



Análise da ocorrência de lesões corporais em três espécies de peixe elétrico (Pisces: Gymnotiformes) do sul do Brasil

DIEGO DE P. COGNATO, JÚLIA GIORA & CLARICE B. FIALHO

Laboratório de Ictiologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, bloco IV, Prédio 43435, sala 111, CEP: 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil – diegocognato@gmail.com.

Abstract. Analysis of lesions in three species of electric fish (Pisces: Gymnotiformes) from Southern Brazil. The frequency of body lesions in three gymnotiform species was verified and accounted for a 12 months period. *Gymnotus* aff. *carapo*, *Brachyhypopomus* sp. and *Eigenmannia trilineata* presented a frequency of lesions of 6.7%, 27.3% and 21.1% respectively. Chi-squared test ($\alpha = 0.05$, g.l.=1) detected no significant difference between sex and number of lesions for the three analyzed species during the sampling periods. Independence test with contingency table didn't point out any relation between season and number of lesions in three species.

Key words: *Eigenmannia*, *Gymnotus*, *Brachyhypopomus*, regeneration, neotropical.

Resumo. A frequência de lesões corporais em três espécies de gimnotiformes foram verificadas e contabilizadas para um período de 12 meses. *Gymnotus* aff. *carapo*, *Brachyhypopomus* sp. e *Eigenmannia trilineata* apresentaram uma frequência de lesões de 6.7%, 27.3% e 21.1% respectivamente. O teste do qui-quadrado ($\alpha = 0.05$, g.l.=1) demonstrou que não existe diferença significativa entre sexo e número de lesões nas três espécies analisadas, durante os períodos de amostragem. O teste de independência com tabela de contingência não demonstrou a existência de uma relação entre a época do ano e a quantidade de lesões das três espécies.

Palavras-chave: *Eigenmannia*, *Gymnotus*, *Brachyhypopomus*, regeneração, neotropical.

Introdução

Os peixes da ordem Gymnotiformes, comumente conhecidos como “peixes elétricos” ou “sarapós” têm como característica marcante a capacidade de produção de uma corrente elétrica que é gerada por um ou mais órgãos elétricos (Bennett 1971). Tal habilidade permite aos gimnotiformes explorar seu habitat e se comunicar com seus coespecíficos por meio dos potenciais elétricos, além de perceber objetos e outros seres no ambiente.

Segundo Mago-Leccia (1994), os gimnotiformes possuem uma grande capacidade de regeneração quando são lesados por predadores. De acordo com o trabalho de Ellis (1913) e Kirschbaum & Meunier (1981), estes peixes conseguem regenerar grandes porções de seu corpo como nadadeiras, tecidos musculares, órgãos elétricos, escamas e cromatóforos. Existem muitos estudos a respeito da regeneração de partes do corpo de teleostes, como rins (Reimschuessel *et al.* 1990), raios de nadadeiras (Nabrit 1929) e regeneração de órgãos elétricos em gimnotiformes (Zakon & Unguez 1999), além de musculatura esquelética

(Rowlerson *et al.* 1997) e retina (Raymond *et al.* 1988). Todos estes trabalhos foram realizados a partir de experimentos para observar o processo regenerativo.

No fenômeno da regeneração, o grau de inervação é um importante fator para que sejam reconstruídas as partes perdidas (Zakon & Unguez 1999). Sabe-se, por exemplo, que o sistema nervoso possui um papel essencial na regeneração dos barbilhões de peixes Siluriformes e nos membros dos urodelos, e, em ambos os casos, a remoção do sistema nervoso interrompe o processo regenerativo (Goss 1969, Singer 1974).

A maioria dos estudos sobre este tema é voltada para a descrição celular, histológica e morfológica do processo de regeneração. Tais trabalhos, com exceção do de Ellis (1913), nunca abordam a frequência com que as lesões e as regenerações ocorrem no ambiente natural, e as possíveis explicações para a ocorrência delas.

Este trabalho tem como objetivos realizar uma análise dos tipos de lesões por frequência de ocorrência, verificar se existe diferença significativa

entre número de lesões e o sexo em cada espécie e estimar se existe correlação entre a estação do ano com o número de lesões para as espécies de peixe-elétrico *Gymnotus* aff. *carapo* Linnaeus, 1758, *Brachyhypopomus* sp. e *Eigenmannia trilineata* López & Castello, 1966.

Material e Métodos

Área de estudo

O material foi coletado no Parque Estadual de Itapuã, situado a 57 quilômetros do centro de Porto Alegre, no município de Viamão (30°05'00" S, 50°47'00" W). Possui mais de 5.550 hectares, que guardam uma grande biodiversidade de plantas e animais e representam a última amostra de ambientes naturais da região metropolitana de Porto Alegre.

Os exemplares de *G. aff. carapo* e *Brachyhypopomus* sp. foram coletados na lagoa Verde (30°22'52.4"S, 51°01'25"W), no Parque Estadual de Itapuã. Esta lagoa possui uma área aproximada de 4 hectares, profundidade não ultrapassando 1 metro, com fundo lodoso, água escura e parada e grande quantidade de matéria vegetal em decomposição. Está cercada por vegetação de mata psamófila com forte influência da Mata Atlântica e densa população de juncos *Scirpus* sp. em seu interior, que normalmente não ultrapassam 1.5 metro de altura.

Os exemplares de *E. trilineata* foram coletados na lagoa Negra, no Parque Estadual de Itapuã. Esta apresenta uma área de 1750 hectares, com características semelhantes à lagoa Verde, como água com baixa transparência, profundidade média de 1 metro e fundo lodoso. O ponto de coleta (30° 21'35.5"S, 50°58'34"W), um dos antigos canais de irrigação de arroz da área, apresenta algumas espécies de macrófitas aquáticas como *Pistia stratiotes* Linnaeus, 1753, *Salvinia auriculata* Aublet, 1775, *Nymphoides indica* O' Kuntze, 1891 e *Eichornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach.

Amostragem

As espécies foram amostradas mensalmente nos seguintes períodos: *E. trilineata* entre junho/2002 e maio/2003; *G. aff. carapo* entre maio/2003 e abril/2004 e *Brachyhypopomus* sp. entre setembro/2003 e agosto/2004. Todos os exemplares foram obtidos com o auxílio de uma rede do tipo puçá e um detector de peixes elétricos, que consiste em um amplificador diferencial, com alta sensibilidade e com resposta em frequência dentro da faixa audível, auxiliando na localização dos exemplares. A captura ocorreu no período da manhã,

sendo os exemplares transferidos para solução de formalina 10% imediatamente após a captura. Lotes dos espécimes foram depositados na coleção de peixes do Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil (*Brachyhypopomus* sp.: UFRGS 7685; *G. aff. carapo*: UFRGS 6854, UFRGS 6855, UFRGS 6856, UFRGS 6857, UFRGS 6858, UFRGS 6859; *E. trilineata*: UFRGS 5719, UFRGS 6635).

Análise

O termo "lesão" utilizado neste estudo se aplica a todos os animais nos quais foi observado algum tipo de amputação em partes do corpo. As lesões sofridas pelas três espécies foram classificadas em duas categorias: recentes: quando não existe sinal evidente de início de regeneração e em regeneração: quando já existe sinal evidente de que esteja ocorrendo o crescimento da parte que foi perdida.

Todos os indivíduos foram examinados a olho nu, onde foram observadas diferenças de pigmentação e protuberâncias que poderiam indicar regeneração, além de análise sob estereomicroscópio em busca de sinais de regeneração avançada para que, desta forma, tais indivíduos fossem incluídos na análise. Em seguida, todos os exemplares foram sexados através de dissecação para observação das gônadas sob estereomicroscópio.

Para determinar se houve diferença significativa no número de lesões entre os sexos em cada uma das três espécies estudadas, foi aplicado o teste qui-quadrado ($\alpha = 0.05$, g.l.=1) aos resultados, utilizando a seguinte fórmula (Callegari-Jacques, 2003): $\chi^2_{\text{calc}} = \sum (O-E)^2/E$, com $\alpha = 0.05$, g.l. = 1, onde: O = número observado e E = número esperado.

A relação do número de lesões recentes sofridas pelos sexos com as estações do ano foi testada através de teste de independência com tabela de contingência. Os dados foram agrupados por estação do ano e por sexo. Aos dados da tabela foi aplicado o teste do qui-quadrado. Para a interpretação deste teste, foi realizada, em caso de correlação positiva de estação do ano com número de lesões recentes, a análise de resíduos em tabelas, de acordo com as seguintes expressões: Resíduo padronizado: $R_p = (O-E)/\sqrt{E}$, onde: O = número observado e E = número esperado; Resíduo ajustado: $R_{aj} = R_p / \sqrt{(1-(TC/TG))(1-(TL/TG))}$, onde ($\alpha = 0.05$, $z = 1.96$): TC = total de ocorrências de lesão por espécie em cada estação; TL = total de ocorrências de lesão por sexo de cada espécie.

As estações do ano foram definidas da

seguinte forma: Primavera: outubro, novembro e dezembro; Verão: janeiro, fevereiro e março; Outono: abril, maio e junho; Inverno: julho, agosto e setembro.

Resultados

Foi analisado um total de 1172 indivíduos, sendo 389 de *G. aff. carapo*, 348 de *Brachyhypopomus* sp. e 435 de *E. trilineata* (Fig. 1). As três espécies apresentaram algum tipo de lesão, em diferentes porcentagens (Fig. 2). O número total de indivíduos com lesão por espécie, sexo e estação, aprecia-se na Tabela I. *Gymnotus* aff. *carapo* apresentou 2.3% de lesões recentes e 4.4% de lesões em regeneração, totalizando 6.7%. *Brachyhypopomus* sp. apresentou 5.2% de lesões recentes e 22.1% de lesões em regeneração, totalizando 27.3%. *E. trilineata* apresentou 11.7% de lesões recentes e 9.4% de lesões em regeneração, totalizando 21.1% (Fig. 3).



Figura 1. Espécies estudadas no presente trabalho. (A) *Gymnotus* aff. *carapo*, 131 mm. (B) *Brachyhypopomus* sp., 146 mm. (C) *Eigenmannia trilineata*, 142 mm.

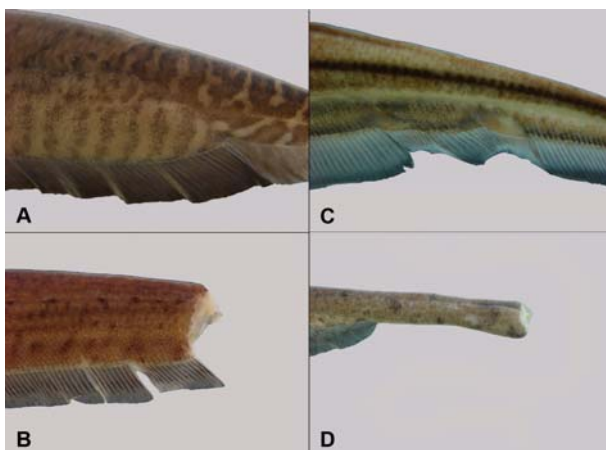


Figura 2. Tipos de lesões mais comuns, encontradas nas três espécies de gimnotiformes. (A) Lesão em regeneração, em estágio avançado, de *Gymnotus* aff. *carapo*. Note-se a diferença na intensidade de pigmentação na parte posterior, marcando a região regenerada. (B) Lesão recente em *Brachyhypopomus* sp. (C) Lesão em regeneração de *Eigenmannia trilineata*. (D) Lesão recente no filamento caudal de *Brachyhypopomus* sp.

O teste do qui-quadrado demonstrou a ausência de diferença significativa entre sexo e número de lesões nas três espécies analisadas, durante os períodos de amostragem. O teste de independência com tabela de contingência demonstra que não existe relação entre a época do ano e a quantidade de lesões recentes em *Brachyhypopomus* sp., *Gymnotus* aff. *carapo* e *E. trilineata* ($\chi^2_{\text{calc}} = 6.07$; 0.31 e 0.31, respectivamente, g.l. = 3).

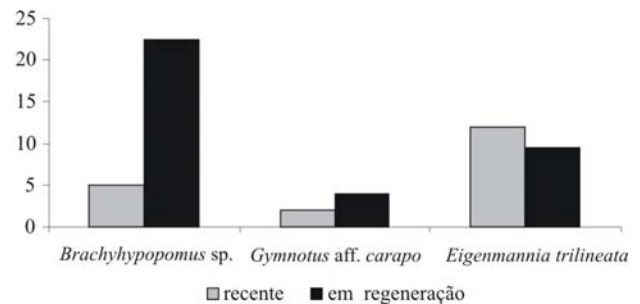


Figura 3. Porcentagens de lesões recentes e em regeneração encontradas nas três espécies de gimnotiformes estudadas no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil.

Discussão

Ellis (1913) documentou que de um total de 27 espécies analisadas, 22 apresentavam algum tipo de lesão, entre elas espécies do gênero *Gymnotus*, *Eigenmannia*, e *Hypopomus*. O mesmo autor constatou que a cavidade celomática relativamente pequena em comparação com o comprimento total do corpo destes peixes permitiria que lesões na região posterior à cavidade, não resultassem em morte apesar da perda de tecido em muitos casos ser grande.

Gymnotus carapo, espécie estudada em três localidades da Guiana Inglesa, apresentou um percentual de 4.1% de lesões em 96 indivíduos (Ellis 1913). Esta taxa de lesões é consideravelmente mais baixa se comparada com as espécies do restante do estudo do mesmo autor, sendo muito próxima da encontrada para a população de *Gymnotus* aff. *carapo* do presente estudo (6.7%).

Segundo o próprio Ellis (1913), a baixa taxa de lesões sofridas por *G. carapo* poderia se explicar pelo padrão de colorido com bandas oblíquas, que poderia funcionar como camuflagem, já que essa espécie vive em meio à vegetação aquática. Além disso, esta espécie é uma nadadora muito rápida e vigorosa, o que poderia contribuir para fuga de predadores maiores. O ponto de coleta de *G. aff. carapo* é rico em vegetação aquática, o que contribuiria com a camuflagem da espécie para escapar de

Tabela I. Número total de indivíduos com lesões por espécie, sexo e estação do ano. Na fileira de totais por espécie indica-se o número de lesões recentes (em itálico), o número de indivíduos analisados por estação, entre parênteses e a porcentagem de lesões recentes na estação, em negrito. Na coluna de total por período encontram-se os dados de lesões recentes e em regeneração com as somas agrupadas. R= recente; RG= em regeneração.

		Primavera		Verão		Outono		Inverno		Total período
		R	RG	R	RG	R	RG	R	RG	
<i>Eigenmannia trilineata</i> n = 435	F	4	10	5	9	3	0	9	1	41
	M	5	8	8	6	3	12	9	0	51
	Total	9 (100) - 9%		13 (145) - 8,9%		6 (92) - 6,9%		18 (98) - 18,3%		92
<i>Gymnotus aff. carapo</i> n = 389	F	1	1	2	0	4	1	0	2	11
	M	2	1	1	1	4	2	1	3	15
	Total	3 (100) - 3%		3 (95) - 3,1%		8 (90) - 8,9%		1 (105) - 0,9%		26
<i>Brachyhypopomus sp.</i> n = 348	F	4	10	5	3	3	1	9	3	38
	M	5	3	8	3	3	11	10	14	57
	Total	9 (89) - 10,1%		13 (85) - 15,2%		6 (84) - 7,1%		19 (90) - 21,1%		95

predadores. No entanto, Winemiller & Jepsen (1998) relatam que a traíra *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) é responsável por uma considerável taxa de ataques a peixes associados à vegetação aquática, inclusive a *G. carapo*.

Albert & Crampton (2003) relatam que muitas espécies de *Gymnotus* são territoriais, e tal fato pode acarretar em ataques intraespecíficos para defesa de território. Estes ataques ocorrem quando exemplares desta espécie são colocados em um mesmo aquário (Cognato, Obs. Pess.). Logo, *G. aff. carapo* pode ser responsável tanto por ataques intraespecíficos quanto interespecíficos, inclusive a outros Gimnotiformes, gerando lesões.

A espécie *Hypopomus brevirostris* (Steindachner, 1868), agora considerada *Brachyhypopomus brevirostris* (Mago-Leccia 1994), estudada por Ellis (1913) na bacia amazônica, apresentou um percentual de 8% de lesões em um total de 56 indivíduos. Ainda que este autor considere que lesões sejam comuns nesta espécie, esta taxa de lesões é muito mais baixa do que as encontradas para a população de *Brachyhypopomus sp.* do presente estudo, que foi de 27.3%. Mesmo sendo espécies do mesmo gênero, uma diferença nestas taxas seria provável, pois os ambientes (bacia amazônica e sistema lagunar dos Patos) possuem características muito distintas em diversos aspectos, que determinam diferentes pressões ambientais.

A espécie *Eigenmannia virescens* (Valenciennes, 1842) também estudada por Ellis (1913) apresentou um percentual de 15% de lesões em um total de 482 indivíduos e *Eigenmannia macrops* (Boulenger, 1897) apresentou um percentual de 12% de lesões de um total de 56 indivíduos. No presente estudo foram encontradas taxas de lesões de 21.1% para *E. trilineata*.

Dufech (2004) encontrou na lagoa Negra espécies piscívoras que poderiam ser responsáveis pela predação de Gimnotiformes, como as espécies conhecidas como peixe-cachorro, *Oligosarcus jenynsii* (Günther, 1864) e *Oligosarcus robustus* Menezes, 1969; a traíra, *Hoplias malabaricus*; a Joana, *Crenicichla lepidota* Heckel, 1840 e o muçum *Synbranchus marmoratus* Bloch, 1795. Já na lagoa Verde, foi registrada a presença de duas espécies piscívoras que poderiam predação Gimnotiformes: *Hoplias malabaricus* e *Synbranchus marmoratus* (Cognato, obs. pess.).

Em escala local, muitos peixes movimentam-se frequentemente entre habitats. Alguns predadores de emboscada maximizam o sucesso de forrageamento posicionando-se na interface desses habitats (Winemiller & Jepsen 1998). Segundo estes mesmos autores, duas espécies piscívoras dominantes, *H. malabaricus* e *Caquetaia kraussii* (Steindachner, 1878) foram capturadas frequentemente próximas às margens de densos bancos de macrófitas. Acreditamos que muitas lesões encontradas nos gimnotiformes do presente estudo são causadas pelos predadores encontrados na lagoa Verde e lagoa Negra, que emboscam peixes que se movimentam entre os fragmentos de macrófitas aquáticas. No entanto, não há comprovação por estudos de conteúdo estomacal provando que estes predadores seriam responsáveis por tais ataques.

Agradecimentos

Ao CNPQ e a CAPES ; aos colegas do laboratório de ictiologia e herpetologia da UFRGS pelo auxílio nas coletas e todas as pessoas que colaboraram para a realização deste trabalho. Aos referees pela apreciação deste estudo e sugestões.

Referências bibliográficas

- Albert, J. S. & Crampton, W. G. R. 2003. Seven new species of the Neotropical electric fish *Gymnotus* (Teleostei: Gymnotiformes) with redescription of *G. carapo* (Linnaeus). **Zootaxa**, 287: 1-54.
- Bennett, M. V. L. 1971. Electric organs, p.347-491. *In*: Hoar, W.S. & Randall, D.J. **Fish Physiology**. Academic press, New York.
- Callegari-Jacques, S. M. 2003. **Bioestatística: Princípios e Aplicações**. Artmed, Porto Alegre, 256 p.
- Dufech, A. P. S. 2004. Estudo da Taxocenose de Peixes da praia das Pombas e lagoa Negra, Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Dissertação de mestrado**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 123 p.
- Ellis, M. M. 1913. The gymnotid eels of tropical America. **Memoirs of the Carnegie Museum**, 6: 109-195.
- Goss, R. J. 1969. Heads and tails. Pp. 191-221. *In*: **Principles of Regeneration**. Academic, New York, 300 p.
- Kirschbaum, F. & Meunier, M. J. 1981. Experimental Regeneration of the caudal Skeleton of the Glass Knifefish, *Eigenmannia virescens* (Rhamphichthyidae: Gymnotoidei). **Journal of Morphology**, 168: 121-135.
- Mago-Leccia, F. 1994. **Electric fishes of continental waters of America**. Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas Y Naturales. Caracas, Venezuela, 206 p.
- Nabrit, S. M. 1929. The role of the fin rays in the regeneration in the tail-fins of fishes. **Biological Bulletin**, 4: 235-266.
- Raymond, M. A., Reifler, M. J. & Rivlin, P. K. 1988. Regeneration of goldfish retina: rod precursors are a likely source of regenerated cells. **Journal of Neurobiology**, 19(5): 431-463.
- Rowlerson, A., Radaelli, G., Mascarello, F. & Veggetti, A. 1997. Regeneration of skeletal muscle in two teleost fish: *Sparus aurata* and *Brachydanio rerio*. **Cell and Tissue research**, 289(2): 311-322.
- Singer, M. 1974. Neurotrophic control of limb regeneration in newt. **Annals of New York Academy of Sciences**, 228: 308-322.
- Reimschuessel, R., Bennett, R. O., May, E. A. & Lipsky, M. M. 1990. Renal tubular cell regeneration, cell proliferation and chronic nephrotoxicity in the goldfish (*Carassius auratus*) following exposure to a single sublethal dose of hexachlorobutadiene. **Diseases of Aquatic Organisms**, 8: 211-224.
- Winemiller, K. O. & Jepsen, D. B. 1998. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. **Journal of Fish Biology**, 53(A): 267-296.
- Zakon, H. H. & Unguez, G. A. (1999) Development and regeneration of the electric organ. **Journal of Experimental Biology**, 202: 1427-1434.

Received February 2007

Accepted August 2007

Published online September 2007