

## Magnetobiologia no Suporte à Visão Computacional: Estudos Preliminares

Letieri Rodrigues de Ávila \* Sílvia Silva da Costa Botelho \*\*  
Bruna de Vargas Guterres \*\*\*

\* *Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional,  
Universidade Federal do Rio Grande - FURG, RS, (e-mail:  
letieriavila@gmail.com).*

\*\* *Centro de Ciências Computacionais, Universidade Federal do Rio  
Grande - FURG, RS, (e-mail: silviasilva@gmail.com).*

\*\*\* *Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional,  
Universidade Federal do Rio Grande - FURG, RS, (e-mail:  
guterres.bruna@gmail.com).*

---

**Abstract:** Shrimp farming has grown exponentially in Brazil at the expense of natural fishing. It justifies the growth of applications aimed at controlling and managing shrimp farming systems. Intelligent systems based on computational and automation techniques have provided important data and advances towards final product generation. From the monitoring of intrinsic variables, computer vision systems have contributed to the improvement of cultivation processes by supporting biomass generation and animal health monitoring. However, shrimp's ecological niche is one of the greatest obstacles for controlling these systems through computer-vision approaches due to turbid watery habitat, nocturnal foraging and rapid displacement for instance. The magnetotactic behaviour of shrimps becomes an alternative for attracting and imaging them to generate diagnoses during the breeding process. The present work presents initial experiments to generate a magnetic field capable of attracting and slowing shrimps for data collection to researchers and producers. It also discusses how magnetobiology could be used for similar purposes.

**Resumo:** A carcinicultura tem crescido exponencialmente no Brasil em detrimento à pesca natural justificando o crescimento de aplicações destinadas ao controle e gerenciamento de sistemas de cultivo de camarões. Sistemas inteligentes fundamentados em técnicas computacionais e de automação ganham espaço fornecendo dados e avanços importantes à geração do produto final. A partir do monitoramento de variáveis intrínsecas, sistemas de visão computacional tem contribuído para a melhoria de processos de cultivo através do suporte à geração de biomassa e monitoramento da saúde dos animais. O nicho ecológico dos camarões é um dos grandes entraves para o controle destes sistemas. A exemplo disto, pode-se citar seu habitat aquoso turvo, hábitos de forragamento noturno e rápido deslocamento. Assim, o comportamento magnetotático dos camarões torna-se uma alternativa para a atração e imageamento dos mesmos com vistas à geração de diagnósticos durante o processo de criação. O presente trabalho apresenta os experimentos iniciais para geração do campo magnético capaz de atrair e tornar lento o deslocamento dos camarões afim de realizar a coleta de dados necessários para pesquisadores e produtores. Os resultados apresentados ampliam a discussão e permitem a projeção de outros trabalhos que possam utilizar a magnetobiologia para fins semelhantes.

*Keywords:* shrimp farming; magnetobiology; neodymium magnets; intelligent systems; computer vision.

*Palavras-chaves:* carcinicultura; magnetobiologia; ímãs de neodímio; sistemas inteligentes; visão computacional; .

---

## 1. INTRODUÇÃO

A carcinicultura é a área da aquicultura que trata da criação de crustáceos, tendo como principal espécie o camarão. As fazendas de criação de camarões vêm recebendo formas tecnologicamente diversificadas para o controle de suas variáveis convergindo para uma maior eficiência na produção.

O camarão branco do pacífico (*Litopenaeus Vannamei*) é uma das espécies de camarão mais importantes cultivadas no mundo (Cai et al., 2019). Esta espécie adapta-se facilmente à diferentes variáveis físico-químicas como temperatura, pH e salinidade. Os animais marinhos consumidos pelos humanos são, em sua maioria, provenientes de fazendas de criação em detrimento à pesca natural (FAO, 2019). A tecnologia aplicada à tais sistemas é emergente e sinaliza uma contribuição potencial e expressiva em termos de otimização de biomassa produzida bem como controle da saúde animal.

Os sistemas BFT (*Biofloc Technology*) foram responsáveis por um dos grandes avanços na carcinicultura a partir do controle da produção de amônia gerada por excrementos dos animais e restos de ração que, em quantidades descontroladas, inibe o crescimento dos animais e contribui para o surgimento de doenças (Liu et al., 2020). Em resumo, sistemas BFT consistem em adicionar aos compostos nitrogenados uma quantidade de carbono (melaço) de forma a gerar um alimento rico em proteínas. Estes sistemas contribuem de forma expressiva para a não renovação de água (diminuindo drasticamente a quantidade de água necessária ao cultivo), altas densidades de estocagem e, de acordo com Prangnell et al. (2020), alta taxa de conversão em biomassa final.

A automação e a computação são cada vez mais empregadas na aquicultura para controle de variáveis físico-químicas indispensáveis ao crescimento satisfatório de camarões como, por exemplo, manutenção dos níveis de pH, temperatura e oxigênio dissolvido. Este controle automatizado possibilita a melhoria da qualidade dos sistemas de cultivo e obtenção de maiores biomassas na despesca.

Sistemas de visão computacional dotados de inteligência artificial são aplicados em aquicultura para contagem (Boksuwan et al., 2018) e estimativa de biomassa de camarões (Thai et al., 2021) e peixes (Muñoz-Benavent et al., 2018), por exemplo. Além disso, sistemas de visão computacional tem sido empregados no monitoramento da qualidade do cultivo bem como saúde de animais Sim (2018).

Dessa forma, sistemas de visão computacional tem potencial empregabilidade na otimização de processos em aquicultura. Entretanto, o ambiente de cultivo BFT tem como característica a alta turbidez e concentração sólidos suspensos na água que, muitas vezes, inviabilizam o emprego destas tecnologias no controle e monitoramento destes sistemas. Dentre outras tecnologias aplicadas ao controle dos sistemas de criação, pode-se citar o emprego de campos magnéticos artificiais.

\* Este trabalho recebeu financiamento do programa de pesquisa e inovação Horizon 2020 da União Europeia através do acordo de subvenção n.º 863034

O campo geomagnético vem sendo estudado como um importante fator nos processos migratórios dos animais marinhos. Gonçalves (2014) estudou o comportamento dos camarões brancos do pacífico quando imersos em um determinado campo magnético artificial. Segundo Silva (2010) a magnetobiologia investiga os efeitos que os campos magnéticos podem produzir sobre os seres vivos.

## 2. MAGNETOBIOLOGIA

A magnetobiologia é o ramo da ciência que estuda o comportamento dos seres vivos quando imersos em um campo magnético enquanto que o biomagnetismo avalia os campos magnéticos gerados por organismos vivos ou por marcadores magnéticos neles inseridos (Silva, 2010). O estudo dos fenômenos magnéticos em seres vivos tem seus primeiros relatos no século XVII (Araujo et al., 1999). De acordo com Souza and Baffa (2013), o campo magnético terrestre é da ordem de 20uT e 50uT nos hemisférios sul e norte, respectivamente. O mesmo autor afirma que os estudos com seres vivos são restritos em função da controversa relação entre a exposição constante de seres vivos aos campos eletromagnéticos.

Gonçalves (2014) investigou o processo de orientação natural dos camarões brancos do pacífico frente a um campo magnético artificial e variável produzido através de bobinas circulares na configuração de Helmholtz. A Figura 1 ilustra a montagem em laboratório capaz de produzir um campo magnético uniforme entre suas bobinas.

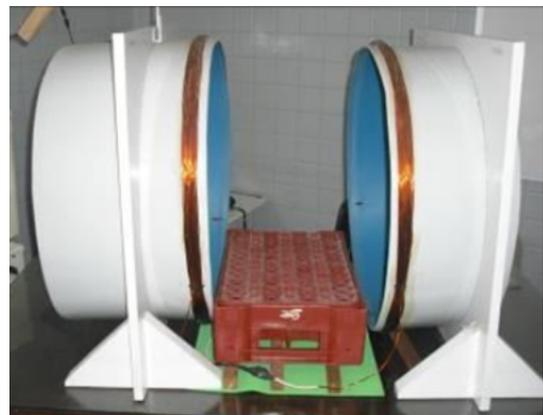


Figura 1. Bobinas na configuração de Helmholtz com raios iguais à distância entre ambas (Gonçalves, 2014).

Gonçalves (2014) utilizou fontes de tensão ajustáveis permitindo a variação do campo magnético aplicado aos camarões inseridos em um aquário de controle entre as bobinas. Os animais foram expostos à diferentes densidades de campos magnéticos e os resultados indicaram que os camarões adultos orientam-se preferencialmente pelo pólo sul magnético enquanto que os animais em fase de pós larva orientam-se pelo pólo norte magnético. A densidade de campo magnético relatada no respectivo trabalho, capaz de orientar e reduzir a mobilidade dos camarões, é da ordem aproximada de 160uT (1,6G).

Tal experimento forneceu informações sobre o comportamento dos animais imersos em um campo magnético em relação aos estudos acerca da orientação dos seres vivos

segundo o campo geomagnético durante seus processos migratórios naturais. Magnetotaxia diz respeito ao comportamento que diferentes organismos tem como resposta ao sistema magnético da terra. Animais como camarões, aves, tartarugas, abelhas, formigas além de micróbios e bactérias são chamados magnetotáticos (Avalos et al., 2018).

A criação de um sistema de atuação capaz de orientar e atrair camarões ao longo dos processos de cultivo poderá tornar-se uma grande ferramenta. Através da aplicação de campos magnéticos artificiais, tal ferramenta pode viabilizar o uso de visão computacional em sistemas de cultivo com alta turbidez e partículas suspensas. Essa tecnologia pode ser capaz de realizar, por exemplo, o monitoramento da qualidade do cultivo e inferir a biomassa disponível em tempo real. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar os experimentos iniciais necessários à criação de um sistema de atuação comportamental em fazendas de carcinocultura para suporte ao emprego de métodos de visão computacional.

Tal pesquisa justifica-se pela crescente demanda de animais marinhos para o consumo humano fornecendo subsídios tecnológicos de controle de produção e saúde dos animais. Ademais, o trabalho pretende demonstrar a utilização de ímãs permanentes de neodímio contrapondo o uso de sistemas eletro-eletrônicos para geração de campo magnético uma vez que, em virtude das altas salinidades impostas pelos sistemas de criação, o funcionamento contínuo destes sistemas pode gerar falhas e riscos para os usuários. Logo, a aplicação dos ímãs de neodímio apresenta-se como uma solução interessante dada sua capacidade de gerar campos magnéticos intensos.

### 3. MÉTODOS

O presente trabalho fundamenta-se em pesquisas bibliográficas acerca da magnetobiologia aplicada à animais marinhos e na hipótese de aplicação de um campo magnético durante todo o ciclo de criação de camarões brancos do pacífico que varia de 90 à 120 dias. A metodologia consiste na realização de dois experimentos laboratoriais.

Primeiramente, pretende-se avaliar a dispersão do campo magnético produzido por ímãs de neodímio cilíndricos (diâmetro de 30mm e altura de 10mm) em meios aquosos empregados nos processos de cultivo de *Litopenaeus vannamei* na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) da Universidade Federal do Rio Grande. Os ímãs de neodímio foram fixados em aparatos plásticos capazes de mantê-los com suas faces magnéticas opostas à distâncias variáveis gerando, dessa forma, linhas de indução magnética no espaço a ser analisado.

A arquitetura proposta pode ser observada na Figura 2. Propõe-se a medição da densidade de campo magnético no ponto médio entre os dois ímãs através do *Teslameter* do fabricante PHYWE com sonda linear.

Além das medições de densidade de campo magnético no ponto médio entre os ímãs de neodímio, posicionou-se um recipiente plástico com água potável e limalhas de ferro entre os ímãs para avaliar a dispersão tridimensional do campo magnético neste meio.

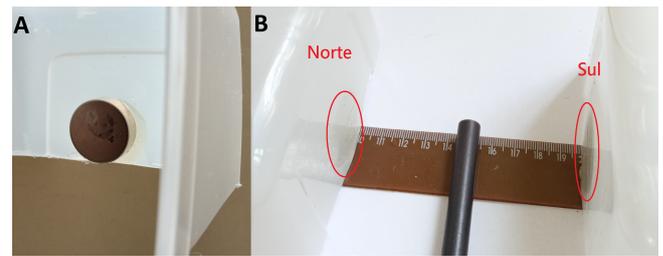


Figura 2. Arquitetura laboratorial para medição de campo magnético entre ímãs de neodímio posicionados à diferentes distâncias por meio de sua fixação em aparatos plásticos (A). Os ímãs fixados nas estruturas plásticas são mantidos equidistantes em relação à sonda para medição de intensidade de campo magnético PHYWE *Teslameter* (B).

Com o intuito de avaliar a intensidade do campo magnético gerado pelos ímãs de neodímio em um ambiente mais próximo aos sistemas de cultivo da EMA-FURG, um experimento foi realizado como alternativa metodológica através de um aquário com dimensões 300x500x300mm (LXCXA) para imersão da sonda *Teslameter* em meio aquoso de criação dos camarões (água salgada proveniente de sistemas de cultivo BFT da EMA).

Este experimento tem como objetivo verificar a intensidade de campo magnético em um sistema BFT. Garante-se, dessa forma, que os camarões posteriormente inseridos neste meio sejam expostos à um campo magnético apropriado gerado por ímãs de neodímio fixados nas paredes externas do aquário. Esta fixação é realizada no centro do menor lado e à 10mm do fundo do aquário de forma a obter uma distância de aproximadamente 50cm entre os ímãs.

### 4. RESULTADOS

Os experimentos realizados mediram a densidade de campo magnético em duas situações distintas: sonda distante de um único ímã de neodímio e sonda equidistante de dois ímãs de neodímio (centro). A definição para o experimento inicial fundamenta-se na obtenção de um campo magnético de aproximadamente 160uT (1,6G) que, segundo Gonçalves (2014), foi capaz de atrair e reduzir a atividade dos camarões durante experimentos laboratoriais. Os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 referem-se à medição do campo magnético produzido por um e dois ímãs de neodímio equidistantes, respectivamente. O *Teslameter* foi calibrado (zerado) no início de cada experimento. Cabe ressaltar que cada ímã de neodímio utilizado em contato direto com a sonda (distância = 0 mm) gerou uma densidade de campo magnético de aproximadamente 250mT (2500G) sendo, portanto, a distância da sonda de medição em relação ao ímã de neodímio o fator de alteração do campo magnético aplicado aos camarões.

Tabela 1. Sonda medindo campo magnético gerado por um ímã de neodímio.

Distância sonda x ímã [mm]	B [mT]
300	0,65
200	2,02
150	4,30
100	12,17

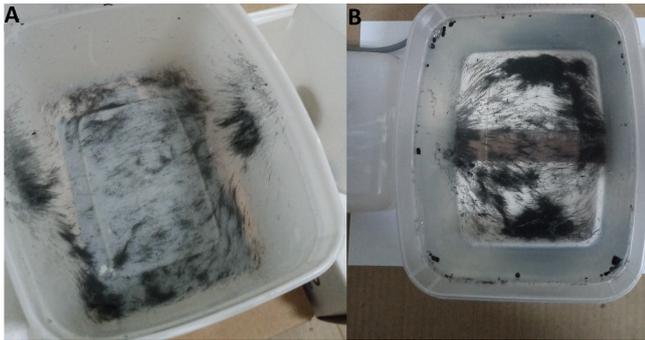


Figura 3. Observação da distribuição das linhas de campo magnético por meio do emprego de limalhas em meio aquoso (água potável) (A). Vista superior da distribuição (B).

Comparando-se as Tabelas 1 e 2 observa-se a vantagem da utilização de dois ímãs de neodímio equidistantes na geração de um campo magnético. Vale ressaltar que não houveram resultados diferenciados para os meios aquosos testados: água potável, água do mar e água do mar proveniente de um sistema BFT (água de cultivo). Ademais, o campo magnético gerado não sofreu alterações em função dos aparatos plásticos e de vidro (aquário) utilizados.

As linhas de campo magnético puderam ser observadas tanto no ar como em meio aquoso (água potável) através de limalhas de ferro submersas. Diferentemente do experimento realizado por (Gonçalves, 2014), no qual as linhas de campo magnético geradas eram paralelas em virtude da configuração de Helmholtz e do grande diâmetro das bobinas empregadas (Figura 1), observa-se na Figura 3 que as linhas de campo magnético produzidas sofreram uma deformação devido ao pequeno diâmetro dos ímãs de neodímio empregados. As limalhas depositaram-se no fundo do líquido não sendo observada a dispersão tridimensional do campo magnético em meio aquoso.

O resultado do experimento com ímãs de neodímio e água proveniente de cultivo BFT pode ser observado através da Figura 4. Nota-se que, independente da altura de coluna de água empregada, o campo magnético no centro do aquário foi de 0.18mT (180uT ou 1,8G).

## 5. DISCUSSÕES

O presente trabalho abordou os resultados preliminares acerca do uso de campos magnéticos gerados por ímãs de neodímio na construção de um sistema de atuação comportamental em sistemas de cultivo de camarão *Litopenaeus Vannamei*. Comparando os sistemas geradores de campo magnético através de bobinas circulares na configuração de Helmholtz e emprego de ímãs de neodímio observa-se que o diâmetro dos geradores é decisivo para geração de linhas de campo magnético uniformes. Para os trabalhos

Tabela 2. Sonda centralizada medindo campo magnético gerado por dois ímãs de neodímio.

Distância ímã x ímã [mm]	B [mT]
300	1,20
200	3,61
150	7,64
100	20,10

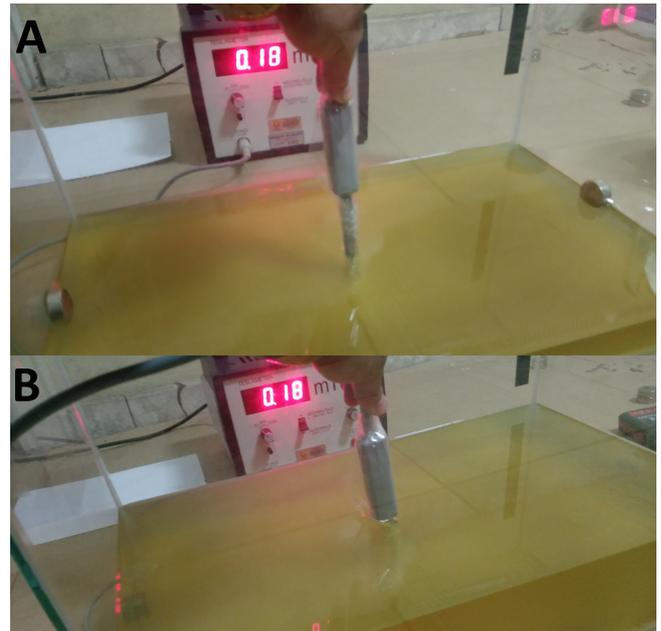


Figura 4. Emprego de aquário com água proveniente de sistemas BFT de cultivo de camarão branco do pacífico. Em (A) os ímãs foram parcialmente submersos gerando um campo magnético de 0.18mT (180uT). Em (B) os ímãs estão totalmente submersos e produziram a mesma intensidade de campo magnética.

futuros serão implementados sistemas de geração com três ímãs de neodímio equidistantes em cada face do aquário (um ímã de cada lado do ímã atual) com o intuito de produzir linhas de campo magnético paralelas de modo a obter um campo magnético uniforme ao longo do aquário (duas dimensões). Após obter tais linhas e densidades de campos magnéticos uniformes, serão utilizados camarões no interior do aquário em sistemas semelhante ao habitat de criação. Assim, pretende-se controlar o pH, o oxigênio dissolvido e a temperatura para observar a orientação dos animais e a possível redução de sua atividade de locomoção para viabilizar o emprego de sistemas de visão computacional em sistemas de cultivo BFT com alta estocagem de animais, turbidez e quantidade de partículas suspensas.

## 6. CONCLUSÃO

Os experimentos realizados conseguiram alinhar as ideias inicialmente propostas em função de um sistema que poderá inferir, inicialmente, a biomassa a partir de um sistema de visão computacional. Já pode-se verificar a importância da geração de campo magnético uniforme no aquário do experimento e que outras variáveis devem ser consideradas antes da exposição dos animais ao campo magnético sugerido. Embora embrionário o trabalho aqui apresentado é de extrema importância para o sequenciamento do sistema proposto dadas as condições necessárias para o propósito final. É importante destacar que a contribuição inicial foi parâmetro para incluir outras variáveis que alteram o comportamento tático dos camarões tais como a luminosidade e a salinidade do meio aquoso de criação.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer o auxílio financeiro fornecido pelo programa de pesquisa e inovação *European Union's Horizon 2020* ao projeto ASTRAL (*All Atlantic Ocean Sustainable, Profitable and Resilient Aquaculture*). Por fim, gostaríamos de agradecer à Estação Marinha de Aquicultura (EMA) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) pelo apoio aos experimentos laboratoriais bem como acesso aos animais e sistemas de cultivo.

Souza, V.H. and Baffa, O. (2013). Biomagnetismo: uma alternativa para o estudo de sistemas biológicos. In *XIII Encuentro de Física*. Quito - Ecuador.  
Thai, T.T.N., Nguyen, T.S., and Pham, V.C. (2021). Computer vision based estimation of shrimp population density and size. In *2021 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEE)*, 145–148. doi:10.1109/ISEE51682.2021.9418638.

## REFERÊNCIAS

- Araujo, D., Carneiro, A.A., Moraes, E.R., and Baffa, O. (1999). Biomagnetismo: nova interface entre a física e a biologia. *Ciência Hoje*, 24–33.
- Avalos, D.A., Leão, P., Abreu, F., and Bazylnski, D. (2018). *Magnetotaxis*. doi:10.1016/B978-0-12-801238-3.95699-X.
- Boksuwan, S., Panaudomsup, S., and Cheypoca, T. (2018). A prototype system to count nursery pacific white shrimp using image processing. In *2018 18th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, 1187–1189.
- Cai, Y., Yuan, W., Wang, S., Guo, W., Li, A., Wu, Y., Chen, X., Ren, Z., and Zhou, Y. (2019). In vitro screening of putative probiotics and their dual beneficial effects: To white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae and to the rearing water. *Aquaculture*, 498, 61–71.
- FAO (2019). Onu: Fome na américa latina e no caribe pode afetar quase 67 milhões de pessoas em 2030. URL <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1297922/>.
- Gonçalves, C.G.B. (2014). *Efeitos do campo magnético artificial sobre o Camarão Litopenaeus vannamei (Penaeidae) e sobre as capturas com covos de peixes e crustáceos no litoral sul de Pernambuco*. Ph.D. thesis, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Liu, F., Li, S., Yu, Y., Sun, M., Xiang, J., and Li, F. (2020). Effects of ammonia stress on the hemocytes of the pacific white shrimp *litopenaeus vannamei*. *Chemosphere*, 239, 124759.
- Muñoz-Benavent, P., Andreu-García, G., Valiente-González, J.M., Atienza-Vanacloig, V., Puig-Pons, V., and Espinosa, V. (2018). Enhanced fish bending model for automatic tuna sizing using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 150, 52–61. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.04.005>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169918300358>.
- Prangnell, D.I., Castro, L.F., Ali, A.S., Browdy, C.L., and Samocha, T.M. (2020). The performance of juvenile *litopenaeus vannamei* fed commercial diets of differing protein content, in a super-intensive biofloc-dominated system. *Journal of Applied Aquaculture*, 1–22.
- Silva, E.C. (2010). *Desenvolvimento de Transdutor Baseado na Fase da Magnetoimpedância Gigante para Medição de Campos Biomagnéticos*. Master's thesis, Programa de Pós-Graduação em Metrologia da PUC-Rio, Rio de Janeiro.
- Sim, T.W. (2018). *Fish-Health Monitoring System Based on Image Processing*. Ph.D. thesis, Tunku Abdul Rahman University College.