



AUTOMAÇÃO DE TANQUES PARA AQUICULTURA

Kevin Manoel Guimarães¹, Daniel Lohmann²

Resumo: Este artigo trata do desenvolvimento de um produto para automação de tanques de aquicultura, os quais utilizam sistema de injeção de oxigênio na água através de aeradores. Para tanto, foi feita pesquisa a respeito do estado atual do Brasil em relação ao mercado, tecnologias, mão de obra, entre outros fatores que influenciam a aquicultura, para que se obtivesse o máximo de informações, tendo em vista que é de suma importância que o equipamento seja confiável e ajude da melhor maneira possível o usuário. O produto terá como função principal automatizar os tanques utilizados para criação de animais aquáticos, com base no controle de aeradores, pois um dos principais fatores para o desenvolvimento de animais na água é o oxigênio. Bem como, enviará informações obtidas com relação aos parâmetros da água, para um computador distante do local, sem que o usuário precise se deslocar até os tanques.

Palavras-chave: Aquicultura. Piscicultura. Carcinicultura. Automação. Oxigênio dissolvido.

Abstract: *This article deals with the development of a product for automation of aquaculture tanks, which use an oxygen injection system in the water through aerators. To do so, research was done on the current state of Brazil in relation to the market, technologies, labor, among other factors influencing aquaculture, in order to obtain maximum information, since it is of the utmost importance that the equipment is reliable and helps the user in the best way possible. The main function of the product is to automate the tanks used for aquatic animals, based on the control of aerators, because oxygen is one of the main factors for the development of animals in water. As well, it will send information obtained regarding the parameters of the water, to a remote computer of the place, without the user having to move to the tanks.*

Keywords: Aquaculture. Pisciculture. Automation. Dissolved oxygen.

¹ Especialista em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos, IFSC/Florianópolis, <kevinsiob@hotmail.com>.

² Professor do Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN), IFSC/Florianópolis <daniel.lohmann@ifsc.edu.br>.

1 INTRODUÇÃO

A produção ou criação de animais aquáticos se dá pelo nome de aquicultura ou aquicultura, no caso específico dos peixes, damos o nome de piscicultura. A piscicultura atualmente é responsável por mais de 50% da produção de peixes consumidos pela população mundial.

No Brasil esta atividade vem crescendo em ritmo acelerado. Segundo Martins (2016), o principal fator para esse alto índice se dá devido a sua lucratividade em alto grau, proporcionando um rápido retorno de investimento.

Contudo, muitas pessoas que decidem investir atualmente em aquicultura não possuem instrução suficiente para uma produção de qualidade e baixo custo. Cultua-se em entre estas a existência uma "receita de bolo" para criação

dos peixes, mas, muitas vezes, o piscicultor faz exatamente a mesma coisa em dois tanques diferentes e o resultado é diverso, um dá certo e outro não (OSTRENSKY, 1998).

Cumpra ressaltar que uma boa parte dos produtores brasileiros, ainda não possui condições financeiras para se tornar um empresário rural, o que corresponde a preocupar-se com questões comerciais, por exemplo, e contratar um profissional para desenvolver as questões técnicas, que envolvem produtos químicos, ração, parâmetros da água, número de peixes, entre outros fatores. Na maioria das vezes o produtor tenta conciliar tanto os aspectos comerciais, quanto a parte técnica.

No entanto, ter uma qualidade técnica não se trata somente dos produtos citados acima, ou de colocar certo número indicado em um tanque, é

preciso ter equipamentos e disciplina para monitorar e corrigir rotineiramente a qualidade da água, sendo o oxigênio dissolvido um fator limitante em produções de alta densidade, o que ocorre na maioria das vezes (KUBITZA, 2014).

Diante do atual quadro da aquicultura no país, o presente artigo propõe a implementação de um sistema de controle automático de tanques para um desenvolvimento mais satisfatório da aquicultura, visando minimizar os problemas com relação a qualidade da água, como, o nível de oxigênio dissolvido e a temperatura da água estarem desregulados para criação de uma certa espécie. Em como, a mínima intervenção do homem ao sistema de produção, facilitando-o.

Pelo exposto, o objetivo trata-se de automatizar o processo de criações de peixes que utilizam tanques para o crescimento e desenvolvimento dos mesmos, com base na automatização do controle de aeradores, os quais informam instantaneamente a situação atual dos tanques, sem que seja necessário ir até o local. Com isso, o produtor terá uma redução de custos de monitoramento manual e mão de obra, ocasionando, conseqüentemente, em um aumento da produtividade, devido também, a melhor qualidade da água proporcionada pelo sistema (HIGGINS, 2014). Ainda, o produtor brasileiro terá uma redução de custos com relação a manutenção e importação, pois produtos como este no país, atualmente, são todos importados.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, inicialmente, foram realizadas pesquisas bibliográfica e pesquisa documental, bem como, realizada uma análise de mercado, a fim de obter maiores informações sobre as tecnologias envolvidas na área do projeto a ser desenvolvido. Com essa primeira parte da pesquisa finalizada, iniciou-se o trabalho de desenvolvimento do firmware e, paralelamente, do hardware. O desenvolvimento do hardware se deu com a definição do circuito e desenho do layout da placa, visando um produto resistente e de alta durabilidade. Ademais, o desenvolvimento do firmware foi feito para que o produto seja de simples operação, porém, confiável e robusto. Com a finalização do hardware e firmware, foram iniciados os testes precursores, para que, após a efetuação de possíveis correções necessárias, dê-se início aos testes finais e em campo, para a validação do produto.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Contextualização

Segundo Martins (2014), a aquicultura é a criação de organismos que têm na água o seu normal ou mais frequente meio de vida. Bem como, discorre que se trata de uma atividade econômica em plena expansão no Brasil e no mundo.

De acordo com o Plano de Desenvolvimento da Aquicultura – PDA (2015), a produção mundial de pescado em 2012 foi de 158 milhões de toneladas, dentre os 158 milhões, 136,2 milhões foram utilizados no consumo humano. Desses 136 milhões de toneladas, 51,1% tiveram origem na pesca, enquanto os outros 48,9% tiveram origem na aquicultura. Na década de 1970, a aquicultura era responsável por menos de 1% da produção mundial de pescado para o consumo humano.

Além disso, na publicação Fish to 2030, a FAO estima que em 2030 a aquicultura será responsável por mais de 60% da produção mundial de pescado para consumo humano. Assim, vemos claramente que a tendência dos últimos anos deve continuar nas próximas décadas, com a aquicultura sendo a maior responsável por atender à crescente demanda de pescado em nível mundial.

Novamente, de acordo com o PDA (2015), os peixes são os organismos aquáticos mais cultivados, com uma produção de 44,1 milhões de toneladas, seguidos pelos moluscos, com 15,2 milhões de toneladas, e crustáceos, com 6,4 milhões de toneladas. E, dentre os peixes, os continentais ou de água doce são os mais produzidos via aquicultura, com 38,6 milhões de toneladas em 2012.

Segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura, a produção brasileira de pescado em 2013 foi cerca de 1.241.807 toneladas, sendo que, 61,6% foram de origem da pesca, e 38,4% de origem da aquicultura. Ainda, a aquicultura continental no Brasil é essencialmente representada pela piscicultura. A Figura 1 ilustra a como está dividida a aquicultura brasileira.



Figura 1 - Regionalização da Aquicultura Brasileira

Conforme leciona Martins (2014), com relação a criação de camarões, chamada carcinicultura - ramo específico da aquicultura voltada para a criação de camarão em cativeiro -, a mesma pode ser encontrada tanto na forma de cultivo em águas marinhas ou em água doce.

A carcinicultura é de grande importância em várias regiões do litoral brasileiro, devido ao elevado valor comercial dos produtos. A criação de camarões de água doce é baseada no camarão da Malásia, e o de água salgada, no camarão cinza, sendo que, sua engorda ou recria, é geralmente realizada em viveiros escavados em solo natural ou lagos e lagoas vizinhos a rios e costas (MARTINS, 2014).

A respeito da criação de peixes, chamada piscicultura, Kubitzka (2014) menciona que a tilápia conquistou considerável prestígio entre os consumidores, o que ocasionou no impulsionamento da expansão dos cultivos. Tilápias têm sido cultivadas tanto em tanques escavados como em tanques-rede em praticamente todo o país.

Porém, de acordo com Martins (2014), o brasileiro ainda não é um grande consumidor de pescados se comparado com outros países. Contudo, nos últimos anos, devido a sensível melhoria da renda dos brasileiros e ao fato da perda de competitividade das exportações, o consumo nacional vem crescendo.

O PDA (2015) menciona que o jornal The New York Times, de 1º de fevereiro de 2012, publicou uma reportagem na qual cita que a China, em 2030, terá 600 milhões de pessoas vivendo na classe média. A mesma tendência vem

sendo registrada na Índia, Rússia, Brasil, Indonésia, México e em vários países do mundo. Esse aumento no número de pessoas na classe média deve refletir em aumento no consumo de bens e serviços de forma geral. Como consequência disso, o Brasil teve recorde de consumo mundial de pescado per capita em 2012, com 19,2 kg de pescado por habitante. Ou seja, o Brasil possui um enorme mercado a atender, com ampla demanda por pescado e, desta forma, tendo em vista que a pesca não poderá suprir esse carência em sua totalidade, a aquicultura será a responsável por possibilitar a oferta. Na figura 2 podemos observar um gráfico da evolução da pesca e aquicultura.

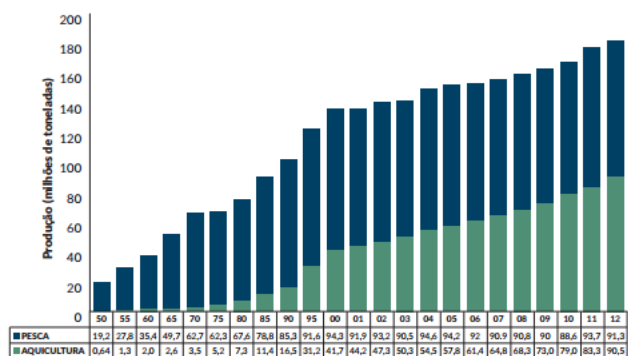


Figura 2 - Evolução da pesca e aquicultura

De acordo com o SEBRAE (2015), em 1995, a produção mundial através da pesca foi de 92 milhões de toneladas, enquanto a aquicultura foi de 31 milhões de toneladas, cerca de um terço da pesca extrativa. A taxa de crescimento da aquicultura mundial tem se mantido a uma média de cerca de 8% ao ano, durante os últimos 30 anos, enquanto o crescimento da pesca extrativa tem sido praticamente nulo, mantendo-se estável nas últimas décadas.

3.2 Oxigênio na aquicultura

Segundo Ostrensky (1998), o oxigênio é de suma importância para vida dos organismos aquáticos. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água podem causar atraso no crescimento, redução na eficiência alimentar dos peixes, aumento na incidência de doenças e na mortalidade dos peixes, o que resulta em sensível redução na produtividade dos sistemas aquiculturas. Entender os fatores que afetam a dinâmica do oxigênio nos sistemas aquiculturas é fundamental ao manejo econômico da produção desses organismos.

A temperatura juntamente com o oxigênio deve ser monitorada diariamente em cada viveiro ou tanque de produção. Níveis máximos e mínimos de oxigênio dissolvido normalmente

ocorrem, respectivamente, ao final da tarde e ao amanhecer em viveiros de baixa renovação de água. O monitoramento diário destes valores ajudam a prever a ocorrência de níveis críticos de oxigênio dissolvido, possibilitando a aplicação de aeração de emergência (KUBITZA, 1998).

De acordo com Kubitza (1998) essas flutuações diurnas nos níveis de oxigênio em viveiros acontecem devido ao plâncton. O plâncton é ao mesmo tempo o principal produtor e o maior consumidor de oxigênio nos tanques e viveiros em sistemas de água parada ou de pequena renovação de água. Devido ao balanço entre a atividade fotossintética do fitoplâncton e a atividade respiratória das diferentes comunidades aquáticas (plâncton, peixes e organismos bentônicos), os níveis de oxigênio dissolvido (OD) nos sistemas aquícolas flutuam durante o dia. Quanto maior a biomassa planctônica, maior a amplitude desta variação (figura 3). Caso a concentração de OD chegue a um nível muito baixo, os animais cultivados nos tanques terão dificuldades para seu desenvolvimento normal ou, até mesmo, causando a morte deles.

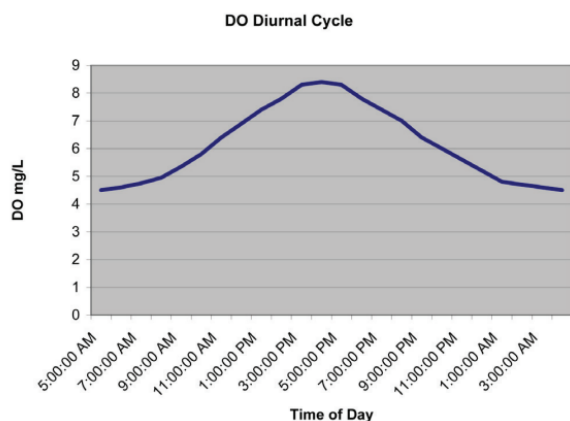


Figura 3 - Variação de OD diária típica

Uma solução para os níveis de OD baixo é a utilização de sistemas de aeração. Estes sistemas podem ser divididos em 3 tipos segundo Kubitza (1998), de emergência, suplementar ou contínua. A aeração de emergência, onde os aeradores são acionados somente quando necessário, ou seja, quando previstos níveis de oxigênio dissolvido que prejudiquem o desenvolvimento normal da espécie cultivada. Quanto a aeração suplementar, consiste no acionamento diário dos aeradores, durante o período noturno, independente da projeção dos níveis críticos de oxigênio dissolvido, pois, durante este período, devido a falta de luz solar, o processo fotossintético do fitoplâncton não ocorre. Os aeradores, neste caso, são desligados quando a luz solar já é capaz de estimular este processo, evitando a saturação no

nível de oxigênio. A aeração contínua, os aeradores permanecem ligados durante todo o cultivo ou apenas nas fases de manutenção de alta biomassa e elevados níveis de arraçoamento. Por isso, a aeração contínua demanda maior consumo de energia e não traz benefício adicional sobre a aeração suplementar ou de emergência em viveiros. A aeração contínua pode ainda causar um aumento excessivo na turbidez mineral da água, prejudicando o desenvolvimento do fitoplâncton, interferindo com a dinâmica do oxigênio dissolvido na água e a remoção de metabólitos tóxicos como a amônia e o CO₂ (KUBITZA, 1998).

3.3 Objetivo e Impacto

Considerando o cenário atual da aquicultura no Brasil e como é de suma importância a qualidade da água, sendo o oxigênio um dos parâmetros mais críticos para o sucesso da produção, o presente projeto tem como objetivo automatizar o processo de criação de peixes que se utilizam de tanques, com base na automatização do controle de aeradores, informando a situação atual dos tanques sem que seja preciso ir até o local. Com isso o produtor terá uma redução de custos de monitoramento manual, bem como, de mão de obra do criador de peixe, havendo aumento da produtividade, devido à qualidade da água proporcionada pelo sistema. Ainda, o produtor terá também redução de custos com relação à economia de energia, manutenção e importação.

4 MERCADO

Atualmente no Brasil a maior parte da aquicultura é feita manualmente, ou seja, os empresários gastam considerável tempo e recurso na seleção de uma mão de obra pouco qualificada e produtiva, além do necessário treinamento específico para realizar as operações de rotina da produção. De acordo com Kubitza (2014) investir na formação da equipe é algo essencial e demanda tempo e recurso. Os treinamentos devem ser voltados tanto aos aspectos práticos da produção e gestão, como as noções básicas de cidadania, saúde, educação financeira e ambiental, contribuindo, assim, não apenas com o aumento na produtividade do trabalho, mas também com conhecimentos que possam ajudar os funcionários na melhor gestão de seus recursos pessoais e a melhor se relacionar com a sociedade e o ambiente.

Mesmo com todo este treinamento e com mão de obra qualificada, podem ocorrer erros,

pois decisões serão tomadas por humanos. Por exemplo, um equipamento de medição não é corretamente calibrado pelo trabalhador do local e acaba-se por informar um valor incorreto.

Outro grande problema se dá em relação a grandes fazendas de criação. De acordo com Higgins (2016), para verificar os parâmetros de fazendas de grande porte seriam necessárias várias pessoas para realizar as verificações dos parâmetros da água, e muitas vezes, demora-se um dia todo para fazer a verificação de todos os tanques. Com isso, quando uma pessoa está verificando o tanque 20, por exemplo, no tanque 1 já pode haver alteração de algum parâmetro.

Em outros lugares como Texas ou Florida, segundo Higgins(2014), a utilização de equipamento para automatizar o processo de criação de camarões está gerando uma grande economia e produzindo-se cada vez mais. No estado do Texas, por exemplo, foi criada um sistema super-intensivo de produção de camarão, para isso a equipe depende de gerenciamento preciso, alta biomassa e biossegurança, para estimular o crescimento notável e reduzir os custos de produção de US\$5,00 para aproximadamente US\$2,00. O período de três meses de crescimento permite quase quatro culturas por tanque por ano. Esta produção foi possível graças a tecnologia utilizada para monitorar os tanques praticamente em tempo real. Os equipamentos enviavam informações de 5 em 5 minutos para central e, de acordo com as informações fornecidas, era possível tomar decisões antecipadamente ao problema, e não somente ações emergenciais.

Os principais equipamentos que realizam operações como estas atualmente são fabricados pelas empresas YSI e OxyGuard, localizadas nos Estados Unidos e Dinamarca respectivamente.

4.1 5400/5500D MultiDOMonitors

Este equipamento foi desenvolvido especificamente para sistemas de aquicultura e foi projetado para monitorar e controlar instrumentos. Dentre suas principais características estão:

- Entradas para até 4 sondas de oxigênio
- Gravação de eventos
- Capacidade de conexão com até 32 equipamentos
- Interface gráfica e menu de navegação de fácil visualização
- Comunicação RS485 e RS232
- Possui 8 saídas através de relays.

Abaixo é possível observar o equipamento (figura 4).



Figura 4 - Equipamento YSI 5500D

4.2 OxyGuard Pacific

O Pacific, da OxyGuard, é um equipamento que mensura, monitora e controla sistemas projetados para criação de peixes. É um equipamento multiparamétrico, modular e pequeno. Ele possui algumas características como:

- Suporta até 20 sondas: com fio ou sem fio
- Possui várias saídas e entradas por relays
- Possui conexões: P-NET, TCP/Modbus, TCP/IP, USB
- Registro de memória interna
- Tela sensível ao toque

É possível adicionar outros módulos expandindo suas funcionalidades, como: módulos de I/O, sondas e entrada analógica. Abaixo é possível observar uma foto do equipamento (figura 5).



Figura 5 - OxyGuard Pacific

Atualmente no mercado nacional não existem equipamentos com funções semelhantes a estas, e, como mencionado anteriormente, produtos como estes são geralmente utilizados para controle de

fazendas de grande porte, o que faz com que o valor agregado deste produto seja muito grande.

Com isso, na atual situação econômica do Brasil, investimentos como estes se tornam praticamente impossíveis para produções de pequeno e médio porte.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Visando a concepção de um produto para automatizar a aquicultura e que seja acessível a realidade do Brasil, o presente equipamento foi projetado pensando em para quem seria utilizado, e onde e como ele seria utilizado.

Através de pesquisa observou-se que, na maioria dos casos, quem precisaria utilizar este tipo de equipamento não possui muita qualificação e treinamento. Observou-se, também, que a principal dificuldade no processo de criação e, como mencionado anteriormente, um dos principais fatores é o oxigênio. Com isso chegou-se aos seguintes principais requisitos para o produto:

- Suportar até 4 sondas de oxigênio. Optou-se por utilizar no máximo de até 4 sondas, pois, elas devem estar conectadas através de fios, e neste caso, com 4 sondas, o equipamento pode ficar entre os 4 tanques, permitindo que o cabo não ultrapasse a distância máxima do cabo das sondas, que poderá ser de até 60 metros.
- Possuir até 4 saídas. Foi escolhido utilizar somente 4 saídas pois como será possível utilizar 4 sondas, sendo 1 saída para cada sonda.
- Possuir uma interface com o usuário simplificada. O equipamento deve ter uma interface com usuário simplificada pois, como o equipamento será utilizado, na maioria dos casos, por pessoas que não possuem muito acesso ou facilidade de lidar com tecnologia, e, caso a interface seja muito complexa, pessoas como estas terão dificuldade em usar o equipamento.
- Comunicação sem fio. A comunicação sem fio é de suma importância para monitoramento em tempo real dos tanques. Em sua grande maioria as casas/fazendas dos criadores não ficam exatamente ao lado dos tanques, e para evitar o uso demasiado de cabos, optou-

se pelo uso de comunicação sem fio.

- Robusto e confiável. O equipamento deve ser robusto e confiável pois como ele poderá controlar criações de alto valor, e caso o equipamento falhe de alguma forma, ou entregue medidas erradas ao criador, poderá se ter uma grande perda.

Após a definição dos requisitos, iniciou-se o desenvolvimento do produto, que foi dividido em 3 etapas, quais sejam: hardware, firmware e os testes.

5.1 Hardware

O hardware do equipamento consiste na integração entre o sensor de oxigênio, interface com usuário, saídas, processamento digital e os periféricos externos.

5.1.1 Sensor de oxigênio

Para a medição do oxigênio dissolvido na água, atualmente, existem 2 principais abordagens utilizadas: sensores eletroquímicos e sensores que utilizam a luminescência.

1. Sensores Eletroquímicos

Segundo FERREIRA (2007), as principais partes do sensor eletroquímico são um anodo, um catodo e uma membrana permeável ao gás. Referido sensor funciona da seguinte forma: o fluxo de oxigênio atravessa uma membrana permeável ao gás, alcançando a superfície de um eletrodo polarizado negativamente em relação ao anodo, ambos os eletrodos imersos em um eletrólito. A corrente gerada pela redução do oxigênio sobre o catodo é proporcional à pressão absoluta do oxigênio fora da membrana. A figura 6 mostra uma sonda de oxigênio eletroquímica.

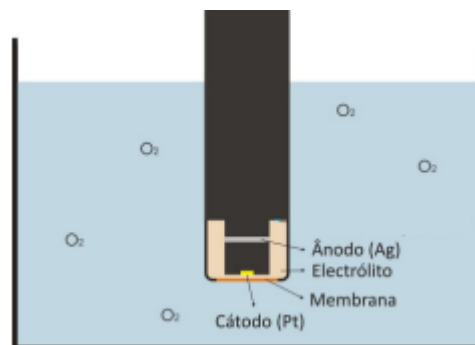


Figura 6 - Sonda eletroquímica

2. Sensores óticos

Também, de acordo com FERREIRA (2007), os sensores de oxigênio óticos são constituídos basicamente por um indicador luminescente e um

sistema óptico. O indicador luminescente sensível ao oxigênio pode estar impregnado em uma membrana ou um sol-gel. O sistema óptico inclui a fonte de excitação (LEDs ou laser), fotodetectores como fotodiodo ou tubo fotomultiplicador, além do sistema de controle e processamento do sinal. Na figura 7 é possível observar o esquema de uma sonda óptica.

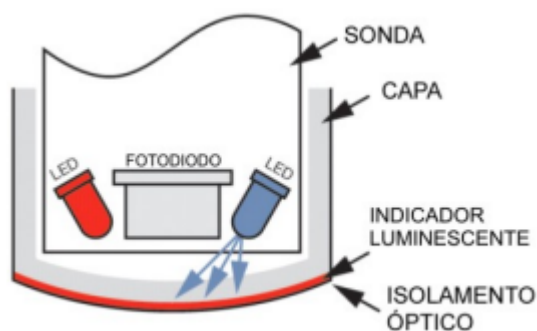


Figura 7 - Sonda de oxigênio ótica

Foi feito um comparativo das sondas dos principais fabricantes afim de definir a sonda que será utilizada.

Tabela 1 - Comparativo sondas de OD

	HI 764080	ProODO Optical	Sonda AT1100
Fabricante	Hanna	YSI	Alfakit
Tipo sonda	Polarográfica	Ótica	Polarográfica
Materiais da Sonda	Platina/Prata	-	Ouro/Prata
Tecnologia	Digital	Digital	Analógica
Preço	370,00 €	US\$670,00	R\$ 470,00

Para o desenvolvimento do presente projeto optou-se pela sonda eletroquímica, pois a mesma apresenta resultados confiáveis e possui um custo mais baixo quando comparado com a sonda óptica.

Em relação a sonda escolhida, trata-se do fabricante Alfakit (figura 8), pois utiliza catodo e anodo de prata e ouro. Isso porque, sondas em que o catodo e anodo são feitos de outros materiais, como platina, não apresentam boa confiabilidade (FERREIRA, 2007), bem como, pelo custo relativamente baixo quando comparada com as sondas das principais fabricantes.



Figura 8 - Sonda Alfakit

Referida sonda da fabricante Alfakit, possui sensor de temperatura interno, bem como, por ser fabricada nacionalmente, conseqüentemente, tem custo reduzido e gastos inferiores com eventuais manutenções se comparada a produtos importados.

5.1.2 Interface com o usuário

A interface com o usuário deve ser o mais simples possível, pois as pessoas que o utilizarão, em sua maioria, irão se tratar de pessoas que não tem acesso/facilidade em lidar com tecnologia. Porém deve também ser completa e robusta, pois, como mencionado anteriormente, o produto muitas vezes ficará exposto a intempéries. Para escolha foi feito um estudo sobre as principais tecnologias, que podem ser observados na tabela abaixo.

Tabela 2 - Comparativo interface com usuário

	Membrana	Push- Botton	Touch- screen
Custo	Médio	Alto	Alto
Tempo de vida	Alto	Médio	Médio
Complexidade	Baixa	Baixa	Alta
Resistencia a Sujeira	Alta	Média	Baixa
Resistencia a líquidos	Alta	Baixa	Baixa

Optou-se por botões de membrana com feedback tátil, por serem de grande durabilidade e adicionarem proteção ao display. Dentre os benefícios deste tipo de teclado, encontram-se o baixo custo de produção, fácil manutenção, vida útil longa e se trata de produto mais resistente à sujeira e a líquidos.

Para escolha do display também foi feito um estudo sobre as principais tecnologias, que pode ser observado abaixo.

Tabela 3 - Comparativo displays

	LCD Alfanu mérico	LCD Gráfico	Gráfico TFT	Gráfico OLED
Custo	Baixo	Médio	Alto	Alto
Complexidade	Baixa	Média	Alta	Alta
Resistência a Sujeira	Alta	Alta	Média	Média
Resistência a líquidos	Média	Média	Baixa	Média

Para o display, foi escolhido um display LCD alfanumérico, de 20x4 colunas e linhas, com luz de fundo, baixo custo e bastante acessível no mercado nacional, oferecendo, ainda, boa durabilidade.

5.1.3 Saídas

As saídas de equipamentos como estes são geralmente utilizadas para acionar outros equipamentos, como alimentadores, alarmes ou aeradores, por exemplo.

Para aplicações como estas existem 2 principais tecnologias para estas funções, os relés e triacs.

Os relés são componentes muito simples de se utilizar e oferecem bastante versatilidade com relação as cargas que podem acionar, tanto AC como DC e permite isolamento do circuito controlado do controlador. Já os triacs geralmente são mais compactos, não geram efeito de EMI devido comutação, mais baratos e consomem menos para acionar.

Porém, foi escolhido utilizar saídas com relés, tendo em vista serem de fácil implementação, oferecerem isolamento dos circuitos, e pelo fato de trabalharem desde tensões baixas até maiores, possibilitando o acionamento de diferentes equipamentos. Neste caso as saídas suportaram tensões e correntes alternadas de até 240V/7A e tensões e correntes contínuas de 24V/10A.

5.1.4 Processamento Digital

O processamento digital consiste nos componentes que farão a união das informações e as disponibilizarão para o usuário.

Neste caso foi escolhido usar um microcontrolador, por se tratar de dispositivo de controle e processamento de dados digitais normalmente utilizado em sistemas embarcados, apresentando boa relação simplicidade de trabalho e poder de processamento. Os microcontroladores

estão disponíveis em várias arquiteturas distintas, onde cada uma se propõe a atuar em um nicho de mercado, possuindo, também, funções específicas, como conversores analógico digital (A/D) e digital-analógicos (D/A), PWM e sistemas de comunicação específicos, entre outras. Os microcontroladores podem ser de 8, 16 ou 32 bits, com custo e poder de processamento diferentes.

Para escolha do microcontrolador, foi feito um comparativo entre os principais microcontroladores de acordo com alguns requisitos, como, pelo menos 32kb de memória de programa, 20 I/Os, I2C, USART, EEPROM, 4 ADCs de pelo menos 10bits, e trabalhar com tensões de 5V.

Tabela 4 - Comparativo Microcontrolador

Microcontrolador	ATMEGA 328P	PIC18F2 52	MC9S08 SH32C WL
Package/Case:	TQFP-32	SOIC-28	SOIC-28
Data RAM Size:	2 kB	1.5 kB	1 kB
Data RAM Type:	SRAM	-	-
Data ROM Size:	1 kB	256 B	-
Data ROM Type:	EEPROM	EEPROM	-
Interface:	I2C, SPI, USART	I2C, MSSP, PSP, SPI, USART	I2C, SCI, SPI
I/Os:	23 I/O	23 I/O	23 I/O
Program Memory Size:	32 kB	32 kB	32 kB
ADC Resolution:	10 bit	10 bit	10 bit
Data Bus Width:	8 bit	8 bit	8 bit
Maximo Clock:	20 MHz	40 MHz	40 MHz
ADC Channels:	8	5	16
Timers/Counters:	3 Timer	4 Timer	2 Timer
Tensão de operação:	1.8 V to 5.5 V	2 V to 5.5 V	5.5 V
Preço (100und):	\$1,44	\$4,18	\$1,93

O microcontrolador escolhido para o projeto, de acordo com os requisitos, foi o ATmega328P, pois, é superior em quase todos os parâmetros e pelo baixo custo.

Juntamente com o microcontrolador, é necessário fazer o condicionamento dos sinais para o nível aceito de tensão. Como as sondas necessitam de uma tensão de aproximadamente 700mV para sua polarização, bem como, que para mensurar o oxigênio dissolvido deve-se ler a corrente gerada nelas, será necessário um circuito auxiliar, que, neste caso, se dará com a utilização

de uma série de amplificadores operacionais, a fim de medir e condicionar os sinais das mesmas.

Ademais, utilizar-se-á um circuito para acionar os relés, pois, como o acionamento será controlado pelo microcontrolador, e os relés podem controlar uma tensão de até 240V/7A – o que é muito superior a tensão do microcontrolador (5V) –, é, portanto, recomendável o isolamento destes circuitos por questões de interferência eletromagnética, posto que o microcontrolador é um componente sensível. Neste caso, será utilizado um opto acoplador.

O opto acoplador funciona como uma chave baseada em sinais de luz, por isso ele é capaz de evitar completamente o contato elétrico entre o circuito controlador e o circuito controlado.

5.1.5 Periféricos externos

Os periféricos são qualquer tipo de placa, circuito integrado (CI) ou circuito, que enviam ou

recebem informações do núcleo principal, que neste caso é o microcontrolador. O microcontrolador já possui vários periféricos internos, como por exemplo, memória, I/Os, USART, entre outros.

No presente projeto, será necessária a utilização de uma memória não volátil para armazenamento de informações de configurações e resultados, bem como, um relógio de tempo real, para que possa ser informado o horário, dia e mês das leituras realizadas.

Para uma melhor visualização de como os blocos se relacionam foi feito o mapa do produto (figura 9), onde (X) significa entrada, (Y) saída, (C) controlado, (N) não controlado e (*) significa crítico.

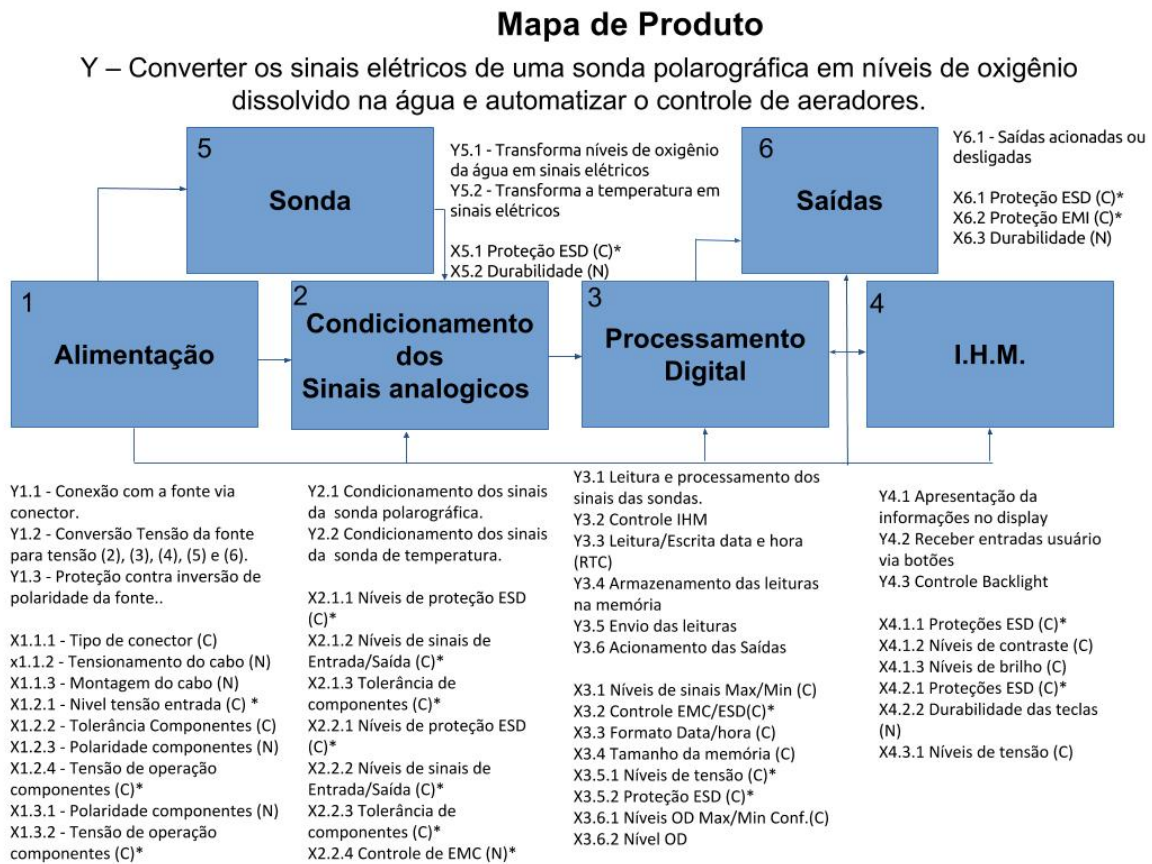


Figura 9 - Mapa do produto

5.2 Firmware

Firmware é o conjunto de instruções operacionais programadas diretamente no hardware do equipamento eletrônico, neste caso programado no microcontrolador. Em outras palavras, pode-se dizer que o firmware é a inteligência do equipamento.

Neste produto, o firmware é responsável pela administração das informações, bem como, por disponibilizá-las de uma forma simples e confiável para o usuário.

O firmware do equipamento foi desenvolvido em linguagem C, obedecendo ao máximo às diretrizes do MISRA C. Segundo Jones (2002), o MISRA C é um conjunto de 127 diretrizes para o uso da linguagem C em sistemas críticos de segurança, estabelecido pela Associação de Confiabilidade de Software da Indústria de Motor do Reino Unido (MISRA - *Motor Industry Software Reliability Association*).

Para auxiliar a programação do firmware foi feito um diagrama de modos que pode ser observado na figura 10.

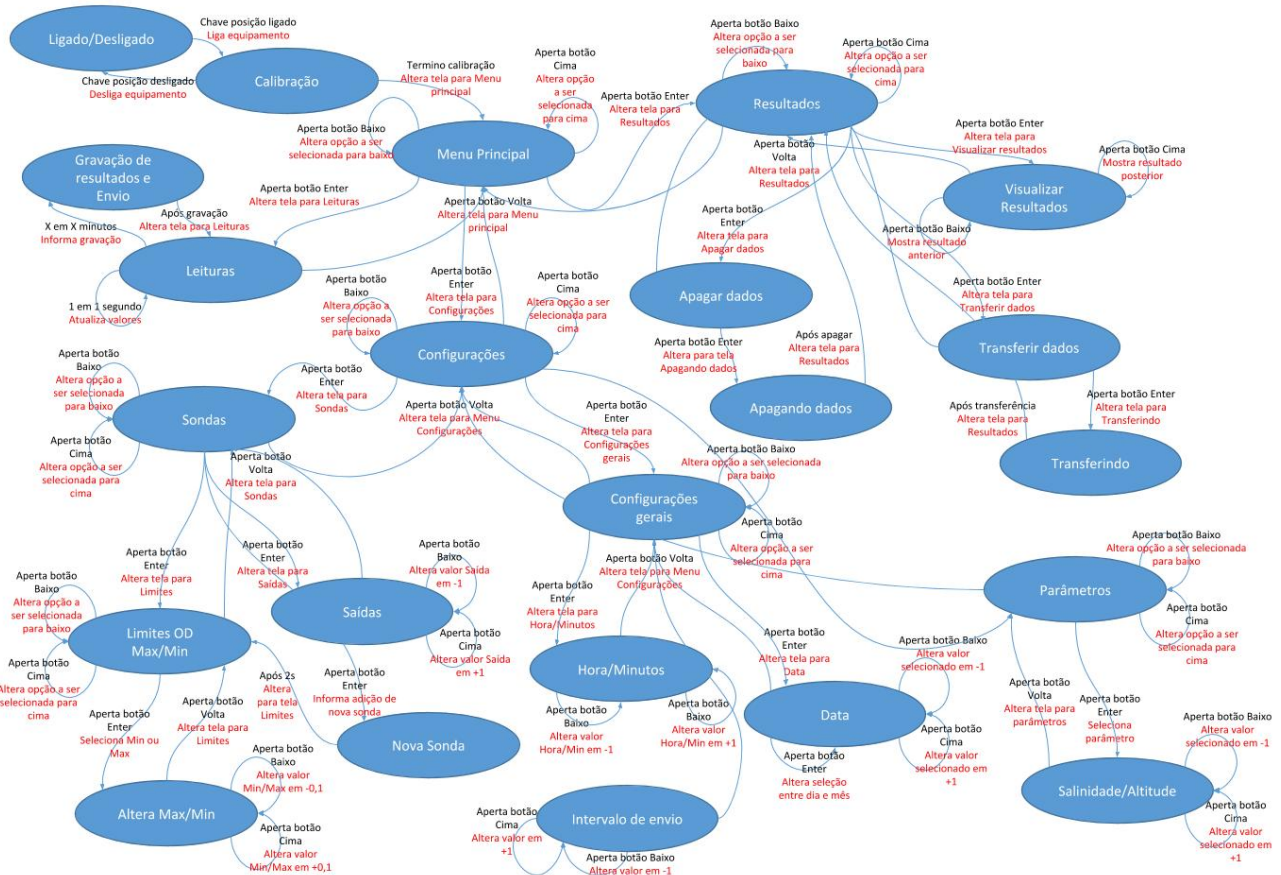


Figura 10 - Diagrama de modos

Ademais, o firmware foi projetado para ser de fácil e intuitivo manuseio baseados em princípios de design como, visibilidade e affordances, bom modelo conceitual, bons mapeamentos e feedback. Para isto foi feito um menu simples, dividido em 3 opções (figura 11), quais sejam: leitura, resultados e configurações.



Figura 11 - Menu principal

- **Leitura**

Nesta opção é possível visualizar as leituras das sondas ativas no momento em tempo real. Para melhor visualização, o equipamento reconfigura a

tela de acordo com o número de sondas que estão sendo utilizadas (figura 12).



Figura 12 - Tela Leituras

• Resultados

Trata da possibilidade de realizar operações com os resultados já armazenados. Tais operações englobam a visualização dos resultados armazenados, transferência dos resultados para um computador, e/ou, exclusão de todos os resultados armazenados (figura 13).

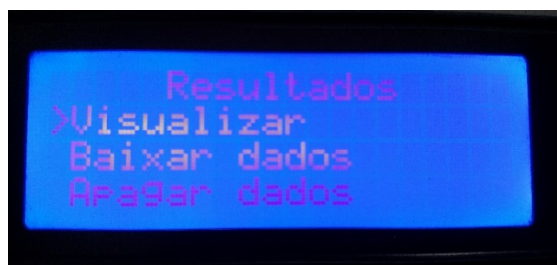


Figura 13 - Tela Resultados

• Configurações

Com tal alternativa pode-se realizar todas as opções de configuração do equipamento. Ela é dividida em 3 outras opções: a) Sondas – onde é possível alterar parâmetros de cada sonda individualmente, como, configurar o nível de OD mínimo e máximo, para que seja ligado o aerador, escolher qual saída deseja associar a sonda e adicionar uma nova sonda; b) Configurações gerais – nesta, é possível alterar parâmetros como data, hora e intervalo de envio das informações; c) Altitude/Salinidade – dispõe sobre a possível alteração dos parâmetros que influenciam nas leituras (figura 14).

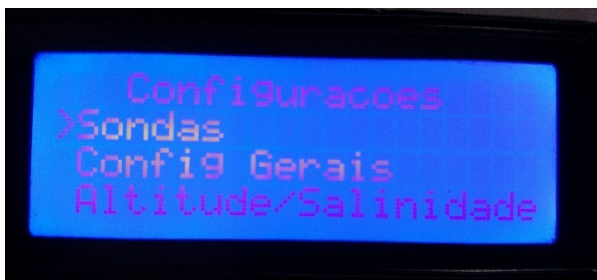


Figura 14 - Tela Configurações

5.3 Testes

Os primeiros testes foram feitos juntamente com uma empresa que possui equipamentos e reagentes para conferência dos resultados.

No teste inicial o equipamento foi ligado com 4 sondas de oxigênio dissolvido, cada uma em um jarro diferente. Cada jarro possuía uma bomba de ar para aquários de potência de 2.5W, ligada a tensão de 220V (figura 15).

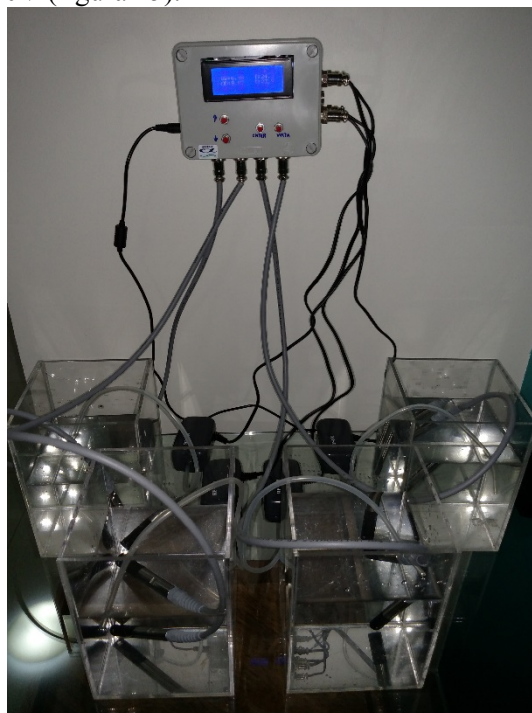


Figura 15 - Primeiros testes

Todas as sondas foram calibradas ao ar livre e inseridas nos jarros. A calibração das sondas é feita de forma automática ao ligar o equipamento. Durante o processo de calibração a sonda deve permanecer no ar, não devendo ser segurada pela parte metálica, pois o calor pode ser transferido para a sonda e interferir nas leituras. O tempo de calibração pode variar de acordo com as características climáticas da região, bem como, pelo estado de conservação da sonda de oxigênio.

Para simular a queda do nível de oxigênio foi utilizado o reagente sulfito de sódio, por se tratar de um sequestrador de oxigênio. Um sequestrador de oxigênio é uma substância química que remove o oxigênio da água, comumente utilizado para inibir o processo de oxidação em água de caldeira.

Quando o nível de oxigênio dissolvido chega ao ponto mínimo programado pelo usuário, o equipamento imediatamente liga a bomba.

Testou-se também a gravação de resultados, o relógio e o envio de informações para o computador. Para este teste, o equipamento foi configurado para que procedesse ao armazenamento dos resultados de 1 em 1 minuto, sendo que, a cada

registro o valor do OD e temperatura de cada sonda são registrados e armazenados, juntamente com a hora, minuto, dia e mês da leitura.

Para transferência dos dados para o computador utilizou-se o software Br@y Terminal (figura 16), porém, poderia se utilizar qualquer software com função de terminal, exemplo, HyperTerminal.

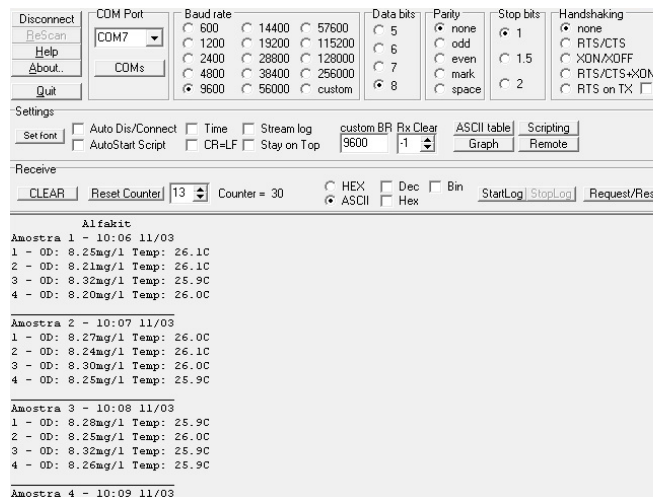


Figura 16 - Dados enviados

Os testes foram de suma importância para verificar se todas as funcionalidades do equipamento estavam laborando corretamente. Após referidos testes, foram corrigidos alguns defeitos no firmware e feitas pequenas alterações no circuito, a fim de proporcionar o melhor desempenho do equipamento.

6 RESULTADOS E TRABALHOS FUTUROS

Com os primeiros testes realizados e corrigidos e feitos os pequenos ajustes necessários, o equipamento irá entrar em uma rotina de testes, para que possa realmente ser comercializado. Referida rotina irá envolver testes de confiabilidade dos resultados obtidos, robustez e durabilidade.

Para os testes serão produzidos 3 equipamentos, os quais serão expostos aos mesmos ambientes. Os equipamentos ficarão no setor de qualidade da empresa Alfakit, sendo que, cada equipamento estará com 4 sondas mergulhadas em aquários com peixes e 1 bomba para injeção de ar, a qual será acionada pelo produto.

Os equipamentos também irão enviar as informações obtidas para um computador. Para verificar se os resultados estão realmente corretos, serão realizadas medidas com equipamentos comerciais com certificado de calibração, em um intervalo de aproximadamente 1 hora, bem como, referidas medidas serão comparadas com os resultados obtidos.

Os testes durarão cerca de 3 a 6 meses, e, após os resultados obtidos e corrigidos possíveis defeitos,

serão feitos novamente os mesmos testes em ambiente real de operação do equipamento. Caso ainda persista algum defeito, o mesmo será corrigido e reiniciado o teste, até que o equipamento esteja totalmente confiável.

Durante referidos testes serão feitos novos estudos, a fim de adicionar melhorias ao produto, tais como:

- **Sistema de autolimpeza das sondas**

Este sistema irá permitir que a sonda trabalhe praticamente todo ciclo de criação sem manutenção, pois, hoje todas as sondas eletroquímicas necessitam de manutenção de aproximadamente 15 a 30 dias. Para exemplificar como este sistema seria importante para o produto final, na figura 17 temos uma sonda depois de 7 dias sem o sistema de autolimpeza, ao lado de uma exposta ao mesmo período de tempo, no mesmo ambiente, com a utilização do sistema de autolimpeza. É claramente possível verificar-se a diferença entre uma e outra, por isso a importância deste sistema (PIEDRAHITA; WONG, 1999).

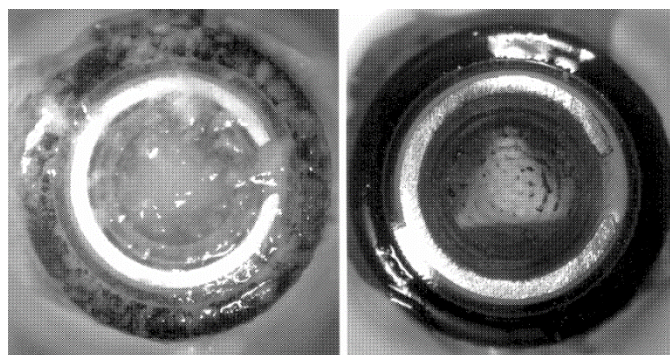


Figura 17 - Comparação entre sondas utilizando autolimpeza e na ausência desta

- **Software para receber dados**

Este software será de suma importância para o usuário, pois facilitará a organização de suas informações e possibilitará a visualização destas através de gráficos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou o estudo e o desenvolvimento de um produto para automatizar a aquicultura no Brasil. Como pode-se observar, referido produto terá grande valor e utilidade, pois, reduzirá custos relacionados a mão de obra e energia. Neste sentido, cumpre ressaltar o exemplo apresentado por Higgins (2013), onde, em uma fazenda pequena nos Estados Unidos, utilizando dois aeradores de 10hp cada e um equipamento de controle semelhante ao desenvolvido, é possível

economizar cerca de US\$1.435.20 por mês. Os valores foram calculados com base nos dados americanos, porém, com estes é possível ter uma base de como um equipamento nestes termos será valioso para o desenvolvimento da atividade de aquicultura com mais praticidade e baixo custo no Brasil, e de sua importância para a ampliação do cenário da aquicultura brasileira.

REFERÊNCIAS

KUBITZA, Fernando. **Demandas para uma produção sustentável de tilápia**. 2014. Disponível em:

<<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=2637>>. Acesso em: 01 mar. 2017.

OSTRENSKY, Antonio. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária Ltda., 1998. 211 p. Disponível em: <<http://projetopecu.com.br/public/paginas/220-livro-piscicultura-fundamentos-e-tecnicas-de-manejo.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

HIGGINS, Patrick. **Automation Leads Organic Shrimp Producer to the Forefront**. 2016. Disponível em: <<https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2016/02/automation-leads-organic-shrimp-producer-to-the-forefront>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

KUBITZA, Fernando. **QUALIDADE DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE PEIXES - PARTE I**. 1998. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/revistas/45/qualidade45.asp>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

KUBITZA, Fernando. **Qualidade da Água na Produção de Peixes - Parte III (Final)**. 1998. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/revistas/47/qualidade.asp>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

HIGGINS, Patrick. **Super-Intensive Shrimp Aquaculture Provides a Look Into the Future**. 2014. Disponível em: <<https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2014/03/super-intensive-shrimp-aquaculture-provides-a-look-into-the-future>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

HIGGINS, Patrick. **Automation Fine-Tunes Aquaculture Production Efficiency and Increases Profits**. 2014. Disponível em: <[https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2014/07/automation-fine-tunes-aquaculture-](https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2014/07/automation-fine-tunes-aquaculture-production-efficiency-and-increases-profits)

[production-efficiency-and-increases-profits](https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2014/07/automation-fine-tunes-aquaculture-production-efficiency-and-increases-profits)>. Acesso em: 20 fev. 2017.

HIGGINS, Patrick. **Pond Based Aquaculture | Dissolved Oxygen Management and Related Costs**. 2013. Disponível em: <<https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2013/04/pond-based-aquaculture-dissolved-oxygen-management-and-related-costs>>. Acesso em: 20 fev. 2017

SEBRAE. **AQUICULTURA NO BRASIL: SÉRIE ESTUDOS MERCADOLÓGICOS**. 2015. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/\\$File/5403.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf)>. Acesso em: 04 mar. 2017

MPA. **PLANO DE DESENVOLVIMENTO DA AQUICULTURA BRASILEIRA - 2015/2020**. 2013. Disponível em: <http://seafoodbrasil.com.br/wp-content/uploads/2015/09/Plano_de_Developmento_da_Aquicultura-2015-2020.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2017

MARTINS, Andre Luiz. **Como montar uma criação de camarão**. 2014. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-criacao-de-camarao,aa197a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 20 fev. 2017

FERREIRA, Marcos Aparecido Chaves. **Desenvolvimento de Sensores de Oxigênio Dissolvido...** 2007. 156 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3140/tde-08012008-161104/publico/Tese_Sensores_OD_revisada.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2017.

THE WORLD BANK. **FISH TO 2030**. 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/019/i3640e/i3640e.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2017

LOMBARDI, Julio Vicente; MARQUES, Hécio Luis de Almeida. **RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA A CRIAÇÃO DE CAMARÕES DA MALÁSIA**. Disponível em: <http://www.aquicultura.br/recomendacoes_tecnicas_para.htm>. Acesso em: 06 mar. 2017

MARTINS, Antonio Castilho. **Como montar um negócio para criação de peixes**. 2016. Disponível em:
<<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-negocio-para-criacao-de-peixes,81287a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 04 mar. 2017.

THE REGENTS OF THE UNIVERSITY CALIFORNIA (Estados Unidos). Raul H. Piedrahita; Kevin B.h. Wong. **METHOD AND APPARATUS FOR PREVENTING BIOFOULING OF AQUATIC SENSORS**. US nº 5,889,209, 18 dez. 1997, 30 mar. 1999. Disponível em:
<<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US5889209.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2017.

JONES, NIGEL. **INTRODUCTION TO MISRA C**. 2002. DISPONÍVEL EM:
<[HTTP://WWW.EMBEDDED.COM/ELECTRONICS-BLOGS/BEGINNER-S-CORNER/4023981/INTRODUCTION-TO-MISRA-C](http://WWW.EMBEDDED.COM/ELECTRONICS-BLOGS/BEGINNER-S-CORNER/4023981/INTRODUCTION-TO-MISRA-C)>. ACESSO EM: 10 MAR. 2017.