

UM PROTÓTIPO PARA MEDIÇÃO E CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA NO CONTEXTO DE SISTEMAS DE PISCICULTURA

Sarah Nogueira dos Santos¹ e Vitor Padilha Gonçalves²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
(sarahsantos204@gmail.com)

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
(vitorpadilha@yahoo.com.br)

RESUMO

Alimentação e qualidade da água são os principais fatores a ser considerados na manutenção de sistemas de piscicultura. No entanto, controlar a qualidade da água é bastante custoso, pois depende de diversos indicadores cujo valores variam com frequência. Automatizar o controle da qualidade da água pode apoiar o piscicultor a otimizar seu trabalho, poupando tempo e perdas (morte e perda de peso dos animais). Com base nisto, o objetivo deste trabalho é detalhar a criação de um protótipo que controla a qualidade da água em sistemas de piscicultura. Para isto, foram utilizados materiais para levantamento dos indicadores de qualidade da água, seus valores, bem como as ações corretivas; dispositivos elétrico/eletrônicos para construção do protótipo; e um meio controlado para teste de seu funcionamento. O protótipo foi desenvolvido com sucesso, gravando dados de temperatura e pH em cartão de memória e acionando dispositivos elétricos para correção da qualidade quando seus valores estão abaixo do limite. Portanto, conclui-se que o protótipo pode ser utilizado em meio acadêmico, produzindo dados para análises científicas e em campo, corrigindo temperatura e pH.

Palavras-Chave: automação, peixe, produção, qualidade da água

ABSTRACT

Food and water quality are the main factors to be considered in the maintenance of fish farming systems. However, controlling the quality of water is very expensive because it depends on several indicators whose values vary frequently. Automating the control of water quality can support the farmers to optimize their work, saving time and losses (death and loss of weight). Based on this, the objective of this study is to detail the creation of a prototype that controls the quality of water in fish

1 Egressa do Curso de Eletrotécnica do IFAM Campus Presidente Figueiredo.

2 Mestre em Informática pela UNIRIO. Docente do IFAM Campus Presidente Figueiredo.

farming systems. For this, materials were used for raising the indicators of the water quality, its values, and the corrective actions as well; electrical / electronic devices to build prototype; and means controlled for its operation test. The prototype was successfully developed, recording temperature and pH data in memory card and activating electronics devices for correcting the quality of water when its values are lower than the limit. Therefore, it is concluded that the prototype can be used in academic groups, producing data for scientific and field analyzes correcting temperature and pH.

Key-words: Automation. Fish. Production. Water Quality

INTRODUÇÃO

A qualidade da água é derivada de diversos fatores que em conjunto definem o quão bom ela é para determinado fim. Segundo Kubitzka (2003), condições inadequadas de qualidade da água prejudicam o crescimento, a reprodução, a saúde e até mesmo a sobrevivência dos peixes. Porém, a qualidade da água é uma característica formada por diversos indicadores, sendo eles: físicos, químicos e biológicos (NOGRUEIRA et al., 2011). No contexto de sistemas de piscicultura, os principais indicadores físicos são a temperatura da água (RIBEIRO, 2016), turbidez (BRAGA, 2002) e o pH (este último um fator físico-químico). Entre os indicadores químicos estão: pH, Oxigênio dissolvido (OD), dureza, amônia, nitritos, nitratos e fósforo. Quanto aos indicadores biológicos, pode-se destacar os coliformes fecais que são bactérias encontradas no intestino dos organismos endotérmicos. Por esse motivo, a presença de coliformes na água é indicadora de contaminação com matéria fecal (STERZ et al., 2011).

De acordo com Silva e Carneiro (2007), a qualidade da água tem influência direta na engorda do *Colossoma macropomum*, popularmente conhecido como Tambaqui. Quanto melhor a qualidade da água, mais rápido o peixe atinge o tamanho e peso ideal para abate. No trabalho em questão, os autores utilizaram os seguintes indicadores de qualidade da água: temperatura, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio dissolvido, alcalinidade, amônia total e turbidez.

Devido à grande quantidade de indicadores, monitorar a qualidade da água da maneira tradicional (manualmente) requer esforço e tempo para a manutenção em sistemas de pisciculturas. Muitas das vezes, devido às dificuldades expostas, o monitoramento e a correção da qualidade da água não são feitos ou, caso ocorra, não são feitos em intervalos adequados. Um sistema que automatize este processo pode apoiar na manutenção de sistemas de piscicultura, proporcionando um melhor rendimento produtivo e reduzindo custos, pois os indicadores podem influenciar na quantidade de alimentação a ser disponibilizada à criação de peixes

(AGOSTINHO et al., 2011). Neste sentido, o uso de dispositivos de automação pode compor e gerenciar um sistema automatizado para sistemas de piscicultura.

Segundo Margolis (2011), o Arduíno é um micro controlador que tem sido muito utilizado por estudantes e engenheiros para criação de uma variedade de objetivos e protótipos para interagir com o mundo real. Este micro controlador é programável e pode ser utilizado para trabalhar com sensores, motores, cartões de memória, luzes e sons, para comunicação com outros dispositivos através de rede sem ou com fio.

Sistemas de automação têm surgido como ferramenta para apoio de atividades rurais. Na área de agricultura, Cunha e Rocha (2015) propõem um sistema de irrigação automatizado voltado para agricultura familiar, com baixo custo e acessível para o produtor. No trabalho, os autores utilizam do Arduíno como controlador do dispositivo que lê informações de sensores de umidade do solo e aciona uma bomba de irrigação quando os parâmetros de umidade estiverem fora de um intervalo de normalidade.

No contexto da Piscicultura, já existem na literatura alguns trabalhos que tratam o problema de automatização de processos manuais em sistemas de piscicultura. As principais abordagens desse assunto são: (1) controle de alimentação e (2) monitoramento e/ou controle de qualidade da água.

Neste trabalho, o objetivo é descrever o processo de montagem de um protótipo que, exclusivamente, controle a qualidade da água. Para a parte teórica deste trabalho, a busca de pesquisas relacionadas à automatização para controle de qualidade da água encontrou poucos trabalhos que tratam do problema. Entre eles, destaca-se principalmente dois: BECK et.al (2006) e JÚNIOR et. al (2015).

No trabalho de BECK et.al (2006), os autores criaram um protótipo para medir e controlar a qualidade da água em um ambiente controlado (aquário) utilizando um microcontrolador ATmega8. No projeto, também adicionaram um sistema para alimentação dos peixes de forma automática. Utilizando de sensores para medir temperatura, pH, pressão (nível da água) e turbidez, programaram para disparar ações que pudessem controlar estes fatores de qualidade da água. Estas ações são: (1) Para a temperatura: ligar um sistema de 3 resistores de 110v utilizando um sistema de relé quando a temperatura estiver baixa; (2) Para o pH: acionar bombas dosadoras com alcalinizante e acidulante para corrigir o pH e manter ele estável em um valor desejado; e (3) Para o nível da água: acionavam um sistema ligado à rede de água que enchia o aquário quando o nível da água estava baixo. Para a turbidez, os autores não relatam nenhum tipo de ação. Apesar de não ler o oxigênio na água, os autores afirmam que utilizaram um sistema de oxigenação disparado em intervalos de 12 horas. Com este dispositivo, os autores afirmam que conseguiram manter a qualidade da água em um aquário com o mínimo de intervenção manual.

No trabalho de JÚNIOR et. al (2015) os autores construíram um protótipo

com objetivo de leitura dos indicadores: temperatura, condutividade e turbidez da água. Os valores são lidos por sensores e enviados para um smartphone através de uma placa Seeeduíno ATmega 168, similar ao Arduíno, porém com um módulo GPRS. Um aplicativo no smartphone lê a mensagem e formata para apresentação ao usuário.

Neste projeto, o objetivo foi descrever o processo de construção de um protótipo que lê informações de temperatura e pH da água e guarda as informações em um cartão de memória. Por se tratar de um sistema de automatização que será implantado em meio rural, muitas das vezes não há cobertura GSM disponível na propriedade a ser utilizado, impossibilitando enviar mensagens por celular. Com base nisso, o protótipo guarda informações que podem ser importadas em planilhas eletrônicas para análise dos dados. Para construção do protótipo, alguns sensores pré-fabricados para Arduíno serviram para medir os indicadores de qualidade de água anteriormente expostos. A partir da leitura, o dispositivo aciona relés que acendem luzes que poderiam ser substituídas por um aquecedor da água (controle de temperatura) ou uma bomba de renovação de água (controle de pH).

1. MÉTODO OU FORMALISMO

Para construção do protótipo, o projeto foi dividido em quatro fases. Na **primeira fase** foi realizado um levantamento junto com os três professores da área de engenharia de pesca do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) – Campus Presidente Figueiredo. Esta fase teve objetivo de capturar quais seriam os indicadores importantes para se definir a qualidade da água e seus impactos em sistemas de piscicultura. Para cada indicador, o preenchimento de uma ficha serviu para obter informações relativas aos indicadores. Essas informações descritas foram obtidas para a espécie *Colossoma macropomum*. As informações da ficha são: (1) Limite de normalidade; (2) Impactos ocasionados por valores impróprios; e (3) ações a serem tomadas quando o indicador se encontra fora do limite.

Na **segunda fase** foi iniciada a construção do protótipo utilizando o micro controlador Arduíno UNO. Para comunicação do micro controlador com sensores e módulos, um circuito impresso foi criado utilizando o programa KiCad versão 4.0.2. O circuito foi projetado para suportar: (a) um sensor de temperatura da água (DS18B20), (b) um sensor de pH (PHsensor v1.1); (c) um módulo de cartão de memória microSD para armazenamento dos dados lidos; (d) um módulo Real Time Clock RTC DS1307 com objetivo de obter o horário de leitura dos sensores; e (e) 2 relés para acionamento de dispositivos para correção de algum indicador com valor fora da normalidade. Duas lâmpadas simularam o funcionamento das ações disparadas pelo protótipo. A imagem a seguir mostra o projeto do circuito impresso

em 3D.

Antes de fabricar o circuito impresso, o Arduino foi conectado aos sensores através de uma placa Arduino Sensor Shield V4.0, um Protoboard e barras de pinos de 2,54 mm de passo.

É importante ressaltar que nem todos os indicadores levantados foram utilizados no projeto devido, principalmente, por dois fatores: (1) não existem sensores de leitura compatíveis com Arduino no mercado; (2) restrição financeira. A Figura 1 mostra os componentes eletrônicos utilizados para montagem do protótipo.

FIGURA 1

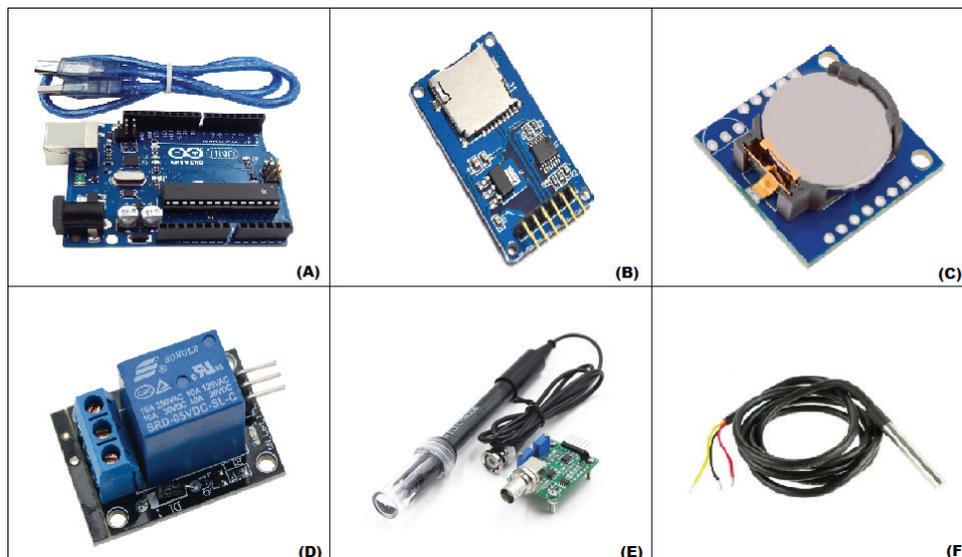


Figura 1. Componentes eletrônicos utilizados no projeto: (A) Arduino Uno R3; (B) Módulo para leitura e gravação de dados em cartão de memória; (C) Módulo clock para fornecer o horário da leitura; (D) Relé para alimentação 110v; (E) Sensor de pH, e (F) Sensor de Temperatura.

Fonte: Adaptação feita pelo próprio autor de imagens de produtos à venda pelo site Ebay (www.ebay.com)

Para a construção da placa impressa foi utilizada uma placa de fenolite virgem e cobreada nas duas faces. Para transferência do modelo para montagem da placa, foram utilizadas duas estratégias para impressão. Na primeira estratégia foi impresso em papel para sublimação e transferido para placa a partir do aquecimento do papel com ferro de passar roupas (modelo Mondial F-32) em temperatura máxima. Na segunda estratégia foi utilizada a técnica de Silk-Screen para transferência por tela. Para isto, foram utilizados os seguintes materiais: (1) tela em poliéster de 77 fios; (2) Emulsão para Foto (Solvente) azul, da marca Satélite; (3) sensibilizante, da marca Satélite; (4) tinta sintética branca, da marca Gênese,

(5) papel vegetal para impressão do projeto. Para formar as trilhas, o percloro de ferro anidro serviu para corroer a placa de fenolite. Para conexão dos componentes, jumpers de 1,65 mm foram soldados à placa perfurada. Seis resistores de 220 Ω e um de 4,7k Ω foram utilizados para alteração da tensão para sinais dos sensores de pH e de temperatura.

Com o projeto físico montado, na **terceira fase** foi planejada a criação da parte lógica do protótipo. Para isto, o Arduino Integrated Development Environment serviu como ambiente para programação do projeto e integração dos componentes eletrônicos. Nesta parte do projeto os sensores foram calibrados para mostrar os valores corretos. O laboratório interdisciplinar do IFAM - Campus Presidente Figueiredo serviu para calibração destes sensores, pois a calibração já era feita em sensores de pH da instituição.

Já com o protótipo pronto, a quarta fase teve objetivo de testar o protótipo. Para o teste, a definição dos valores para os indicadores de qualidade da água teve como base o trabalho de Silva e Carneiro (2007).

Tendo como base a referência bibliográfica supracitada, utilizou-se como limites para a temperatura da água de 25°C a 30°C e para o pH de 6,7 e 7,2. A partir de então, quatro soluções foram utilizadas: (1) **solução 1**: água e pH dentro do limite (temperatura de 28°C e pH de 6,9); (2) **solução 2**: água com temperatura abaixo do limite (23°C) e pH dentro do limite (6,9); (3) **solução 3**: água com temperatura dentro do limite (28°C) e pH fora do limite (6,5); (4) **solução 4**: água com temperatura e pH fora do limite (temperatura de 23°C e pH de 6,5). Para o teste, não foram utilizadas configurações com pH e temperatura acima do limite, pois o protótipo não executa nenhuma ação para correção destes dois fatores quando eles atingem um valor elevado, como será discutido na seção posterior. Os valores das soluções foram medidos utilizando equipamentos calibrados do laboratório interdisciplinar e são os mesmos utilizados em sistemas de piscicultura.

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do projeto são basicamente três: o levantamento das ações a serem automatizadas, a construção do protótipo e o teste do protótipo. O levantamento das ações produziu insumos à construção do protótipo e, como resultado, produziu os dados reproduzidos na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de Qualidade da Água: Impactos e Ações.

Indicador	Impactos	Ação para Valor Acima do Limite	Ação para Valor Abaixo do Limite
Temperatura	Morte ou Perda de Peso	Renovar Água do Sistema	Ligar Aquecedor
pH	Morte ou Perda de Peso	Ligar Bomba Dosadora Acidulante	Ligar Bomba Dosadora Alcalinizante
Oxigênio Dissolvido	Morte ou Perda de Peso	-	Ligar Bomba de Aeração
Turbidez	Propicia doenças. Dificulta alimentação.	-	-
Condutividade Elétrica	Morte ou Perda de Peso	Ligar Bomba Dosadora Acidulante	Ligar Bomba Dosadora Alcalinizante

Com o levantamento das ações para automatização, o projeto foi montado para disparar as ações para correção de indicadores de qualidade da água quanto este valor se encontra fora de um padrão. A Figura 2 exibe a placa gerada pelo KiCad.

FIGURA 2

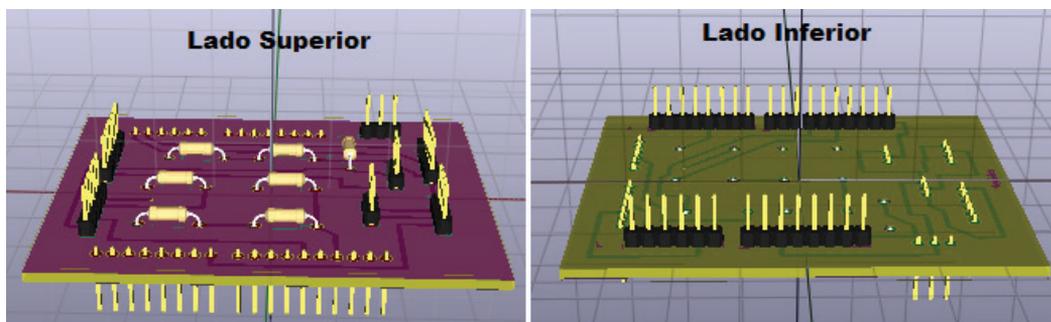


Figura 2. Projeto do Circuito Impresso para o Protótipo.

Fonte: Próprio Autor.

O projeto foi elaborado para encaixar perfeitamente no micro controlador Arduino modelo UNO R3. Para o sensor de pH, os sinais de SCK, MOSI e CS que trabalham à 3,3v, tiveram a tensão alterada com o uso de dois resistores (um de 1k Ω e um de 510 Ω) como divisor de tensão em cada sinal. O sensor de temperatura é

ligado em paralelo entre o negativo e o sinal.

Com isto, o modelo foi impresso em tela *Silk Screen*. A impressão ocorreu na própria instituição utilizando papel vegetal com o circuito impresso e luz solar. Após isto, o modelo foi transferido para a placa fenolite utilizando tinta sintética. Em seguida, a placa foi mergulhada em percloreto de ferro anidro e a parte sem tinta foi corroída. Desta forma, somente a parte com tinta tem capacidade de transmitir corrente elétrica e, assim, o circuito elétrico foi montado. Após a corrosão, a placa foi perfurada nos locais onde as barras de pinos foram soldados para encaixe dos sensores, módulos e Arduino. A Figura 3 mostra o hardware do protótipo montado junto com os sensores.

FIGURA 3

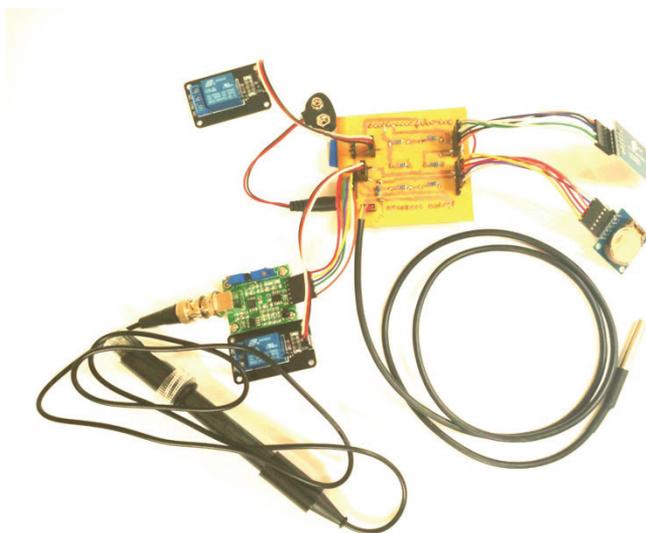


Figura 3. Protótipo conectado aos sensores, aos módulos e ao Arduino (abaixo da placa).
Fonte: Próprio Autor.

Após construção da parte física do projeto foi iniciado o desenvolvimento do software responsável pelo controle, leitura e acionamento dos componentes elétricos ligados ao Arduino. O software construído possui as seguintes características (funcionalidades): (1) Em intervalo de 1 minuto é armazenado no cartão de memória a informação de Ph e temperatura da água com o respectivo horário de leitura; (2) Caso a temperatura da água esteja abaixo de 25°C, o relé 1 é acionado (conectado um aquecedor, por exemplo); (3) O relé 1 é desarmado quando a temperatura da água atinge 28°C; (4) Caso o pH assuma valor abaixo de 6,7, o relé 2 é acionado (conectado uma bomba dosadora com alcalinizante, por exemplo); (4) O relé 2 é desarmado quando o pH da água atinge o valor de 7,0.

É possível observar que não houve resposta para pH com valor acima de 7,2. Pois, a água fluvial é naturalmente ácida na região de Presidente Figueiredo – AM, devido a composição do solo. Com base nisto, não criamos mecanismos que corrijam água com valores elevados de pH. Também não há ação para diminuir a temperatura quando ela atinge valores acima do limite de 31°C.

Para teste do protótipo, foram ligadas duas lâmpadas aos relés e mergulhou-se os sensores (temperatura e pH) nas quatro configurações de solução (explanadas na seção de Materiais e Métodos). Para a solução 1, nenhum dos relés foi acionado. E quando estavam acionados, por estarem mergulhados anteriormente em outra solução, eles eram desarmados. Ao mergulhar os sensores na solução 2 somente o relé 1 foi acionado. Ao mergulhar os sensores na solução 3 somente o relé 2 foi acionado. E, ao mergulhar os sensores na solução 4 os dois relés foram acionados. Após leitura do cartão de memória, verificou-se que os dados apresentavam tabulados e informando os dados de pH e temperatura. Com isto, o protótipo funcionou de acordo com o esperado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a construção e testes do protótipo realizados com sucesso, conclui-se que o dispositivo poderá ser utilizado em sistemas de piscicultura, permitindo a diminuição da morte e perda de peso por baixa temperatura e/ou pH. Além disto, trata-se de um dispositivo de baixo custo. Por gravar dados em cartão de memória, também permitirá criar um banco de informações que permitirá pesquisas futuras, principalmente sobre os indicadores qualidade da água (mais precisamente temperatura e pH) em sistemas de piscicultura.

Por falta de recursos financeiros, outros indicadores de qualidade da água, que não temperatura e pH, não foram considerados neste projeto. No entanto, o conhecimento adquirido permitirá que este protótipo evolua e incorpore novos indicadores e funcionalidades.

Como proposta para trabalhos futuros, temos como objetivo: (a) construir uma estrutura de proteção dos componentes eletrônicos do protótipo, uma capa; (b) incorporar novos sensores indicadores de qualidade da água e alterar o programa para ler e acionar ações; (c) criar uma interface para configuração dos intervalos dos valores dos indicadores; e (d) desenvolver um website que permitirá ler o arquivo no cartão de memória e apresentar os dados em gráficos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, C. A. et al. Inovações no manejo alimentar de tilápias. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 11, 2011, Maceió. **Anais**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas. p. 8.

BECK, J. C. P. et al. Automação e Controle de Tanque para Piscicultura. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. 24, 2006, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, setembro de 2006, 6.1-6.3.

CALIL, B. M. **Automação de Piscicultura em Tanques Artificiais**. 2005. 58 f. Dissertação (Mestrado em Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Taubaté, Universidade de Taubaté, 2005.

KUBITZA, F.. **Qualidade da Água no Cultivo de Peixes e Camarões**. 1. ed. Piracicaba: Editora Kubitza, 2003. 229 p.

JUNIOR, C. R. da S.; ALVES, A. R; CORREIA, L H. O Uso do Celular no Monitoramento do Ambiente de Piscicultura. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 10, 2015, Ponta Grossa. **Tecnologia Móvel no Agronegócio**. anais... Ponta Grossa: Ed. Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MARGOLIS, M.. **Arduino Cookbook**. 2 ed. Sebastopol: O’Reilly, 2011. 662 p.

NOGRUEIRA, É. da C. et al. Monitoramento da Qualidade da Água de um Viveiro de Cultivo de Tilápia do Nilo. *In*: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15, 2011, São José dos Campos. **Anais**. São José dos Campos: Ed. Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

RIBEIRO, R. R.. **Automação do Fornecimento de Ração para Organismos Aquáticos**. 2016. 77 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2016.

SILVA, C. A.; CARNEIRO, P. C. F. **Qualidade da Água na Engorda de Tambaqui em Viveiros sem Renovação da Água**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, agosto/2007.

STERZ, C.; ROZA-GOMES, M. F.; ROSSI, E. M.. Análise microbiológica e avaliação de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água do Riacho Capivara, município de Mondaí, SC. **Unoesc & Ciência - ACBS**, Joaçaba v. 2, n. 1, p. 7–16, jan./jun.2011.