

## PERFIL LIPÍDICO DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*) SUBMETIDO A DIFERENTES VELOCIDADES DE NATAÇÃO CONTÍNUA

Araceli Hackbarth\*, Cláucia A. Honorato, Luís A. K. A. Inoue e Gilberto Moraes

\*Programa de pós-graduação em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal de São Carlos - São Carlos, SP.  
E-mail: arinhahack@yahoo.com.br

### Resumo

O exercício de longa duração tem se mostrado um forte coadjuvante no crescimento de diversos peixes. Entretanto, o crescimento depende tanto do tipo de atividade realizada quanto da espécie exercitada e acredita-se que o papel oxidativo dos lipídios aumente durante a atividade aeróbica. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o peso inicial e final, o ganho em peso, bem como o perfil lipídico de pacus submetidos a velocidades baixa, moderada e alta de exercício de longa duração. Foram utilizados 80 alevinos de pacu que realizaram exercício por 60 dias nas seguintes velocidades: controle (0cc/seg), 1cc/seg, 2cc/seg e 3 cc/seg, sendo os grupos designados pela velocidade do exercício. Após o período experimental, seguiram-se a biometria e as análises de ácidos graxos livres (AGL) e triglicérides (TGL) em plasma, músculo branco, músculo vermelho e fígado. Os melhores valores de peso final e ganho em peso foram obtidos pelos grupos 1cc e 2cc. O grupo 3cc não apresentou peso final superior ao controle, nem ganho em peso. Os grupos exercitados nas três velocidades também mostraram diferenças na concentração de AGL e TGL nos diferentes tecidos avaliados, indicando um maior catabolismo lipídico para atender a demanda energética imposta pelo exercício, mas também favorecendo o direcionamento das proteínas para o crescimento nos grupos 1cc e 2cc. O exercício prolongado estimula a utilização de fontes energéticas não-protéicas, como a oxidação lipídica, o que poderia favorecer o crescimento e, provavelmente a velocidade ideal de natação para esta espécie é de 2cc/seg, onde há maior ganho em peso e peso final.

### Introdução

Dentre as diversas técnicas de cultivo de peixes, o exercício de longa duração tem se mostrado um forte coadjuvante no crescimento de diversos peixes: truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), salmão (*Salmo salar*), truta-marrom (*Salmo trutta*), striped bass (*Morone saxatilis*), “red sea bream” (*Pagrus major*), “masu salmon” (*Oncorhynchus masou masou*), japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*), “yellowtail” (*Seriola quinqueradiata*) (Davison, 1997; Jobling, 1994; Bugeon et al, 2003; Young & Cech Jr, 1994; Forster & Ogata, 1996; Azuma et al, 2002; Ogata & Oku, 2000; Yogata & Oku, 2000). Entretanto, o crescimento depende tanto do tipo de atividade realizada quanto da espécie exercitada e mesmo peixes que possuem pouca habilidade natatória podem ser beneficiados pelo exercício, desde que a velocidade seja adequada para sua espécie (Ogata & Oku, 2000). Quando os peixes são exercitados a velocidades ótimas - 30 a 60% da velocidade máxima que eles podem atingir, ou seja, por volta de 1 a 2 comprimentos corporais/segundo (cc/seg) - ocorre uma série de respostas positivas, como aumento da tolerância ao exercício, otimização da taxa de conversão alimentar e maior crescimento e há peixes que mesmo após a interrupção do exercício obtêm ganho de peso (Young & Cech Jr., 1994; Jobling, 1994; Davison, 1997; Yogata & Oku, 2000; Ogata & Oku, 2000; Azuma et al, 2002; Bugeon et al, 2003).

Os lipídios são considerados a principal fonte de energia não protéica para peixes, particularmente os ácidos graxos livres derivados de gorduras e óleos (Tacon, 1989; Van Den Thillart & Van Raaji, 1995; Weber & Haman, 1996), contribuindo para o metabolismo

energético de muitos tecidos. O exercício aeróbico estimula um maior consumo de lipídios, tanto pela mobilização de TGL e AGL plasmáticos como pelo aumento da oxidação muscular mitocondrial (Weber e Haman, 1996), sendo a própria musculatura a principal consumidora desta fonte energética. Entretanto, algumas espécies são mais capazes em mobilizar os lipídios durante a atividade moderada do que outras (Young e Cech Jr, 1994; Van Den Thillart & Van Raaji, 1995; Weber & Haman, 1996; Forster & Ogata, 1996; Davison, 1997; Yogata & Oku, 2000; Ogata & Oku, 2000).

Infelizmente, os protocolos de exercício aeróbico de longa duração não estão disponíveis para peixes neotropicais, salvo pelos poucos trabalhos já existentes com matrinxã (Hackbarth & Moraes, 2006). Pôde-se observar que os matrinxãs exercitados a 1 cc/seg por 72 dias (Hackbarth & Moraes, 2006) apresentaram maior capacidade em oxidar lipídios e carboidratos, com catabolismo superior a 40% e 15% respectivamente, ao mesmo tempo em que aumentaram o conteúdo de proteínas e de aminoácidos muscular em 30% e 16%, respectivamente.

Durante o exercício moderado, a contribuição protéica permanece a mesma ou pode até diminuir, já que não seria lógico utilizar a própria maquinaria metabólica para suprir a demanda energética (Van Den Thillart & Van Raaji, 1995). É por isso que o exercício contribui com o crescimento de peixes, já que reorganiza o metabolismo a fim de aumentar o papel oxidativo dos carboidratos e lipídios, permitindo maior síntese protéica (Davison, 1997; Wood, 2001). Isto não só contribui para melhores taxas de crescimento e conversão alimentar, mas também favorece o efeito poupador de proteína (Forster & Ogata, 1996; Weber & Haman, 1996; Davison, 1997; Ogata & Oku, 2000; Richards et al, 2002).

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) por ser um peixe nadador por excelência e apresentar grandes teores de gordura na carcaça, poderia ser positivamente beneficiado pelo exercício, devido a um possível decréscimo das suas taxas de lipídeos e maior retenção protéica. Como o pacu é um peixe que aproveita muito bem a energia vinda dos carboidratos e dos lipídios (Abimorad, 2004), poderia responder positivamente ao exercício ao empregar melhor os carboidratos e lipídeos ofertados na dieta, bem como utilizaria menores níveis de proteínas em comparação aos peixes que não realizam essa atividade. Pela inexistência de estudos com esta espécie concernentes a atividade moderada de longa duração e pelos efeitos positivos alcançados com outras espécies através desta prática, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o ganho em peso e o perfil lipídico de pacus submetidos a velocidades baixa, moderada e alta de exercício de longa duração.

## **Material e Métodos**

Foram utilizados 80 alevinos de pacu ( $23,6 \pm 6,7g$  e  $11 \pm 0,9cm$ ), os quais foram marcados com “transponders” de identificação (Animal TAG) e separados em quatro tanques circulares com capacidade de 200L, dotados de abastecimento contínuo e aeração constante. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia até a saciedade, com dieta comercial extrusada contendo 40% de proteína bruta e 4000 kcal/kg de ração de energia bruta, durante um período experimental de 60 dias. A temperatura, oxigênio dissolvido, pH e amônia foram monitorados em dias intercalados. A velocidade de correnteza de cada aquário foi atingida regulando-se a entrada de água e, medida em comprimentos corporais/segundo (cc/seg) através de fluxômetro mecânico (General Oceanics Inc) e reajustada a cada biometria. A atividade só era interrompida para troca de água e manutenção das caixas, o que acontecia a cada três dias, não excedendo mais do que 15 minutos.

Cada um dos quatro tanques continha 20 peixes e o protocolo de exercício foi estabelecido da seguinte forma:

- grupo controle (0cc): grupo que permaneceu no tanque sem realizar exercício por 60 dias;
- grupos 1cc, 2cc e 3cc: realizaram a atividade natatória ininterruptamente, por 60 dias, a velocidade de 1cc/seg, 2cc/seg e 3cc/seg, respectivamente.

Após o período experimental, seis peixes de cada caixa foram amostrados, seguido de biometria, coleta de sangue para obtenção de plasma, excisão de fígado, músculo branco (MB) e músculo vermelho (MV). Estes tecidos foram usados para determinações de ácidos graxos livres (AGL) e triglicérides (TGL). As análises de variância e os testes de Tukey para comparação das médias foram realizados no Graph Pad InStat (Version 3.0, Win 95/NT, 1997).

### Resultados e Discussão

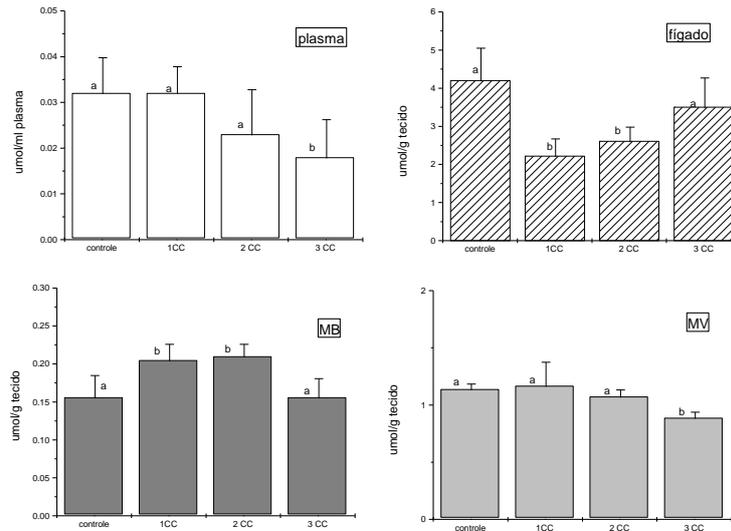
Os dados de peso mostram que os peixes exercitados as velocidades 1cc e 2cc obtiveram os melhores valores de peso final, sendo que o grupo 2cc exibiu o maior ganho em peso (tabela 1). Estes dados nos mostram que os pacus exercitados a velocidade baixa e moderada atingiram os valores mais altos em peso, com ganhos superiores a 28% e 50%, respectivamente, em relação ao controle. Dados parecidos foram encontrados para matrinxãs exercitados a 1 cc/seg (Hackbarth & Moraes, 2006) que atingiram peso final superior a 38% em comparação ao grupo não-exercitado, bem como para outras espécies (Davison, 1997; Jobling, 1994; Bugeon et al., 2003; Young & Cech Jr., 1994; Forster & Ogata, 1996; Azuma et al., 2002; Ogata & Oku, 2000; Yogata & Oku, 2000). O grupo exercitado a alta velocidade (3cc/seg) não apresentou peso final superior ao controle, nem ganho em peso. Isso sugere que a velocidade ótima de natação para pacus seja 2 cc/seg, já que o aumento de peso é consideravelmente maior do que qualquer outro grupo exercitado.

**Tabela 1.** Médias de peso inicial, peso final e ganho em peso (GP) de pacus após 60 dias de exercício a três velocidades diferentes.

Tratamentos	Peso inicial	Peso final	GP
Controle	21,5 ± 1,9	48,2 ± 7,1a	26,7 ± 7,3a
1 cc	23,2 ± 1,6	57,5 ± 5,4b	34,3 ± 6,2 <sup>a</sup>
2 cc	21,2 ± 4,2	61,5 ± 6b	40,4 ± 6,0b
3 cc	21,4 ± 1,6	48,9 ± 1,2a	27,4 ± 0,7a

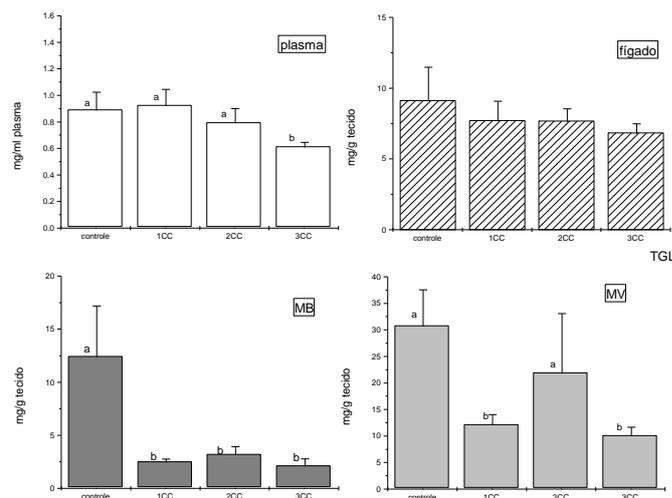
Diferenças significativas ( $P < 0.05$ ) são expressas por letras diferentes, na linha.

Os grupos exercitados nas três velocidades também mostraram diferenças na concentração de AGL e TGL nos diferentes tecidos avaliados. Nota-se um decréscimo na concentração de AGL de MV e de plasma do grupo 3cc, um decréscimo da sua concentração no fígado dos peixes dos grupos 2cc e 3cc e aumento da concentração no MB dos peixes dos grupos 2cc e 3cc (Figura 1).



**Figura 1.** Dados referentes aos valores de AGL nos diferentes tecidos avaliados após 60 dias de exercício a três velocidades diferentes. Diferenças significativas ( $P < 0.05$ ) são expressas por letras diferentes.

Tais dados são convergentes com aqueles encontrados para várias espécies, visto que apresentam maior catabolismo lipídico quando submetidos ao exercício aeróbico (Forster & Ogata, 1996; Weber & Haman, 1996; Davison, 1997; Ogata & Oku, 2000; Richards et al, 2002). Entretanto, pode-se observar que o grupo 3cc não apresentou ganho em peso, o que indica que a utilização de gorduras não foi suficiente para atender a demanda energética imposta pela atividade, fato já mencionado para outras espécies exercitadas além da velocidade ótima de natação (Jobling, 1994; Davison, 1997; Yogata & Oku, 2000; Ogata & Oku, 2000). É provável que os pacus exercitados a velocidade alta, assim como outras espécies, façam uso de outras fontes energéticas, como proteínas e carboidratos (Jobling, 1994; van den Thillart e van Raaji, 1995; Weber e Haman, 1996).



**Figura 2.** Dados referentes aos valores de TGL nos diferentes tecidos avaliados após 60 dias de exercício a três velocidades diferentes. Diferenças significativas ( $P < 0.05$ ) são expressas por letras diferentes.

Os dados de AGL nos mostram que existe uma grande possibilidade de que a maior fonte de TGL mobilizada para atender a demanda imposta pelo exercício venha do MB, já que ao mesmo tempo em que os TGL diminuem neste tecido, os AGL aumentam. Isso mostra que os lipídios foram disponibilizados para atender à demanda extra imposta pelo exercício. Estes mesmos resultados foram vistos para matrinxãs exercitadas a 1cc/seg por 72 dias (Hackbarth & Moraes, 2006), e também são encontrados para outras espécies treinadas (Forster & Ogata, 1996; Davison, 1997; Ogata & Oku, 2000). Os valores diminutos de TGL no MV, bem como uma queda dos AGL neste tecido para o grupo 3cc, podem indicar que a atividade imposta é extenuante e as reservas lipídicas estão sendo utilizadas ao máximo como forma de manter o gasto energético balanceado.

O fígado é um órgão central no metabolismo. No presente estudo ficou clara sua participação na oxidação dos lipídios em peixes exercitados, principalmente as velocidades 1cc e 2cc, já que a queda de AGL pode indicar processo de lipólise. Estes dados poderiam nos fazer supor que pacus exercitados por um tempo prolongado dentro de uma velocidade ótima para a espécie aumentariam sua capacidade de utilizar fontes energéticas não-protéicas, como os ácidos graxos, o que direcionaria as proteínas para o crescimento.

### Conclusões

Os AGL e TGL são bastante utilizados por pacus submetidos ao exercício, independentemente da velocidade atingida. Isto sugere que o exercício prolongado estimula a utilização de fontes energéticas não-protéicas, como a oxidação lipídica, o que favoreceria o crescimento. À velocidade alta, o emprego dos lipídios como energia não é suficiente para promover o crescimento dos peixes. O exercício prolongado estimula a oxidação lipídica em pacu e, provavelmente, a velocidade ideal de natação para esta espécie é de 2cc/seg, onde há maior ganho em peso e peso final.

### Referências

- AZUMA, T., NODA, S., YADA, T., OTOTAKE, M., NAGOYA, H., MORIYAMA, S., YAMADA, H., NAKANISHI, T. & IWATA, M. Profiles in growth, smoltification, immune function and swimming performance of 1-year-old masu salmon *Onchorhynchus masou masou* reared in water flow. **Fisheries Science**. v. 68C, p. 1282-1294, 2002.
- BUGEON, J.; LEFEVRE, F.; FAUCONNEAU, B. Fillet texture and muscle structure in brown trout (*Salmo trutta*) subjected to long-term exercise. **Aquaculture Research**. v. 34, p. 1287-1295, 2003.
- DAVISON, W. The effects of exercise training on Teleost Fish, a review of recent literature. **Comp. Biochemistry Physiology**. v. 117, p. 67-75, 1997.
- FORSTER I. P. & OGATA, H. Growth and whole-body lipid content of juvenile red sea bream reared under different conditions of exercise training and dietary lipid. **Fisheries Science**. v. 62, p. 404-409, 1996.
- HACKBARTH, A. & MORAES, G. Biochemical responses of matrinxãs *Brycon cephalus* (Günther, 1869) after sustained swimming. **Aquaculture Research**. v. 37, p. 1070-1078, 2006.

JOBLING, M. **Fish Bioenergetics**. Chapman & Hall: London, 309 p, 1994.

OGATA, H.Y. & OKU, H. Effects of water velocity on growth performance of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. **J. World Aqua. Soc.** v. 31, p. 225-231, 2000.

RICHARDS, J.G.; MERCADO, A.J.; CALYTON, C.A.; HEIGENHAUSER, G.J.F. & WOOD, C.M. Substrate utilization during graded aerobic exercise in rainbow trout. **Experimental Biology**. v. 205, p. 2067-2077, 2002.

TACON, A. G. J. **Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados. Manual de capacitación**. Brasilia: FAO, 572 p, 1989.

VAN DEN THILLART, G. & VAN RAAJ, M. Endogenous fuels; non invasive versus invasive approaches. In: Hochachka, P.W. & Mommsen, P. (eds). **Biochemistry and Molecular Biology of Fishes, Vol. 4, Metabolic Biochemistry**. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 33-63, 1995.

WEBER, J.M. & HAMAN, F. Pathways for metabolic fuels and oxygen in high performance fish. **Comp. Biochemistry and Physiology**. v. 13, p. 33-38, 1996.

YOGATA. H. & OKU, H. The effects of swimming exercise on growth and whole-body protein and fat contents of fed and unfed fingerling yellowtail. **Fisheries science**. v. 66, p. 1100-1105, 2000.

YOUNG, P.S. & CECH Jr, J J. Effects of different exercise conditioning velocities on the energy reserves and swimming stress responses in young-of-the-year striped bass (*Morone saxatilis*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** v. 51, p. 1528-1534, 1994.