



**INSTITUTO FEDERAL
GOIÁS**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E INOVAÇÃO

TELEMETRIA NO MONITORAMENTO E CONTROLE DO AMBIENTE DE PISCICULTURA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás- Campus Inhumas

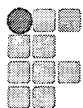
Nome do bolsista: Alisson Rodrigues Alves

Nome do orientador: Carlos Roberto da Silveira Junior

Data de ingresso como bolsista (mês/ano): 08/2012

Nome do curso: Bacharelado em Informática

Período que está cursando: 7º período



TELEMETRIA NO MONITORAMENTO E CONTROLE DO AMBIENTE DE PISCICULTURA

Alisson Rodrigues Alves¹
Carlos Roberto da Silveira Junior²

¹Instituto Federal de Goiás/Campus Inhumas/ Bacharelado em Informática - PIBITI, alissonralves1@gmail.com

²Instituto Federal de Goiás/Campus Inhumas/Departamento de Informática, profcarlos.ifg@gmail.com

Resumo

O cenário da piscicultura goiana ainda está em processo de articulação, com ações ocorrendo em vários segmentos. O potencial da atividade é significativo e ainda falta muita informação ao produtor. O estado de Goiás apresenta um grande potencial no desenvolvimento da piscicultura devido principalmente ao manancial aquífero e à riqueza de grãos. A partir dessa realidade muitos produtores de pescados iniciaram as atividades no estado com o intuito de estimular a piscicultura. Mas, como todo processo de produção animal, é necessário realizar um monitoramento constante do ambiente, neste caso as piscinas, para que não ocorram alterações significativas de indicadores de qualidade da água e, conseqüentemente, danos à produção. Caso ocorra alguma alteração na qualidade da água é necessário realizar ações específicas para restabelecer o ambiente favorável à produção. Alguns indicadores monitorados são: temperatura, condutividade e turbidez. Uma das inovações fornecidas pela tecnologia no monitoramento de grandezas é a telemetria que utiliza a transmissão de dados via radiofrequência permitindo o monitoramento à distância e em tempo real. Dessa forma o sistema capta medidas a partir de sensores e envia dados em tempo real para o responsável de forma que as medidas necessárias sejam tomadas. Este projeto objetivou desenvolver um sistema de telemetria para monitoramento e controle de tanques de piscicultura. Nele foram utilizados como solução para o gerenciamento e envio de informações os seguintes dispositivos: controlador Seeeduino ATMEgal68, memória de dados SIM e módulo de comunicação GPRS via chip de celular. A responsável para exibição das informações coletadas pelos sensores de forma clara e objetiva foi uma aplicação móvel, desenvolvida para o sistema operacional android.

Palavras-chave: Piscicultura, telemetria, monitoramento de água, automação, android

INTRODUÇÃO

Em todo processo de produção animal na aquicultura ou piscicultura, é necessário realizar o monitoramento constante do ambiente, para que não ocorram alterações significativas de indicadores de qualidade da água e, conseqüentemente, prejuízos à produção. Caso ocorra alguma alteração na qualidade da água, é necessário realizar ações específicas para restabelecer o ambiente favorável à produção.

Na caracterização da água são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem riscos quando alcançam valores superiores ou inferiores aos estabelecidos para determinado uso. A seleção dos parâmetros que serão monitorados baseia-se, principalmente, na necessidade de comparação com os padrões de qualidade de água estabelecidos em leis de níveis federais e estaduais (BRAGA, 2002).



Braga (2002) caracteriza como parâmetros físicos da água a temperatura, sabor, odor, cor, turbidez, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e condutividade elétrica; como parâmetros químicos: pH, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro e manganês, nitrogênio, fósforo, fluoretos, oxigênio dissolvido (OD), matéria orgânica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), componentes inorgânicos e componentes orgânicos e como parâmetros biológicos: coliformes fecais e algas. Tais monitoramentos, físico, químico e biológico, são imprescindíveis para a pesca de captura e aquicultura (FOG, 2011).

Tendo como objetivo o melhor manejo para o desenvolvimento dos peixes em ambiente de piscicultura, o monitoramento da qualidade da água é de suma importância para cria e engorda de pescados (OLIVEIRA, 2008)

O cenário da piscicultura goiana ainda está em processo de articulação, com ações ocorrendo em vários segmentos, representando uma atividade econômica em crescimento. A potencialidade da piscicultura no estado de Goiás se deve, principalmente, ao manancial aquífero, para abastecimento das piscinas, e à riqueza de grãos, para produção de ração (OLIVEIRA, 2008).

Na atualidade a mensuração das piscinas de piscicultura é realizada apenas no ambiente local, sendo que o responsável realiza periodicamente a medição dos principais indicadores de qualidade de água, através de sensores e kits de análise química, e toma as devidas providências caso haja algum problema. Um dos problemas desse método é que o responsável pode não realizar, ou se esquecer de realizar, o monitoramento na piscicultura, uma vez que pode estar envolvido com várias outras atividades na fazenda. Muitas vezes o proprietário não reside no mesmo local de produção, não podendo monitorar constantemente o ambiente e, se o responsável não atuar corretamente, podem ocorrer problemas na qualidade da água e no monitoramento. Dessa forma o proprietário não ficará informado desses problemas e, conseqüentemente, poderá causar perdas significativas.

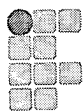
A utilização de tecnologias, no processo de produção animal, influencia na diminuição dos custos de produção, e no melhor aproveitamento das condições químicas, físicas e biológicas do ambiente. Uma alternativa de baixo custo para sanar esse problema é um sistema de telemetria que, em suma, realiza medidas do ambiente e utiliza de meios de telecomunicação para envio dos dados. O sistema pode ser instalado na piscina para realizar o monitoramento periódico dos indicadores de qualidade de água, através de sensores eletrônicos de baixo custo, e enviar os dados via celular para o responsável pela piscina.

Para permitir que o proprietário tenha acesso às informações remotamente pode-se utilizar um sistema de comunicação via celular para transmissão de dados através de Serviços de Mensagens Curtas, ou SMS. Dessa forma, o sistema de telemetria, poderá informar em tempo real o responsável sobre alterações detectadas pelos sensores para que ele tome as devidas providências em tempo real. Os dados coletados pelos sensores podem ser enviados via SMS e exibidos pelo celular a partir de um aplicativo desenvolvido para demonstrar as informações coletadas de forma clara e objetiva.

MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo do trabalho foi o desenvolvimento de um sistema remoto de indicadores de qualidade da água de tanques de piscicultura, realizados através de sensores de baixo custo, e o envio dos dados dos sensores via mensagem SMS para um celular com sistema operacional android, em tempo real. De maneira a facilitar a tomada de decisão do produtor, para que o mesmo tome as providências devidas evitando prejuízos e perdas de produção.

O sistema possui três sensores eletrônicos, desenvolvidos no projetor: sensor de temperatura, condutividade e turbidez. Para a comunicação de dados via mensagens SMS



utilizou-se um módulo de comunicação GPRS, que funciona como um celular, através dos comandos tipo AT, esses comandos são instruções usadas para controle de modems e dispositivos de telecomunicação. A sigla AT é a abreviação da palavra *Attention*. Para realizar a leitura de dados dos sensores e controle do módulo de comunicação foi utilizado um controlador tipo arduino.

O controlador tem como função executar o programa que realiza a leitura dos sensores, formatar os dados, e enviar mensagens SMS para um celular, através do módulo de comunicação GPRS. A mensagem é enviada pelo módulo de comunicação a um celular que possui a aplicação desenvolvida, no sistema operacional android, para apresentação e gerenciamento dos dados das mensagens. Esta aplicação recebe as informações enviadas via SMS, trata-as e expõe ao produtor de forma clara e objetiva. A Figura 1 demonstra as funções e os componentes envolvidos no projeto.

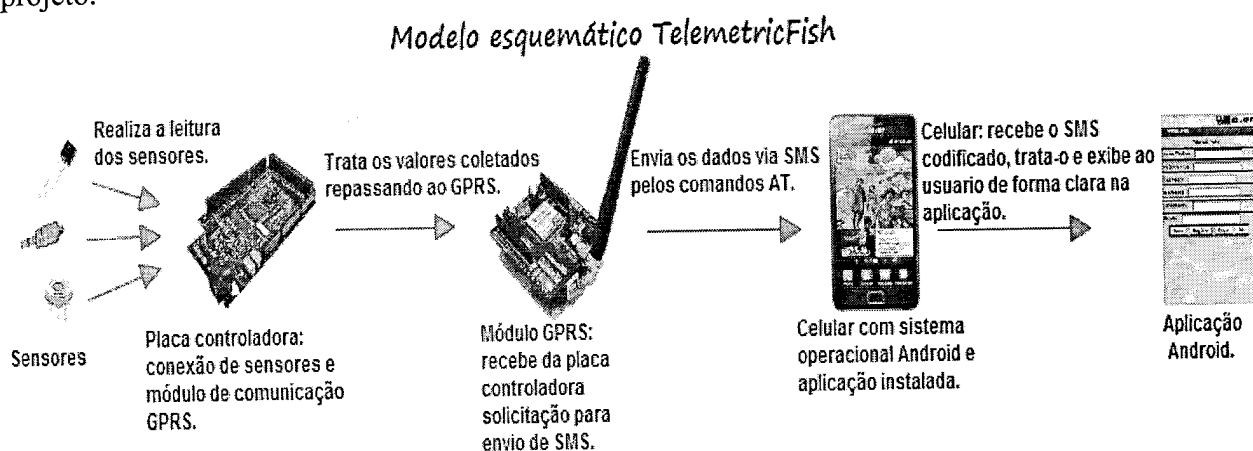


Figura 1: Componentes e suas funções

O desenvolvimento desta pesquisa foi dividido em quatro etapas. Na qual a primeira etapa consistiu no estudo e definição dos componentes que foram utilizados no projeto. Na pesquisa bibliográfica, foram estudados quais sensores seriam aplicáveis ao projeto e, em seguida, a seleção e aquisição dos componentes. Os sensores estudados foram avaliados sobre os aspectos de custo e precisão na medição das grandezas. Alguns possuíam custos impraticáveis, pois, o foco de estudo é a construção dos itens com custo baixo. Dos sensores analisados, sensores de baixo custo foram selecionados para a medição, com menor precisão, mas satisfatórios para a aplicação. Os sensores representam as interfaces de entrada de dados, são componentes que permitem fazer a leitura de grandezas do ambiente, como temperatura, distância, posição, dentre outros. Para tanto necessita converter tais grandezas em formas que possibilite a leitura por um controlador, como nível de tensão, tempo de pulso, quantidade de pulsos (THOMAZINI & BRAGA, 2009).

Na segunda etapa, definida para aquisição, elaboração dos sensores de baixo custo e testes iniciais dos dispositivos, foram adquiridos os componentes eletrônicos para uso no projeto, entre eles: sensores, materiais necessários para fabricação dos sensores, módulo de comunicação, microcontrolador, entre outros. Os testes foram realizados individualmente com cada um dos componentes e, posteriormente, testes com integração dos sensores, controlador e comunicador. Paralelamente a esta etapa os circuitos dos sensores e o chassi para conexão da placa controladora com os sensores também foram desenvolvidos.

Como controlador para gerenciar os componentes foi definido o controlador Seeeduino Atmega168, v2.21, similar ao Arduino Diecimila, com tensão de funcionamento de 5 V, 14 pinos digitais e 8 analógicos, memória flash: 32KB, SRAM: 2Kb e EEPROM: 1KB. Por possuir código



e arquitetura aberta existem muitas empresas que produzem o controlador e kits didáticos de preços bastante acessíveis (SEED, 2011). O controlador foi utilizado para interagir com o ambiente, realizando a leitura dos sensores e módulo de comunicação. O controlador possui interfaces de programação, utilizando linguagem Assembly ou C, que permite configurá-lo e programá-lo para a devida aplicação desejada. Assim, conforme a aplicação desejada, o programa é definido e gravado no microcontrolador, que, através de interfaces de entrada e saída de dados, interage com o ambiente.

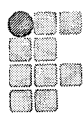
O desenvolvimento dos códigos foi realizado na IDE de programação do Arduino na versão 0023 usando a linguagem de programação C. Nesta também foram definidas as rotinas principais para captura das informações dos sensores, para o funcionamento do código foi adicionada uma biblioteca denominada *NewSoftwareSerial* para configurar mais uma porta de comunicação serial no controlador, uma vez que ele possui apenas uma porta de comunicação serial, que é utilizada para comunicação com o computador e *debug* da programação.

O módulo de comunicação utilizado o módulo GPRS SIM900, possui as seguintes características: QUAD-BAND, protocolo TCP/IP, antena externa, conexões para áudio, dentre outros. Responsável por realizar a comunicação via celular, e enviar dados sobre o monitoramento do sistema, o SIM900 permite a conexão de 2 chips de celular, o que é importante em ambientes que o sinal de celular é instável, como na zona rural. Ele permite a conexão física com controladores compatíveis com o Arduino, como o controlador utilizado no projeto (SEED, 2011). O módulo GPRS é conectado sobre o módulo controlador, onde o controlador tem as funções de captar as leituras dos sensores, comandar o módulo GPRS, após enviar as informações em um pacote via SMS. O módulo GPRS adota para seu funcionamento os comandos AT.

A terceira etapa consistiu no estudo do sistema operacional Android. Foram realizadas pesquisas sobre a arquitetura do sistema operacional, como realizar a programação, bibliotecas, fóruns e interfaces. Foi desenvolvido o software de interface com o usuário, o software de telemetria. Esta aplicação é responsável pela apresentação dos dados do monitoramento do tanque de piscicultura, utilizando plataforma livre, acesso via celular, e interação clara e objetiva ao produtor. Android é uma plataforma aberta voltada para dispositivos móveis, desenvolvida pela Google e atualmente é mantida pela Open Handset Alliance (OHA). Todas as aplicações desenvolvidas para essa plataforma utilizam a linguagem de programação Java, o que facilita muitos programadores a desenvolver aplicações para essa plataforma (SILVA, 2010).

O desenvolvimento e aplicação do sistema em dispositivos móveis compatíveis com o android aumentam a gama de aplicação do equipamento e permite ao usuário um aplicativo portátil compatível para vários dispositivos como celular, palmtop, smartphone e tablets. Isso representa uma preocupação atual dos aplicativos e é tendência mundial. Vale ressaltar que para o desenvolvimento e funcionamento da aplicação desenvolvida para o android em Java, também é necessário o uso de XML, do inglês eXtensible Markup Language, linguagem de marcação. Linguagem de marcação é um agregado de códigos que podem ser aplicados a dados ou textos para serem lidos por computadores ou pessoas (SILVA, 2010).

Para desenvolver o código foi utilizado a IDE eclipse na versão Juno usando a linguagem de programação Java e marcação XML. Nesta ferramenta foi definido inicialmente o desing do aplicativo e a sua implementação. No entanto, em pesquisas no decorrer do projeto, encontrou-se uma ferramenta para desenvolvimento e modelagem em blocos para Android, devido à facilidade de programação, foi realizada a migração, da programação Android para essa ferramenta



denominada App Inventor. App Inventor do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), nesta, foi modelado e tratado a mensagem recebida na aplicação (MIT, 2013).

A quarta etapa definida para a integração dos componentes do sistema e calibração dos sensores para uso em ambiente real. Realizado o estabelecimento da comunicação real com o funcionamento dos dispositivos em sincronismo. Os dispositivos funcionaram normalmente, todavia, não foi possível calibrar a precisão dos sensores, por falta de equipamento técnicos disponível no momento na instituição.

RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos pode-se destacar o desenvolvimento de um sistema de telemetria, envolvendo sensores de baixo custo, módulo de comunicação, controlador e uma aplicação para interação com o usuário e exibição das informações coletas pelos sensores de forma clara e objetiva.

Conforme a Figura 2 tem-se os sensores desenvolvidos. De acordo com as indicações da figura 2, temos: (A) sensor de condutividade elétrica, (B) sensor de temperatura e (C) sensor de turbidez.

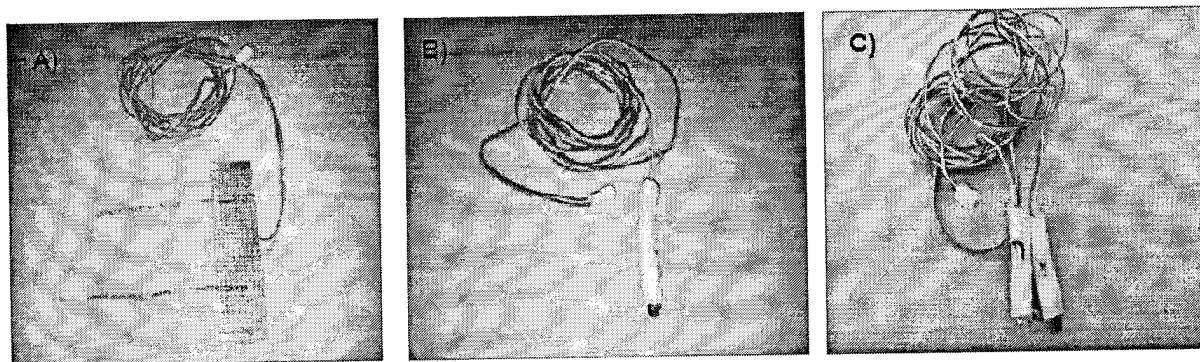
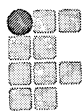


Figura 2: Sensores fabricados no projeto.

O sensor de condutividade elétrica apresentado na Figura 2, imagem (A), é o responsável por mensurar a condutividade elétrica da água do tanque de piscicultura. Segundo RICHARDS (1954) apresentado por OLIVEIRA et al.,(2002), medidas da condutividade elétrica são frequentemente utilizadas para avaliar a concentração de sais solúveis no solo. De acordo com a Sociedade Americana de Ciência de Solo valores de condutividade elétrica, em extrato de saturação, maiores que $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ caracterizam solos salinos. Nesses casos, o crescimento e o desenvolvimento de plantas e animais são diretamente afetados pela ocorrência de toxidez de alguns íons, desequilíbrios nutricionais e, principalmente, pelas dificuldades na absorção de água e nutrientes ocasionadas pelo aumento da pressão osmótica da solução do solo (MARSCHNER, 1995).

O sensor de condutividade realiza a medição da capacidade de condução de energia elétrica da água, baseando-se em duas pontas de fios condutores espaçados por cerca de 10 cm. A resistência elétrica da água pode ser então lida através do sensor e enviada para o controlador realizar a conversão de tensão elétrica para condutividade elétrica.

O sensor de temperatura indicado pela Figura 2, imagem (B), é o responsável por mensurar a temperatura da água das piscinas. A temperatura da água é um fator de suma importância na vida aquática, pois ela afeta diretamente o desenvolvimento dos pescados em ambiente de piscicultura, pelo fato dos peixes serem animais ectodérmicos, isto é, a temperatura do seu corpo é influenciada pelo ambiente. Para tanto, alguns aspectos biológicos dos peixes estão



ligados à temperatura do ambiente, dentre eles: reprodução, alimentação, defesa imunológica e etc. Existem temperaturas ideais para alimentação, reprodução, resistência a doenças isto varia para cada espécie de peixes.

O sensor de temperatura utiliza o LM35 que é um componente específico para medição de temperatura, realiza a medição e retorna uma proporção de tensão de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, realiza leituras no intervalo de -55°C a 150°C .

O sensor de turbidez indicado pela Figura 2, imagem (C), é o responsável por aferir o índice de transparência da água levando em conta sedimentos em suspensão ou dissolvidos na água. Essa verificação é realizada através de feixes de luz, enviados e recebidos por sensores infravermelhos. O índice de turbidez quando elevado pode ser considerado como poluente hídrico, impactando negativamente na qualidade da água. Um exemplo que leva a poluição é o excesso de corpos sólidos em suspensão, como algas e materiais orgânicos.

O sensor de turbidez é baseado em um emissor de luz infravermelha e um receptor de luz infravermelha, ambos espaçados por cerca de 10 cm. O emissor envia um sinal de luz infravermelha, o sinal atravessa a água, e o receptor fornece ao controlador a leitura do sinal que ele recebeu. Conforme a quantidade de sólidos em suspensão na água, o receptor receberá um índice de sinal menor ou maior. Esse tipo de leitura apresenta certa proporcionalidade com a leitura de turbidez realizada pelo disco de Secchi, que é a ferramenta mais utilizada para medição de turbidez.

As grandezas lidas pelos sensores desenvolvidos foram escolhidas devido à simplicidade de ideia do projeto dos sensores, no entanto, podem-se desenvolver outros tipos de sensores futuramente. O custo dos sensores, ao todo, foi cerca de R\$ 10,00. Módulos de leitura eletrônica de indicadores de qualidade de água realizam a leitura de muitas grandezas (10 a 20), no entanto, o custo pode ser muito mais significativo, podendo chegar a R\$20.000,00.

A partir da Figura 3 pode-se representar a placa chassi de conexão dos sensores ao controlador Sendo que (A) representa a visão superior onde se conectam os sensores e (B) a visão inferior, parte onde se conecta na placa controladora através dos pinos visíveis.

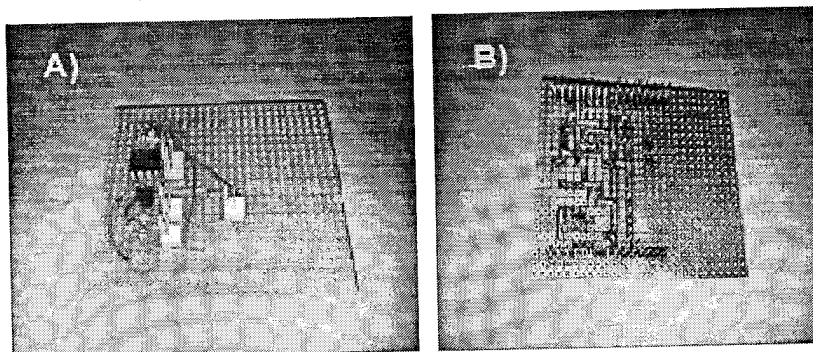


Figura 3: Chassi de conexão dos sensores e comunicador GPRS.

A Figura 4 apresenta uma visão geral das conexões dos dispositivos no projeto.

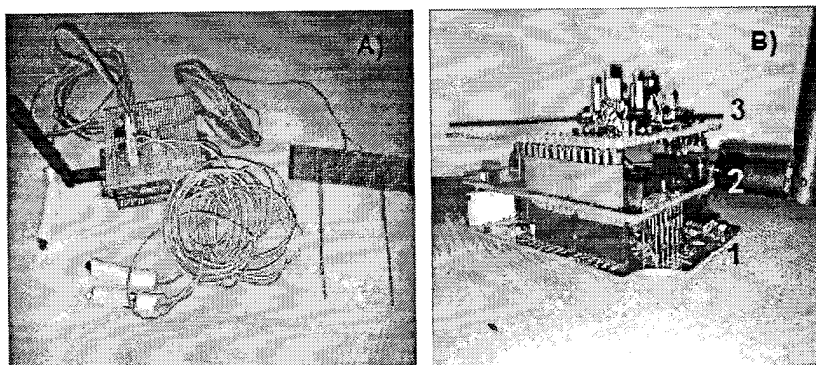
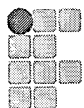


Figura 4: Componentes anexados ao controlador.

Na Figura 4 à esquerda, na imagem (A), estão dispostos os componentes interligados entre si. Os componentes que possuem fio são os sensores que coletam as informações da qualidade da água das piscinas de piscicultura. À direita, na imagem (B), estão contidos o módulo controlador dos demais componentes, Seeeduino Atmega168, número 1, módulo de comunicação GPRS para envio das informações coletadas pelos sensores via SMS, número 2, e chassi, número 3, placa preparada para as conexões dos sensores.

Foram exemplificados e demonstrados anteriormente os componentes pertencentes ao nível de hardware, por se trataram de equipamentos físicos, entretanto, existe também neste projeto a aplicação para tratamento e exposição das informações coletadas, pertencente ao nível de software. Duas aplicações estão presentes nesse nível, a aplicação desenvolvida para o celular, apresentada na Figura 5, e o código do controlador que implementa as funcionalidades dos sensores e equipamentos presentes no projeto, implementadas em linguagem de programação C.

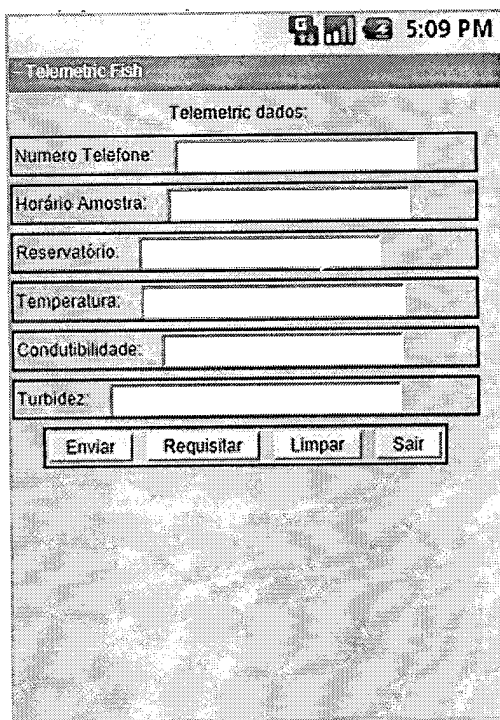
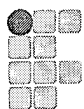


Figura 5: Aplicação para exibição e interação com o usuário.

Na Figura 5, a tela da aplicação apresenta os campos: *número telefone*, onde é exibido o número de origem do SMS recebido, este é o número do chip anexado ao módulo de comunicação



GPRS; *horária amostra*, que informa o horário coletado da amostra; *reservatório*, que exibe o nome do tanque onde o protótipo coleta as informações; *temperatura, condutividade e turbidez*, que apresentam os respectivos valores coletados dos sensores eletrônicos. Foram realizados testes do sistema em um aquário com água coletada de um tanque de piscicultura. A leitura dos sensores foram realizadas em um intervalo de 1 hora e enviadas, via celular, para a aplicação android.

CONCLUSÃO

O projeto apresentou-se viável para a aplicação em tanques de piscicultura pela praticidade e segurança no monitoramento de indicadores de qualidade de água. O sistema de telemetria fornece dados em tempo real, o que permite ao produtor tomar medidas em tempo real, diferente de outras alternativas que realizam a leitura, mas não enviam os dados para o produtor.

Os sensores de baixo custo desenvolvidos permitem leituras das grandezas de qualidade da água com menor precisão do que alternativas, no entanto, possuem custo muito menor. O desenvolvimento de sensores pode representar outra área de pesquisa para projetos de pesquisa. Com a utilização da ferramenta do MIT o desenvolvimento de aplicações em android torna-se muito mais simples e fácil de entender podendo, posteriormente, ser divulgado para os alunos do instituto.

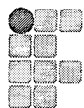
PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE OU DESDOBRAMENTO DO TRABALHO

Para viabilizar o funcionamento do sistema de telemetria em campo sem estar conectado ao computador ou a alguma fonte de energia 220 V tem-se a possibilidade de elaborar um banco de bateria para alimentação dos dispositivos em uso. Outra alternativa é a instalação de células de energia solar para recarga da bateria, tornando o sistema autônomo em relação à alimentação.

A criação de um invólucro impermeável e hermético para proteção dos componentes de controle do projeto, como: GPRS, controlador e conexões dos sensores no chassi, contra água, umidade e condições adversas.

Outros sensores podem ser elaborados para melhoramento do estudo das características da água, como sensores de PH, alcalinidade, DBO entre outros. Adição de outras funcionalidades ao sistema de telemetria como comunicação do produtor com o dispositivo e vice-versa. Elaboração e consolidação dos estudos realizados sobre os aspectos físicos, químicos e biológicos onde implantar a ferramenta gerando informações gráficas para melhores análises, compreensão e futuros melhoramentos. Interligação maior de disciplinas interdisciplinares no melhor aproveitamento do desenvolvimento na produção de pescados.

O projeto poderá ser continuado em outras atividades de pesquisa, como iniciação científica e trabalhos de término de curso.



REFERÊNCIAS

- MIT APP INVENTOR Home Page. [http:// appinventor.mit.edu/explore/](http://appinventor.mit.edu/explore/)
- ARDUINO Home Page. <http://arduino.cc>
- FAO Fisheries and Aquiculture Department. The State of World Fisheries and Aquiculture, 2010. Disponível em: www.fao.org. Acesso em mar. 2011.
- FISHAMAZON. Piscicultura em Goiás projeto Turvânia. Disponível em: <http://fishamazon.com.br/psicultura.html>. Acesso em mar. 2011.
- FOG, Lisbeth. Fish farms need monitoring technology, 2011. Disponível em <http://www.scidev.net/en/news/fish-farms-need-monitoring-technologies.html>. Acesso em mar. 2011.
- OLIVEIRA, Ilce Santos. Cenário da piscicultura em Goiás é discutido na Tecnoshow, 2008. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=7465>. Acesso em fev. 2011.
- Seed Studio Works. Home Page. <http://seedstudio.com>
- SILVA, L. A. Apostila de Android – Programando passo a passo 4ª Edição. Rio de Janeiro, 2010.
- RICHARDS, L.A. Diagnosis improvements of saline and alkaline soils. Washington, Department of Agriculture, 1954. 160p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 1995. 889p.
- OLIVEIRA, F. C., et al. "Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC." Revista Brasileira de Ciência do Solo 26.2 (2002): 505-519.
- THOMAZINI, Daniel; Albuquerque; BRAGA, Urbano. Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações. Ed Érica, São Paulo, SP, 2009.
- BRAGA, Benedito et al., Introdução à Engenharia Ambiental, Editora Pearson Educação do Brasil, São Paulo, 2002.
- SOUZA, David J. de. Desbravando o PIC. Ed. Érica, São Paulo, SP, 2000.
- THOMAZINI, Daniel; Albuquerque; BRAGA, Urbano. Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações. Ed Érica, São Paulo, SP, 2009.