

# Desenvolvimento de um Peixe Robótico Autônomo para Monitoramento Ambiental

Paulo R. O. Bonifácio<sup>1</sup>; Rodrigo Coral<sup>2</sup>;

Luís Alfredo da Silva<sup>3</sup>; Marcio Henrique de Avelar Gomes<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Professor da Coord. da Mecânica Industrial, Campus Joinville, pauloboni@ifsc.edu.br

<sup>2</sup>Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Professor da Coord. da Elétrica, Campus Joinville, coral@ifsc.edu.br

<sup>3</sup>Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Aluno do Curso Superior em Tecnologia em Mecatrônica, Campus Joinville, alfredodasilva@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Dep. Acadêmico da Mecânica, Campus Joinville, marciogomes@utfpr.edu.br

## RESUMO

O presente projeto tem como objetivo a construção de um peixe robótico de aspecto similar à espécie *Tilapia Rendalli* com movimento autônomo. No entanto, neste projeto todos os testes são realizados fora do aquário, em bancada experimental, no sentido de avaliar apenas as similaridades com o peixe natural e seus movimentos. Portanto, este trabalho constitui a primeira etapa de um projeto maior que visa desenvolver um método alternativo para avaliação da composição química da água através de um robô equipado com transdutores para avaliação química em tempo real em rios, lagoas e viveiros de criação de peixes. Esta pesquisa visa contribuir em dois aspectos principais: no desenvolvimento científico da robótica de peixes com navegação autônoma e estabelecer um método alternativo para a medição de poluição de águas de lagos. São abordados ao longo do trabalho os mecanismos de locomoção e automação, utilizando um modelo físico com o sistema eletrônico embarcado e controlado pelo *LabView*. Com o robô fora da água foram obtidos bons resultados, tanto da locomoção quanto da automação.

**Palavras-Chave:** Peixe-robótico. Robótica. Monitoramento. Automação.

## Introdução

O controle de propriedades da água é fundamental para o processo de criação de peixes em lagos. As propriedades principais para o manejo nessa atividade são principalmente a temperatura e acidez através da medição do pH que significa o potencial hidrogeniônico (quantidade de prótons H<sup>+</sup>), que indica a neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. Outras propriedades tão importantes são: a salinidade e a poluição da água, geradas por algas ou por outras substâncias nocivas a qualidades da água.

O protótipo do robô constitui um sistema de controle capaz de realizar navegação  
45 autônoma ou controlada apto a realizar a medição dos componentes químicos da água.  
Atualmente, várias técnicas são utilizadas para a medição da poluição, no entanto, nos  
casos de realização de mapa de poluição, que é o mapeamento espacial da qualidade da  
água sobretudo onde existe dificuldade de acesso, o peixe robótico pode ser utilizado de  
forma bem mais eficaz (LIU e HU, 2004).

50 O método tradicional para avaliação da qualidade das águas é baseado em colher  
algumas amostras para posterior avaliação da qualidade química da água. No entanto, a  
utilização deste método não é eficiente, comparado ao monitoramento contínuo  
realizado por um peixe robótico, capaz de realizar medições em vários pontos de um  
lago em tempo real.

55 A utilização de robôs tem consequências importantes na pesquisa envolvendo  
seres vivos (CASACA e TOMAZELLI, 2011; LIU e HU, 2004). Dentre outros, um robô  
pode auxiliar na pesquisa de outros animais relacionados à aprendizagem social, na  
escolha de parceiro, na melhoria do processo reprodutivo de animais, na cooperação,  
além dos estudos de personalidade e comportamento coletivo (KRAUSE et al. 2011),  
60 (LIU e HU, 2004). No Brasil poucos trabalhos são desenvolvidos utilizando robotização  
de peixes, o que motiva a realização e a inovação deste projeto.

Outra técnica comumente utilizada para estudar o comportamento de determinado  
grupo de peixes é introduzindo um exemplar vivo. Porém, não há como controlar de  
forma integral o comportamento de um animal vivo, fato que limita o estudo do  
65 comportamento dos peixes.

O Peixe robótico quando age como líder pode impor ao grupo de peixes vivos  
personalidade na rede social, no sentido de avaliar certos parâmetros comportamentais  
de uma determinada espécie. Esta metodologia, que hoje é usada por alguns  
pesquisadores no mundo e muito pouco explorada no Brasil, possibilita avanços  
70 exploratórios da pesquisa comportamental animal (CAI e ZHENG, 2010; SWAIN et al.  
2011).

Portanto, o presente projeto tem como objetivo a construção de um peixe robótico  
de aspecto similar a espécie *Tilapia Rendalli* com movimento autônomo. No entanto,

5

neste projeto todos os testes são realizados fora do aquário, no sentido de avaliar apenas as similaridades com o peixe natural e seus movimentos.

75 Este projeto impacta diretamente na preservação do meio ambiente, na sustentabilidade regional e na busca de um método alternativo e inovador para a realização de medição de poluição da água em rios, lagoas e viveiros. O trabalho constitui a primeira etapa de um projeto maior, que visa desenvolver um método  
80 alternativo para avaliação da composição química da água através de um robô equipado com transdutores para avaliação química através de um mapeamento em tempo real.

### **Metodologia**

Este projeto se baseia no desenvolvimento do mecanismo de locomoção e de auto-  
85 mação para o controle do peixe robótico. Essas etapas são fundamentais nesta fase de construção do protótipo. A semelhança física do peixe robótico foi inspirada no peixe natural da Figura 1, que é um peixe da espécie *Tilápia Rendalli*, de intenso cultivo na região norte de Santa Catarina. A movimentação e locomoção dessa espécie, por apresentar vários tipos de movimentos, constituiu a referência na construção dos mecanismos  
90 de locomoção do peixe robótico Figuras 2, 3 e 4. O protótipo possui 70mm de comprimento, largura de 22mm e espessura de 12mm.

#### **a) Mecanismo de locomoção**

95 O estudo da locomoção do peixe robô foi baseado na análise experimental e simulação dos mecanismos de movimento em bancada experimental. A construção desses mecanismos inclui possibilidades de gerar movimentos de aceleração, desaceleração, giro e flutuação ascendente e descendente. A atuação dos movimentos foi realizada por três micro-servos de acordo com a Figura 2. Todos os movimentos de locomoção foram  
100 gerados com o peixe fora da água em uma bancada experimental com o robô fixado em uma plataforma que permite todos os movimentos (Figura 4).

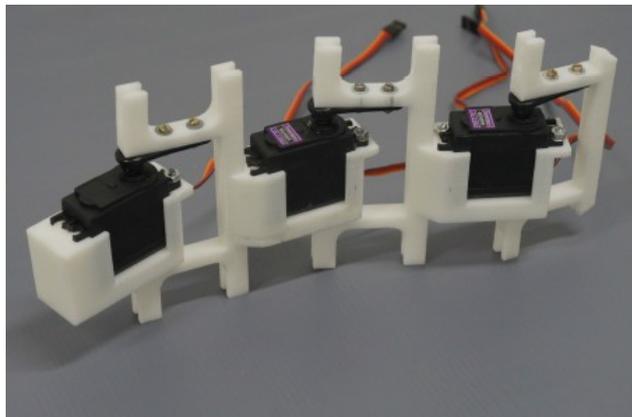


**Figura 1** - Peixe *Tilapia Rendalli*

Fonte: Embrapa - Boletim de Pesquisa (2015)

105

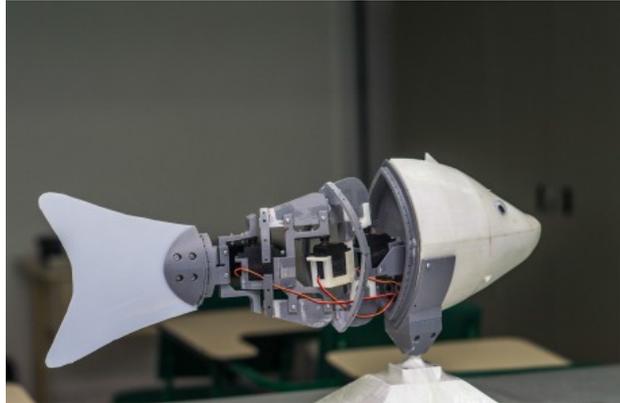
Os componentes estruturais do mecanismo foram todos projetados com o auxílio do software *SolidWorks* e fabricados através de impressão 3D do modelo *UP! Mini*. O mecanismo de locomoção foi baseado na articulação de três atuadores, conforme Figura 2. Os atuadores utilizados seguem o padrão RC Servo. Os mesmos são relativamente  
110 leves, de dimensões que possibilitam o embarque no interior do peixe. Os atuadores possuem características de torque e velocidade que atendem as necessidades da navegabilidade semelhante ao peixe real.



115

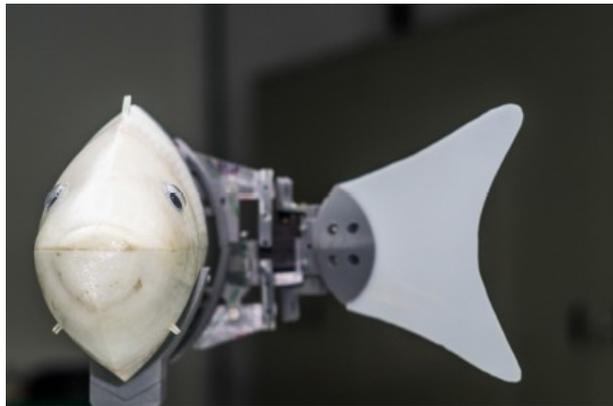
**Figura 2** - Mecanismo de articulação – Três micro servos motores articulados

Fonte: Autor (2017)



**Figura 3** – Protótipo do peixe robótico

Fonte: Autor (2017)



**Figura 4** – Protótipo do peixe robótico

Fonte: Autor (2017)

120

#### **b) Mecanismo de automação**

125 O sistema de automação é responsável pelo controle e monitoramento de todas as ações do peixe robótico, incluindo, por exemplo, controle e análise de movimento, registro de dados através de sensores e gerenciamento de energia.

O sistema de automação foi construído sobre a plataforma de *hardware* da *National Instruments (NI) Reconfigurable I/O (RIO)* e foi utilizada especificamente a placa *myRIO*. O programa desenvolvido exclusivamente para o controle dos movimentos do  
130 peixe foi criado no ambiente *LabVIEW*.

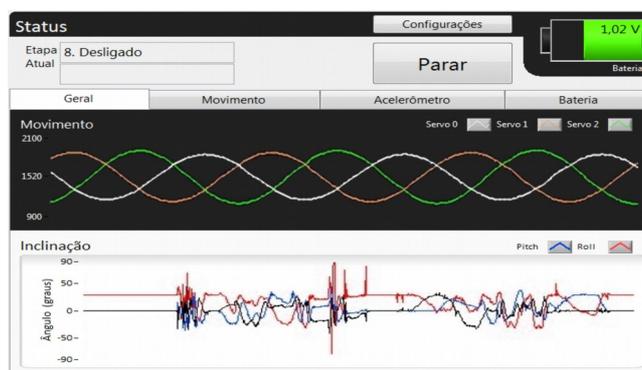
O conjunto *LabVIEW/RIO* foi escolhido para estabelecer a automação do projeto devido a sua facilidade no desenvolvimento de sistemas autônomos capazes de realizar o controle e a comunicação através de um computador externo via rede sem fio, sistema *Wi-Fi* (Figura 5). Dentre outras, uma vantagem desse sistema é a avaliação do movimento de cada servo em tempo real. A placa *myRIO* também integra diversos recursos de *hardwares* relevantes para o projeto como *Wi-Fi* e acelerômetro interno a placa capaz de medir as variações do deslocamento do peixe nas três direções x, y e z.

## 140 Resultados e discussão

Produzir um mecanismo de locomoção capaz de realizar um movimento fluido e natural representa um grande desafio. Sendo assim, este trabalho representa o passo inicial para a construção de um protótipo que possa ser analisado submerso em um aquário. Da mesma forma, o projeto necessita também de estudos mais aprofundados para melhor desempenho relacionado à redução de consumo de energia dos atuadores.

O sistema teve bom desempenho no controle através de comunicação *Wi-Fi*, no entanto, os testes foram realizados fora da água. Os testes devem ser repetidos quando forem realizados com o peixe submerso. Foram obtidos, também, bons resultados em relação ao funcionamento autônomo do robô, através da comunicação sem fio, controlado pelo programa construído e monitorado através do ambiente *LabView* (Figura 5).

A placa *myRio* possui um sistema de automação que fornece na interface de usuário na sua quinta versão, que atualmente permite uma alta capacidade de personalização de parâmetros, ao mesmo tempo em que apresenta uma interface de operação facilitada.



155

Figura 5 – Interface de controle do robô no computador

Os estudos relacionados ao consumo de energia foram realizados através de uma alimentação utilizando 16 células recarregáveis de *Níquel Metal Hidreto* e, demonstraram que o robô apresentou uma autonomia de movimentos de aproximadamente 8h. Células com menores densidades de energia serão objeto de estudos futuros.

### **Conclusões**

Os aspectos relacionados à articulação e movimentação do robô foram testados fora do aquário e os resultados foram satisfatórios. Os testes experimentais demonstraram que os atuadores, micro servos, responsáveis pelos movimentos do protótipo são adequados para a locomoção do peixe. A interface realizada pelo *LabView* está finalizada e com funcionalidade adequada para as próximas etapas do projeto. O sistema de comunicação *Wi-Fi* entre o computador e o protótipo deve ser mais bem analisado com o robô submerso. Portanto, a próxima etapa do projeto inclui a análise dos testes experimentais com a imersão, para a avaliação de todos os sistemas com o peixe dentro de um aquário.

### **REFERÊNCIAS**

CAI, Y. S.; ZHENG, L. Design and Experiments of a Robotic Fish Imitating Cow-Nosed Ray, **Journal of Bionic Engineering**, v.7, p.120–126, 2010.

CASACA, J. M.; TOMAZELLI, O.; A Piscicultura nas propriedades familiares de Santa Catarina, **Revista Agricultura Familiar**, 2011.

KRAUSE, J.; WINFIELD, A.F.; DENEUBOURG, J. L. Interactive Robots in Experimental Biology, **Trends in Ecology and Evolution**, v. 26, n. 7, July 2011.

LIU, J.; HU, H. A 3D Simulator for Autonomous Robotic Fish, **Journal of Automation and Computing**, v. 1, p. 42-50, 2004.

SWAIN, D. T.; COUZIN, I. D.; LEONARD, N. E. Real-time feedback-controlled robotic fish for behavioral experiments with fish schools. **Proceedings of the IEEE**, in press, 2011.