudais.

A sobrevivência foi avaliada durante o experimento. Como indicadores de estresse, foram avaliados no sangue total o hematócrito (HTC), o volume corpuscular médio (VCM), o número de eritrócitos (ER) e a taxa de hemoglobina (HGB) (Contador de células, Celm CC-550). No plasma foi determinada a concentração de glicose (metodologia GOD-Trinder, "kit" Labtest) e no soro, a concentração de cloreto (metodologia colorimétrica, "kit" Labtest) e a osmolaridade (osmômetro Wescor Mod. 505). Durante o experimento foram determinadas as variáveis físico-químicas da água temperatura, concentração de oxigênio dissolvido (YSI 55, Yellow Springs, OH, USA), pH (YSI 63, Yellow Springs, OH, USA), condutividade elétrica (YSI Yellow Springs, OH, USA) e amônia total (técnica colorimétrica de Nessler).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos em esquema fatorial (3 x 3)+1, composto por três densidades de transporte (100, 150 e 250 g de peixe L⁻¹), três amostragens (chegada, 24 e 96h após a chegada) e um grupo-controle, com quatro repetições em cada tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (p < 0,05). As análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico SAS, versão 8.2 (SAS Institute, Cary, NC).

Resultados e discussão

A densidade de estocagem de peixes durante o transporte pode acarretar mortalidade imediata, ao final do manejo ou ainda em prejuízos pelas alterações fisiológicas provocadas pelo estresse (URBINATI et al., 2004). Neste estudo, observou-se que a alta densidade resultou em piores parâmetros físico-químicos da água na chegada. Por outro lado, no momento anterior (grupo-controle) e 24h após o transporte, estes parâmetros permaneceram dentro de faixas aceitáveis pela literatura para a produção de peixes tropicais (Tabela 1). Bons resultados de desempenho produtivo de curimatás foram observados com temperatura da água variando entre 23 e 29°C e concentração de oxigênio dissolvido próxima a 6,0 mg L⁻¹ (BOMFIM et al., 2005; GALDIOLI et al., 2002; ROJAS et al., 2001). Zaniboni-Filho et al. (2002) relatam que a faixa ideal de pH para juvenis de curimatá varia de 4,08 a 9,84.

A concentração de amônia é preocupante, pois como agente estressor promove a liberação de hormônios corticosteroides na circulação sanguínea e desencadeia as respostas metabólicas, iônicas e hematológicas características do estresse. Níveis acima de 0,5 mg L⁻¹ de amônia total são considerados prejudiciais aos peixes (GOLOMBIESKI et al., 2005). Neste ensaio, a concentração de amônia após 6h de transporte apresentou-se elevada em todos os tratamentos, sendo o maior valor encontrado nos sacos com maiores densidades (0,33 mg L⁻¹), diferindo significativamente das densidades menores (Tabela 1). Durante o transporte, ocorreu aumento da excreção de amônia, pelo aumento do metabolismo, que se acumulou na água de transporte, entretanto os valores não ultrapassaram o valor crítico. A mesma resposta foi encontrada por Urbinati et al. (2004) em juvenis de matrinxã, por Takahashi et al. (2006) em juvenis de pacu e por Gomes et al. (2003a), em juvenis de tambaqui.

A amônia resulta do catabolismo de proteínas, que aumenta proporcionalmente a quantidade de alimento fornecido e ao aumento da biomassa (HURVITZ et al., 1997). Assim, como foi realizado no presente experimento, para minimizar estas respostas deletérias à saúde dos peixes, utiliza-se a restrição alimentar pré-transporte, que visa diminuir o consumo de oxigênio e a excreção de amônia e gás carbônico (GROTTUM et al., 1997). Entretanto, segundo Ituassú et al. (2005), em curimatás produzidos em tanques de terra a restrição alimentar completa é difícil, pois esta espécie se alimenta de matéria orgânica do fundo dos corpos de água. Conseqüentemente, a excreção de amônia durante o manejo, mesmo após restrição parcial de alimentos, será maior que de outras espécies tropicais. Para amenizar esta condição, tanques de alvenaria ou tanques-rede podem ser utilizados na depuração destes peixes.

A temperatura e o pH da água não apresentaram diferenças significativas entre as densidades de transporte testadas. Nas amostragens realizadas após o transporte, quando os peixes foram acondicionados em caixas plásticas dispostas em sistema aberto com água proveniente de poço artesiano, as temperaturas médias e os valores de pH foram mais elevados, que os valores observados na chegada (Tabela 1).

A concentração de oxigênio dissolvido na chegada apresentou-se inferior na densidade 250 g de peixe L⁻¹ (2,5 ± 0,8 g L⁻¹), indicando que ocorreu consumo significativo de oxigênio. Nas densidades menores, a concentração de oxigênio dissolvido manteve-se dentro da faixa de conforto para a espécie (BOMFIM et al., 2005; FURUYA et al., 1999).

Tabela 1. Média dos parâmetros físico-químicos da água no transporte de curimatá e coeficiente de variação (CV)¹.

Parâmetros ²	Variáveis				
	Temperatura °C	OD mg L ⁻¹	pH	Condutividade µS cm ⁻¹	Amônia mg L ⁻¹
Média para Controle					
Controle	28,3	8,4	6,0	189,4	0,07
Médias para Densidade					
100 g L ⁻¹	27,5 A	7,2 A	7,9 A	200,2 C	0,18 C
150 g L ⁻¹	27,5 A	6,5 A	7,8 A	208,4 B	0,22 B
250 g L ⁻¹	27,7 A	4,6 B	7,8 A	230,1 A	0,33 A
Médias para Amostragem					
Chegada	24,5 a	6,8 a	6,9 a	255,7 a	0,46 a
24h	28,7 b	5,9 a	8,3 b	190,2 b	0,12 b
96h	29,5 c	5,7 a	8,2 b	192,9 b	0,15 b
CV (%)	0,8	25,9	2,13	2,85	13,5

¹Letras maiúsculas indicam diferenças entre densidades ($p < 0,05$) e letras minúsculas entre amostragens ($p < 0,05$). * e ** indicam diferenças ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) entre controle e demais tratamentos. ²OD, oxigênio dissolvido; pH, potencial hidrogeniônico.

Após a chegada, os parâmetros físico-químicos da água permaneceram constantes nas caixas de polietileno, sem diferença significativa entre as densidades testadas (Tabela 2). Estes resultados eram esperados, pois as caixas estavam dispostas em sistema aberto de circulação de água, com renovação constante.

A condutividade elétrica foi significativamente maior na primeira coleta após a chegada, dentre todas as densidades testadas, sendo mais elevada quanto maior a densidade, indicando que durante o transporte ocorreu perda de íons para a água de transporte como resposta aos fatores estressantes (SEIDELIN et al., 1999) (Tabela 2).

Alterações nas respostas fisiológicas após manejos estressantes podem causar diminuição no ganho de peso, aumento da susceptibilidade a doenças e desequilíbrios iônicos que podem levar à mortalidade imediata ou posterior (URBINATI; CARNEIRO, 2004). Neste estudo, ocorreu mortalidade apenas durante o período de recuperação, a partir de 24h após o transporte, com maior taxa observada na maior densidade, no total de 17 peixes, diminuindo conforme a densidade, sendo sete, na densidade intermediária e

quatro na menor densidade, representando 3,29; 3,67 e 5,62% para 100, 150 e 250 g de peixe L⁻¹, respectivamente. Os peixes mortos apresentavam lesões necróticas dérmicas, ausência de escama pelo atrito, principalmente na maior densidade, e enquanto vivos, apresentaram anorexia e natação errática como relatado por Urbinati e Carneiro (2004). Gomes et al. (2003a) também observaram natação errática com morte posterior após transporte em tambaquis.

A densidade não interferiu na glicemia, mas o transporte alterou significativamente os valores deste parâmetro. Na chegada, os peixes apresentaram valores superiores (2,49 Mmol L⁻¹) ao controle (1,13 Mmol L⁻¹), e após 96h este valor diminuiu (2,00 Mmol L⁻¹), porém não retornou aos valores iniciais (Tabela 3). O transporte como agente estressor pode ter promovido liberação de cortisol, hormônio com ação hiperglicemiante, que promoveu glicólise hepática e muscular, na tentativa de prover energia extra para o organismo (WENDELAAR BONGA, 1997).

As alterações iônicas após manejos estressantes estão relacionadas com a liberação de cortisol, que juntamente com hormônios hipofiseal e extrahipofiseal controlam a atividade osmorregulatória em peixes teleósteos (MANCERA et al., 2002). Após evento estressante, há aumento de permeabilidade de membranas pelas elevações das catecolaminas, que promove diminuição da osmolaridade e do cloreto sérico por perdas para o meio hipotônico (EDDY, 1981). No presente estudo, peixes amostrados na chegada após o transporte apresentaram a menor osmolaridade (508,0 mOsm L⁻¹), aumentando após 24 e 96h (669,2 e 858,8 mOsm L⁻¹, respectivamente). Entretanto, as concentrações de cloreto de peixes na maior densidade apresentaram maiores concentrações de cloreto (96,6 mEq L⁻¹), e após 24h os valores já se apresentaram diminuídos (89,0 mEq L⁻¹), não diferindo estatisticamente do controle (Tabela 3).

Tabela 2. Concentração de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e concentração de amônia total na água, em diferentes densidades e amostragens no transporte de curimatá¹.

Amostragem	Densidade		
	100 g L ⁻¹	150 g L ⁻¹	250 g L ⁻¹
Oxigênio dissolvido, mg L ⁻¹			
Controle		8,4 ± 0,1	
Chegada	10,0 ± 3,8 Aa	7,8 ± 3,4 Aa	2,5 ± 0,8 Ba**
24h	6,0 ± 0,4 Ab	5,9 ± 0,1 Aa	5,8 ± 0,1 Aa
96h	5,8 ± 0,2 Ab	5,7 ± 0,1 Aa	5,5 ± 0,1 Aa
Condutividade, µS cm ⁻¹			
Controle		189,4 ± 1,4	
Chegada	219,0 ± 16,2 Ca**	242,2 ± 5,3 Ba**	306,0 ± 7,5 Aa**
24h	189,3 ± 0,2 Ab	190,0 ± 0,2 Ab	191,4 ± 0,7 Ab
96h	192,4 ± 2,0 Ab	193,0 ± 1,3 Ab	193,2 ± 2,0 Ab
Amônia total, mg L ⁻¹			
Controle		0,07 ± 0,04	
Chegada	0,29 ± 0,05 Ca**	0,41 ± 0,03 Ba**	0,69 ± 0,02 Aa**
24h	0,10 ± 0,03 Ab	0,12 ± 0,02 Ab	0,14 ± 0,03 Ab*
96h	0,13 ± 0,02 Ab*	0,14 ± 0,04 Ac	0,16 ± 0,03 Ab*

¹Valores são médias ± DP (n = 12). Letras maiúsculas indicam diferenças entre densidades ($p < 0,05$) e letras minúsculas entre amostragens ($p < 0,05$). * e ** indicam diferenças ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) entre controle e demais tratamentos.

Tabela 3. Médias dos valores de variáveis fisiológicas sanguíneas: glicose, osmolaridade (Osmol.) e cloreto (Cl) de curimatá e coeficiente de variação (CV)¹.

Parâmetros	Variáveis		
	Glicose Mmol L ⁻¹	Osmol. mOsm L ⁻¹	Cl mEq L ⁻¹
Média para Controle			
Controle	1,13	638,6	93,5
Médias para Densidade			
100 g L ⁻¹	1,88 A**	681,4 A	91,5 A
150 g L ⁻¹	1,92 A**	691,3 A	90,5 A
250 g L ⁻¹	2,26 A**	663,4 A	93,8 B
Médias para Amostragem			
Chegada	2,49 a**	508,0 c	96,6 a
24h	1,50 c	669,2 b	89,0 b
96h	2,00 b**	858,8 a**	90,3 b
CV (%)	30,0	15,9	6,3

¹Letras maiúsculas indicam diferenças entre densidades ($p < 0,05$) e letras minúsculas entre amostragens ($p < 0,05$). * e ** indicam diferenças ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) entre controle e demais tratamentos.

Os valores de Hct, Er e Hgb apresentaram-se mais elevados na chegada (55,8%; $3,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^{-3}$ e $15,8 \text{ g dL}^{-1}$, respectivamente) indicando que o manejo promoveu aumento da demanda energética e o curimatá respondeu adequadamente na tentativa de superar os desafios do estímulo estressante (Tabela 4). O aumento no Hct, Er e Hgb dos peixes em situações de estresse pode indicar o efeito direto da alta demanda metabólica e consequente aumento na eficiência de transporte de oxigênio (ACERETE et al., 2004). Por outro lado, o aumento no Hct e VCM pode ser resultado da mobilização de catecolaminas e distúrbios osmorregulatórios, levando ao inchamento celular e hemoconcentração (McDONALD; MILLIGAN, 1997; URBINATI et al., 2004).

Tabela 4. Médias das variáveis hematológicas: hematócrito (Hct), volume corpuscular médio (VCM), número de eritrócitos (Er) e taxa de hemoglobina (Hgb) de curimatás e coeficiente de variação (CV)¹.

Parâmetros	Variáveis			
	Hct %	VCM μ^3	Er 10^6 mm^{-3}	Hgb g dL^{-1}
Média para Controle				
Controle	25,1	127,6	2,0	8,8
Médias para Densidade				
100 g L ⁻¹	46,2 A*	156,0 A*	3,0 A*	13,0 A*
150 g L ⁻¹	46,3 A*	158,0 A*	3,0 A*	13,5 A*
250 g L ⁻¹	46,8 A*	154,7 A*	3,1 A*	13,4 A*
Médias para Amostragem				
Chegada	55,8 A*	149,8 A*	3,7 A*	15,8 A*
24h	49,3 A*	151,0 A*	3,3 B*	14,5 B*
96h	34,2 B	167,3 B*	2,0 C	9,5 C
CV (%)	22,49	9,37	19,19	21,0

¹Letras maiúsculas indicam diferenças entre densidades ($p < 0,05$) e letras minúsculas entre amostragens ($p < 0,05$). * e ** indicam diferenças ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) entre controle e demais tratamentos.

Após 96h de recuperação, os valores de Hct, Er e Hgb retornaram aos níveis basais, indicando que esse período foi suficiente para que os curimatás atingissem o equilíbrio orgânico. Exceto para o VCM, que se apresentou elevado em todas as densidades e atingiu o maior valor após 96h do estresse, este resultado indica que o transporte

interferiu na homeostase orgânica promovendo alterações eletrolíticas que causaram influxo de água na célula, aumentando o volume corpuscular (McDONALD; MILLIGAN, 1997) (Tabela 4).

Conclusão

Dentre as densidades testadas a de 250 g L^{-1} induziu os piores valores nas variáveis avaliadas, além de causar a maior mortalidade em curimatás submetidos a 6h de transporte. A densidade mais indicada com base nos resultados das variáveis avaliadas foi a de 200 g L^{-1} . Além disso, às 96h de descanso após o evento estressante foi suficiente para que os valores hematológicos retornassem aos valores basais. Todavia, não foram suficientes para a normalização das variáveis metabólicas e iônicas.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica do primeiro autor e ao Centro de Aquicultura da Unesp (Caunesp), pelo apoio logístico e instalações.

Referências

- ACERETE, L.; BALASCH, J. C.; ESPINOSA, E.; JOSA, A.; TORT, L. Physiological responses in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L.) subjected to stress by transport and handling. **Aquaculture**, v. 237, n. 1-4, p. 167-178, 2004.
- BARCELLOS, L. J. G.; WOHL, V. M.; WASSERMANN, G. F.; QUEVEDO, R. M.; ITTÉS, I.; KRIEGER, M. H. Plasma levels of cortisol and glucose in response to capture and tank transference in *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard), a South American catfish. **Aquaculture Research**, v. 32, n. 2, p. 121-123, 2001.
- BARCELLOS, L. J. G.; KREUTZ, L. C.; SOUZA, C.; RODRIGUES, L. B.; FIOREZE, I.; QUEVEDO, R. M.; CERICATO, L.; SOSO, A. B.; FAGUNDES, M.; CONRAD, J.; LACERDA, L. A.; TERRA, S. Hematological changes in jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard *Pimelodidae*) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. **Aquaculture**, v. 237, n. 1-4, p. 229-236, 2004.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; SERAFINI, M. A.; RIBEIRO, F. B.; PENA, K. S. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1795-1806, 2005.
- BRANDÃO, F. R.; GOMES, L. C.; CHAGAS, E. C.; ARAÚJO, L. D.; SILVA, A. L. F. Densidade de estocagem de matrinxã (*Brycon amazonicus*) na recria em tanque-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 299-303, 2005.
- CARNEIRO, P. C. F.; URBINATI, E. C. Salt as a stress response mitigator of matrinxã *Brycon cephalus* (Günther), during transport. **Aquaculture Research**, v. 32, n. 4, p. 297-304, 2001.

- CARNEIRO, P. C. F.; MARTINS, M. L.; URBINATI, E. C. Effect of sodium chloride on physiological responses and the gill parasite, *Piscinoodinium* sp., in matrinxã, *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae) subjected to transport stress. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v. 17, n. 4, p. 337-348, 2002.
- CARNEIRO, P. C. F.; URBINATI, E. C. Transport stress in matrinxã, *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae), at different densities. **Aquaculture International**, v. 10, n. 3, p. 221-229, 2002.
- CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M. F.; BORDINHON, A. M.; FONSECA, F. A. L.; ITUASSÚ, D. R.; ROUBACH, R.; ONO, E. A. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 513-516, 2004.
- CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M. F.; ROUBACH, R.; ITUASSÚ, D. R.; GANDRA, A. L.; CRESCÊNCIO, R. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 723-728, 2003.
- EDDY, F. B. Effects of stress on osmotic and ionic regulation in fish. In: PICKERING, A. D. (Ed.). **Stress and fish**. London: Academic Press, 1981. p. 77-102.
- FAGUNDES, M.; URBINATI, E. C. Stress in pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) during farming procedures. **Aquaculture**, v. 276, n. 1-4, p. 112-119, 2008.
- FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C.; FURUYA, W. M.; SOARES, C. M.; GALDIOLI, E. M. Influência de plâncton, dieta artificial e sua combinação, sobre o crescimento e sobrevivência de larvas de curimatã (*Prochilodus lineatus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 21, n. 3, p. 699-703, 1999.
- GALDIOLI, E. M.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, V. R. B.; FARIA, A. C. E. A. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em rações para alevinos de curimatã (*Prochilodus lineatus* V.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 552-559, 2002.
- GOLOMBIESKI, J. I.; SILVA, L. V. F.; BALDISSEROTTO, B.; SILVA, J. H. S. Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures. **Aquaculture**, v. 216, n. 1-4, p. 95-102, 2003.
- GOLOMBIESKI, J. I.; MARCHEZAN, E.; MONTI, M. B.; STORCK, L.; CAMARGO, E. R.; SANTOS, F. M. Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1263-1268, 2005.
- GOMES, L. C.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M.; ROUBACH, R.; URBINATI, E. C. Avaliação dos efeitos da adição de sal e da densidade no transporte de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 283-290, 2003a.
- GOMES, L. C.; ROUBACH, R.; CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M.; URBINATI, E. C. Transport of pirarucu *Arapaima gigas* juveniles in plastic bag. **Acta Amazônica**, v. 33, p. 637-642, 2003b.
- GOMES, L. C.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M.; CHIPPARI-GOMES, A. R. Transportation of juvenile Tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a closed system. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2a, p. 493-502, 2006.
- GROTTUM, J. A.; STAURNES, M.; SIGHOLT, T. Effect of oxygenation, aeration and pH control on water quality and survival of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), kept at high densities during transport. **Aquaculture Research**, v. 28, n. 2, p. 159-164, 1997.
- HURVITZ, A.; BERCOVIER, H.; RIJN, J. V. Effect of ammonia on the survival and the immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) vaccinated against *Streptococcus iniae*. **Fish Shellfish Immunology**, v. 7, n. 1, p. 45-53, 1997.
- ITUASSÚ, D. R.; CAVERO, B. A. S.; FONSECA, F. A. L.; BORDINHON, A. M. Cultivo de curimatã (*Prochilodus* spp). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed.) **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2005. p. 67-79.
- MANCERA, J. M.; CARRIÓN, R. L.; RIO, M. P. M. Osmoregulatory action of PRL, GH, and cortisol in the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). **General and Comparative Endocrinology**, v. 129, n. 2, p. 95-103, 2002.
- McDONALD, G.; MILLIGAN, L. Ionic, osmotic and acid-base regulation in stress. In: IWANA, G. K.; PICKERING, A. D.; SUMPTER, J. P.; SCHRECK, C. B. (Ed.). **Fish stress and health in aquaculture**. New York: Cambridge University Press, 1997. p. 119-144.
- ROJAS, N. E. T.; ROCHA, O.; AMARAL, J. A. B. O efeito da alcalinidade da água sobre a sobrevivência e o crescimento das larvas do curimatã, *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae), mantidas em laboratório. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n. 2, p. 155-162, 2001.
- SEIDELIN, M.; MADSEN, S. S.; BYRIALSEN, A.; KRISTIANSEN, K. Effects of insulin-like growth factor-I and cortisol on Na⁺, K⁺-ATPase expression in osmoregulatory tissues of brown trout (*Salmo trutta*). **General and Comparative Endocrinology**, v. 113, n. 3, p. 331-342, 1999.
- SOUZA-FILHO, J. J.; CERQUEIRA, V. R. Influência da densidade de estocagem no cultivo de juvenis de robalo-flecha mantidos em laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 11, p. 1317-1322, 2003.
- TAKAHASHI, L. S.; ABREU, J. S.; BILLER, J. D.; URBINATI, E. C. Efeito do ambiente pós-transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus mesopotamicus*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 4, p. 469-475, 2006.
- URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSI, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt; Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2004. p. 171-194.
- URBINATI, E. C.; ABREU, J. S.; CAMARGO, A. C. S.; LANDINES, M. A. P. Loading and transport stress of

juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*, Characidae) at various densities. **Aquaculture**, v. 229, n. 1-4, p. 389-400, 2004.

ZANIBONI-FILHO, E.; MEURER, S.; GOLOMBIESKI, J. I.; SILVA, L. V. F.; BALDISSEROTO, B. Survival of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) fingerlings exposed to acute pH changes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 24, p. 917-920, 2002.

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

WINEMILLER, K. O.; JEPSEN, D. B. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food

webs. **Journal of Fish Biology**, v. 53, suppl. A, p. 267-296, 1998.

Received on October 5, 2009.

Accepted on April 15, 2010.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.