

*Projeto de Iniciação Científica:*

**Neuroetologia da eletro-  
localização/comunicação em  
*Gymnotus carapo***

*Karen Luísa Parra de Barros*

*orientador:*

*Prof. Dr. Reynaldo Daniel Pinto*

# Neuroetologia da eletro-localização/comunicação em *Gymnotus carapo*

## 1. Resumo:

Neste projeto iremos estudar o comportamento das descargas elétricas de peixes elétricos fracos *Gymnotus carapo* de maneira não invasiva. Estas descargas são produzidas pelos peixes para permitir a eletrolocalização de objetos (processo em que o peixe forma uma imagem elétrica de sua vizinhança de maneira similar como acontece com o sistema visual) e para a comunicação social entre animais.

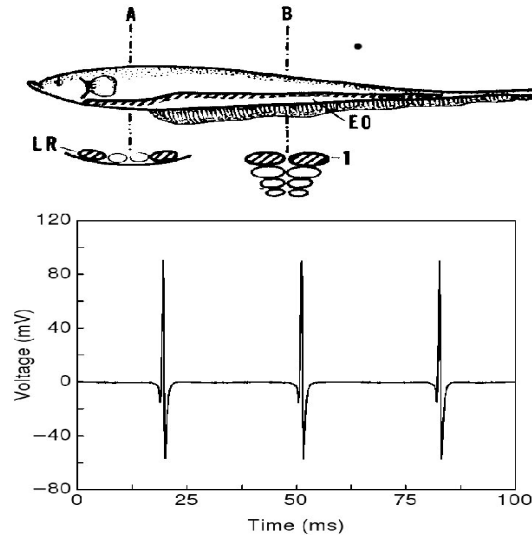
A estudante irá desenvolver um aparato para medir os disparos dos órgãos elétricos de dois ou mais peixes nadando e interagindo livremente. Para isso, montará no Lab. de Neurodinâmica do FFI um aquário de vidro de 1,00 m x 0,50 m x 0,50m onde serão realizados os experimentos. Todo o equipamento (eletrodos, amplificadores, etc...) e programas para a aquisição de dados e controle de experimentos serão desenvolvidos pela estudante durante este projeto de iniciação científica. Neste primeiro ano a estudante também irá aprender algumas técnicas de análise de dados simples usando gráficos e histogramas pré- e pós-estímulo.

## 2. Introdução:

Peixes elétricos de campo fraco (Bullock, 1999) utilizam um órgão elétrico especializado para produzir um campo elétrico pulsado ao redor de seu corpo. Objetos que estejam dentro deste campo alteram a corrente induzida em órgãos eletroreceptores que se distribuem por toda a epiderme do peixe. Desta maneira, o peixe constrói uma imagem elétrica de suas vizinhanças (Caputi, 1999) e pode se locomover em condições precárias de iluminação, ter hábitos noturnos ou habitar águas turvas. Este processo de análise da região ao redor do peixe pela monitoração de um campo auto-produzido é chamado de eletrolocalização (Von der Emde, 1999). Além de eletrolocalização os peixes também utilizam seus órgãos elétricos para eletro-comunicação, quando se comunicam socialmente, identificam o sexo e o tamanho dos vizinhos, e resolvem disputas territoriais. Na Figura 1 estão representados o órgão elétrico de *G. carapo* e uma série temporal típica de uma medida de seu sinal elétrico.

O *Gymnotus carapo*, como todos os peixes elétricos de água doce do Novo Mundo, pertence a subordem Gymnotodei da ordem Cypriniformes. Aparentemente todos os membros da subordem são elétricos (produzem impulsos elétricos). Os gimnotóides são delgados e alongados, não possuem nadadeira dorsal mas tem uma nadadeira anal muito longa, lembrando a lâmina de uma faca pontuda, daí muitas vezes serem popularmente chamados de “peixes-faca” (em São Carlos é comum serem chamados de “tuvira”). *Gymnotus carapo* é um peixe que produz pulsos a frequência média de ~50 Hz com amplitude de ~1V a 3V (Caputi, 1999), por isso são muitas vezes chamados de peixes elétricos “fracos”, e podem atingir mais de 45 cm de comprimento. Alimenta-se de invertebrados e também de peixes de vários centímetros de comprimento, inclusive da própria espécie.

Apesar da complexidade envolvida na geração e interpretação dos disparos do OE e de sua detecção ser muito simples a maioria dos trabalhos estuda os animais em condições muito distantes da realidade: os peixes tem seus movimentos muito restritos ou são estimulados com sinais artificiais tipo senóide ou onda quadrada, sem nenhum significado fisiológico. Neste projeto os animais poderão se mover e interagir livremente, assim os estímulos considerados são complexos (Forlim, 2008) e neste caso serão gerados por outro peixe da mesma espécie.



**Figura 1** – Superior: o órgão elétrico (EO) de *Gymnotus carapo* possui duas partes. A parte anterior ou abdominal (corte A) é composta por duas colunas de eletrócitos arranjadas bilateralmente (LR). A parte caudal (corte B) é composta por quatro colunas de eletrócitos. Eletrócitos duplamente inervados (hachurados no desenho) ocorrem em LR (anterior) e na coluna 1 (caudal). Inferior: série temporal com descargas elétricas (DOEs) de *G. carapo* medidas na água com o eletrodo positivo colocado próximo a cabeça do peixe e o eletrodo negativo próximo da cauda - o pulso produzido é trifásico.

### 3. Metodologia:

Os peixes são adquiridos em agropecuárias como isca-viva e mantidos sob ciclo natural de luz em aquários com temperatura controlada e filtros mecânicos, químicos e U.V. para purificação de água, no biotério do Lab. de Neurodinâmica do FFI (autorização IBAMA 19446-2 de 19/01/2001), onde recebem alimentação viva variada (pequenos peixes, minhocas, artêmias, tenébrios ou insetos) 2 vezes por semana.

Durante os experimentos os peixes serão colocados aos pares em um aquário de medida, em que podem se deslocar livremente, enquanto registramos de modo não invasivo as séries temporais do sinal elétrico propagado na água e detectado em eletrodos colocados nos vértices do aquário, formando dois a dois, dipolos detectores. O sinal dos dipolos será amplificado diferencialmente e digitalizado por uma interface de aquisição de dados ADC de alta frequência (tipicamente 50 kHz) para permitir a utilização de softwares capazes de separar os sinais de cada um dos peixes.

Todos os procedimentos envolvendo animais seguirão os princípios éticos sugeridos pela Society for Neuroscience e pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de São Carlos.

#### 4. Projeto de Pesquisa e Cronograma de Execução:

Estudaremos a interação entre dois peixes elétricos enquanto registramos seu comportamento elétrico e motor. Assim, poderemos inferir algumas das possíveis estratégias que o sistema sensorial do peixe utiliza para coletar as informações presentes no meio ambiente e quais os padrões que os animais usam para se comunicar.

Considerando que a estudante encontra-se no quarto semestre ideal do Bacharelado em Ciências Físicas e Biomoleculares, elaboramos um cronograma para este primeiro ano de iniciação científica de modo a introduzir os problemas experimentais de medidas e servir de motivação para o seu curso sem atrapalhar seu desempenho acadêmico. Assim, neste primeiro ano a estudante irá desenvolver as seguintes tarefas:

- montagem de aquário de medida com capacidade de 250 litros de água ( 1,00 m x 0,50 m x 0,50 m);
- instalação dos eletrodos de medida: segmentos de fio de aço inóx introduzidos através da vedação de silicone do aquário;
- construção de circuitos eletrônicos amplificadores diferenciais para amplificar os sinais captados em cada dipolo sensor (par de eletrodos);
- conexão da saída dos amplificadores diferenciais ao sistema de aquisição de dados usando placa ADC e computador;
- implementação de programas simples de aquisição de dados baseado em DasyLab-Windows ou Comedi-Linux;
- análise de dados usando técnicas simples, confecção de gráficos e histogramas.

#### 5. Referências:

Bullock, T. H. (1999): The future of research on electroreception and electrocommunication. *J. Exp. Biol.* **202**, 1455-1458.

Caputi, A. A. (1999): The electric organ discharge of pulse gymnotiforms: the transformation of a simple impulse into a complex spatio-temporal electromotor pattern. *J. Exp. Biol.* **202**, 1229-1241.

von der Emde, G. (1999): Active electrolocation of objects in weakly electric fish. *J. Exp. Biol.* **202**, 1205-1215.

Forlim, C. G. (2008): Estudo experimental da eletrocomunicação em peixes de campo elétrico fraco da espécie *Gymnotus carapo*. Dissertação apresentada em 27/08/2008 ao Inst. de Física da USP para obtenção do título de mestre.

São Carlos, 27 de setembro de 2011

---

Karen Luísa Parra de Barros  
estudante

---

Reynaldo Daniel Pinto  
orientador