

Protótipo de Sistema para Monitoramento do Consumo e Qualidade da Água na Escola Superior de Tecnologia da UEA

CARDOSO, Fábio de Sousa

Doctor, Professor of Electronic Engineering at Amazonas State University, Brazil

MARTINS, Karolayne Barbosa

Student of Electronic Engineering at Amazonas State University, Brazil

TORNE, Israel Gondres¹

Doctor, Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

SOBRINHO, Angilberto Muniz Ferreira

Doctor, Professor of Electronic Engineering at Amazonas State University, Brazil

OLIVEIRA, Jozias Parente

Doctor, Professor of Electronic Engineering at Amazonas State University, Brazil

NASCIMENTO, L. B. F.

Student of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

SILVA NETO, Manoel Azevedo da

Student of Electronic Engineering at Amazonas State University, Brazil

Abstract

This work presents the development of a prototype monitoring system for water consumption and water quality parameters in the reservoir of the Escola Superior de Tecnologia of UEA. With the aid of sensors, the water flow and the following physical-chemical parameters will be monitored: hydrogen potential (pH), temperature, turbidity and dissolved solids. This data will be made available via Wi-Fi and visualized in the IoT MQTT Panel application. Initially, there will be a presentation of the UI GreenMetric World University Ranking, which is an annual international ranking of universities around the world, based on sustainability. Then, the following concepts will be presented: water quality parameters, analog and digital sensors, measurement error calculation, ESP32 microcontroller, local area networks and MQTT message protocol, in English Message Queuing Telemetry Transport. Subsequently, the steps and materials necessary for the development of the monitoring device are presented, followed by a detailed description of the experiment, the tools used and the implementation of what was mentioned above. As a result of the experiments performed throughout the work, the parameter values monitored by the sensors will be displayed in the application interface. Finally, the data

¹ Corresponding author: itorne@uea.edu.br

obtained showed that the prototype system developed is capable of monitoring water consumption and water quality parameters in a reservoir of the Escola Superior de Tecnologia, which may lead it to meet the indicators of the Water Management category. UI GreenMetric's water, elevating its placement in the world rankings.

Keywords: UI GreenMetric World University Ranking, water management, ESP32.

1. INTRODUÇÃO

A partir do século XX, a preocupação com as questões ambientais assumiu significativa importância, principalmente após a Segunda Guerra Mundial quando o desenvolvimento de novas tecnologias e a intensificação da exploração dos recursos naturais evidenciou a escassez de matérias-primas (BARBOSA; DRACH; CORBELLA, 2014). Feil e Schreiber (2017) afirmam que os termos sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, embora muito utilizados na literatura científica, no setor privado e nas políticas públicas, ainda não possuem um consenso em termos de conceito. Segundo Barbosa, Drach e Corbella (2014), apesar de não haver um consenso sobre o conceito destes termos, existe a aceitação geral em relação à busca do equilíbrio entre as necessidades do ser humano e o meio ambiente, e em entender suas dinâmicas de interação para aprofundar e ampliar seus significados.

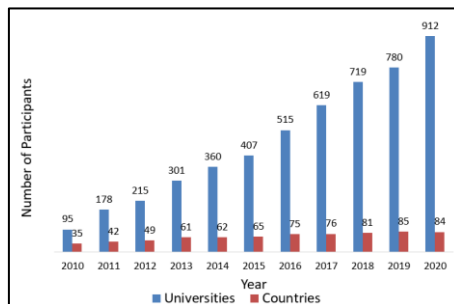
Nos últimos tempos, houve um crescimento expressivo da preocupação com as questões ambientais, o que elevou o interesse das organizações em todo mundo em incluir a sustentabilidade em seus sistemas de gestão. Miranda, Moretto e Moreto (2019) afirmam que a sociedade e o governo estão adquirindo consciência sobre os danos ambientais a sua volta, e se manifestando contra abusos em relação ao meio ambiente.

Ainda assim, é importante destacar a importância na inserção das questões ambientais no processo educativo das futuras gerações. Uma forma de inserir os conceitos e práticas sustentáveis no meio social é intensificando a conscientização da comunidade acadêmica sobre a importância da sustentabilidade ambiental. Essa temática deve permear, não somente no ensino básico, como também no ensino superior. “Além de cumprir o seu papel como pessoa jurídica dentro de um ambiente físico, a Universidade tem como missão e dever construir uma “consciência ambiental” nos futuros profissionais, graduados no Ensino Superior” (SANTOS, 2018, pg. 06).

Em virtude disso, a Universitas Indonesia (UI) criou em 2010, o UI GreenMetric World University Ranking, que é uma classificação internacional anual de universidades em todo o mundo, baseado em sustentabilidade, cujo objetivo é medir os esforços das universidades para a implementação de 69 indicadores de sustentabilidade pré-definidos (MEHMOOD; SHAHANI; KHUHARO, 2021).

A cada ano, o número de universidades inscritas no *ranking* vem aumentando. Em 2020, 912 universidades de 84 países ao redor do mundo participaram. Isso mostra que a UI GreenMetric foi reconhecida como o primeiro e único ranking de universidades mundiais sobre sustentabilidade (UI GREENMETRIC WORLD UNIVERSITY RANKING, 2021b). A Figura 1 apresenta o número de universidades e de países participantes de 2010 a 2020.

Figura 1 – Número de Universidades e de Países inscritos no UI GreenMetric World University Ranking nos últimos 10 anos.



Fonte: (UI GREENMETRIC WORLD UNIVERSITY RANKING, 2021b, p. 10).

A Universidade do Estado do Amazonas (UEA) participou, pela primeira vez do Ranking em 2020, e a única categoria que não pontuou foi a de “Gestão de Água” (UI GREENMETRIC WORLD UNIVERSITY RANKING, 2021).

O consumo de água nas universidades é um indicador importante no GreenMetric. O objetivo é encorajar as universidades a diminuir o consumo da água, aumentar os programas de conservação e proteger os habitats. Os critérios de avaliação são voltados para programas de preservação, programas de reciclagem de água, instalação de economizadores de água e o consumo de água tratada nos campi. A categoria de gestão de água corresponde a 10% da pontuação do ranking, onde um conjunto de dados são processado estatisticamente (UI GREENMETRIC WORLD UNIVERSITY RANKING, 2018).

O avanço da tecnologia vem permitindo o gerenciamento da água, através do uso de sistemas com sensores de parâmetros hídricos e com microcontroladores como o ESP32, que é um SoC (System on Chip), ou seja, um sistema em um chip, capaz de enviar dados via rede Wi-Fi para uma central de monitoramento (ESPRESSIF SYSTEMS, 2021).

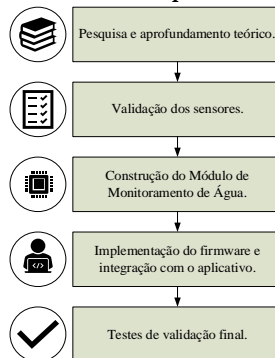
De acordo com o Índice de Qualidade das Águas, que foi adotado por grande parte dos estados brasileiros como o principal índice de qualidade da água no país, existem nove parâmetros principais utilizados para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. São eles: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais dissolvidos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, [20-?]). Neste trabalho, foram monitorados quatro destes parâmetros físico-químicos: temperatura, turbidez, sólidos dissolvidos e pH.

Essa pesquisa tem como objetivo final o desenvolvimento de um protótipo de sistema para monitoramento do consumo e qualidade da água na Escola Superior de Tecnologia (EST), com o uso de sensores de parâmetros hídricos associados ao módulo ESP32.

2. MATERIAIS E METODOS

O método proposto consiste nas seguintes etapas: pesquisa e aprofundamento teórico nos assuntos referenciados, validação dos sensores, construção do Módulo de Monitoramento de Água, implementação do *firmware* e integração com o aplicativo IoT MQTT Panel e, por fim, testes de validação final do protótipo de sistema como um todo. Essas etapas podem ser visualizadas na Figura 02.

Figura 2 – Diagrama em blocos das etapas de implementação do projeto.



Fonte: Autoria própria.

Na primeira etapa, foi realizada uma pesquisa aprofundada sobre os principais parâmetros da água para consumo, seguida da pesquisa de sensores no mercado para a aferição dos mesmos. Para realizar a aquisição dos sensores, foi feita uma comparação e seleção, levando em consideração o custo-benefício e as especificações técnicas necessárias para a compatibilização com o sistema. Em seguida, foram realizadas pesquisas referentes ao microcontrolador ESP32, redes de áreas locais e protocolo de mensagem MQTT. Esta etapa foi essencial para o melhor entendimento e aplicação das ferramentas ao projeto.

Na segunda etapa, foram realizados testes preliminares de calibração dos sensores, no Laboratório de Sistemas Embarcados da UEA, utilizando um equipamento de teste universal, modelo HI 98194 marca HANNA. Para validar os sensores, foi utilizado um recipiente com água, em bancada, onde os parâmetros dessa água foram alterados para aumentar o número de amostras de entrada. Para os sensores de temperatura, turbidez e sólidos dissolvidos, foram utilizados quatro amostras diferentes de água. Para o sensor de pH, foram utilizadas duas soluções de calibração de pH, também conhecidas como buffers de pH.

Na terceira etapa, foi desenvolvido o protótipo de Hardware, iniciando-se pela definição da arquitetura do sistema, que é composta por seis blocos de circuitos funcionais, a citar: circuito regulador de tensão (3.3V), circuito gerenciador de carga da bateria, circuito fonte (5V), circuito de entrada dos sensores, circuito condicionador e pinagem do ESP32. De acordo com a arquitetura definida, foi feita a elaboração do esquemático e layout da placa de circuito impresso, utilizando a ferramenta EasyEDA versão 6.4.25. Em seguida foi feita a prototipação da placa de circuito impresso na prototipadora modelo LPKF ProtoMat M60 e montagem dos componentes PTH e SMD na placa desenvolvida. Por fim, foi feita uma inspeção geral da placa por meio de testes com multímetro em busca de curtos e circuitos abertos.

Na quarta etapa, foi desenvolvido o *firmware* utilizando a interface de desenvolvimento IDE Arduino versão 1.8.16. Primeiramente foram desenvolvidos os scripts de funcionalidade para a realização de leitura individual dos sensores. Para isso, foram empregadas as bibliotecas OneWire.h e DallasTemperature.h para o sensor de temperatura e as bibliotecas EEPROM.h e GravityTDS.h para o sensor de sólidos totais dissolvidos. Em seguida, foi implementada a funcionalidade de transmissão dos valores lidos dos sensores por meio do protocolo de comunicação MQTT com as bibliotecas DadosConexao.h, DriverWifi.h e PubSubClient.h. No contexto de arquitetura do MQTT, os sensores foram os publishers, o broker

para a recepção de dados utilizado foi o HiveMQ, utilizando a porta TCP 1883 e, por fim, o dispositivo móvel utilizado para visualização dos valores lidos, funcionou como subscriber. Vale ressaltar que no dispositivo móvel, utilizou-se o aplicativo IoT MQTT Panel que possibilita a criação de dashboards para a recepção e visualização de dados via protocolo MQTT.

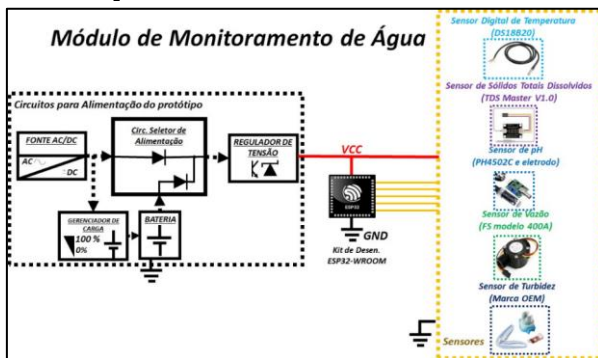
Por fim, na quinta e última etapa, foram realizados testes de validação final, onde os cinco sensores foram testados simultaneamente, para validar o sistema como um todo. Os dados de entradas foram coletados em um recipiente com água, para simular o reservatório, e os dados de saída foram visualizados na interface do aplicativo IoT MQTT Panel em um smartphone.

3. IMPLEMENTAÇÃO

3.1 Desenvolvimento do Módulo de Monitoramento de Água

O protótipo de sistema desenvolvido possui um Módulo de Monitoramento de Água, responsável pela aferição, processamento e envio dos dados de entrada do sistema. Esse módulo é constituído por seis blocos de circuitos funcionais, a citar: circuito regulador de tensão (3.3V), circuito gerenciador de carga da bateria, circuito fonte (5V), circuito de entrada dos sensores, circuito condicionador e pinagem do ESP32. Na figura 3, é apresentado um diagrama da arquitetura do *hardware*.

Figura 3 – Arquitetura do Módulo de Monitoramento de Água.



Fonte: Autoria própria.

Após a definição da arquitetura, iniciou-se a elaboração do esquemático, utilizando a ferramenta EasyEDA versão 6.4.25.

Visando o uso em áreas remotas, a placa foi projetada para ser alimentada através da bateria BAK-063450AR3-PACK, que possui capacidade de carga de 1000mAh e tensão nominal de 3,7V. Também foi projetado um

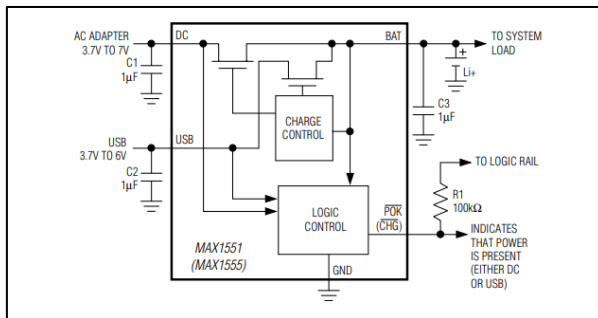
circuito com a fonte RAC03-05SE/277, capaz de alimentar a placa durante o uso em bancada, na ausência de bateria.

Devido a necessidade de uma tensão de 3,3V para o microcontrolador ESP32, foi projetado um regulador de tensão com o circuito integrado MIC37100-3.3WS-TR.

A entrada do regulador de tensão do módulo NodeMCU-32S está originalmente ligada ao conector USB presente no módulo, servindo como transmissor de dados e fonte de alimentação, simultaneamente. Para fazer a seleção da fonte, foram utilizados dois diodos MBRS240LT3G, a fim de direcionar a alimentação de 5V para o regulador de tensão no caso em que o dispositivo esteja conectado a uma fonte externa através do conector USB, e direcionar a tensão da bateria ao regulador, no caso em que o dispositivo depende apenas da bateria.

Visando atender a segurança e eficiência com o uso da bateria, foi projetado o circuito gerenciador de carga de bateria. Para isso, foi utilizado o circuito integrado MAX1555. O circuito padrão recomendado pelo fabricante pode ser visto na figura 4.

Figura 4 – Circuito padrão do gerenciador de carga de bateria.



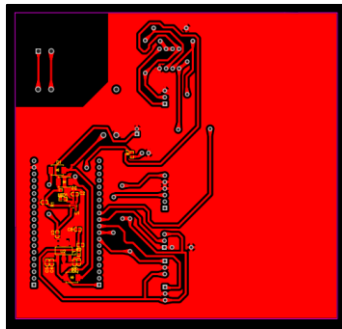
Fonte: (MAXIM INTEGRATED, 2003, p. 06).

Após a elaboração do esquemático, deu-se início a modelagem e elaboração do layout da placa na ferramenta EasyEDA versão 6.4.25. Para isso, foram seguidas as seguintes etapas:

- separação e organização, em bloco, dos circuitos eletrônicos;
- configuração das regras de roteamento;
- roteamento dos componentes eletrônicos;
- dimensionamento das bordas da PCB;
- criação dos arquivos de fabricação; e
- exportação dos arquivos de fabricação.

O layout final da placa pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Layout da placa do Módulo de Monitoramento de Água.



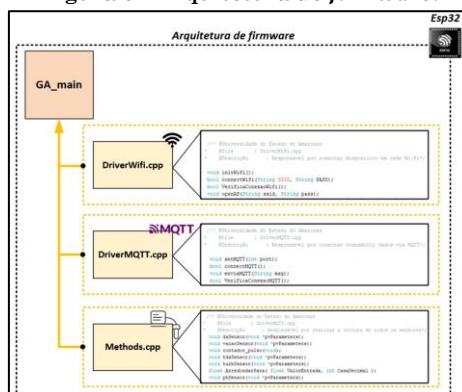
Fonte: Autoria própria.

Após a finalização do layout da placa, foi realizada a exportação dos arquivos de fabricação na aba Fabrication/PCB Fabrication File do software EasyEda. Os arquivos referentes à usinagem foram salvos em mídia removível.

3.2 Implementação do *firmware* e integração com o aplicativo

O Módulo de Monitoramento de Água possui como objetivo a aferição de fluxo e parâmetros de água, além de conseguir realizar a transmissão dos valores medidos via protocolo MQTT. Dados esse cenário, foi desenvolvido uma pilha de scripts contendo os métodos necessários para a realização dessas funcionalidades. Essa pilha de scripts que compõe a arquitetura de *firmware* pode ser visualizada na Figura 6.

Figura 6 – Arquitetura do *firmware*.



Fonte: Autoria própria.

A arquitetura de *firmware* implementada contém os seguintes scripts: GA_main.ino, DriverWifi.cpp, DriverMQTT.cpp e Methods.cpp. Cada um desses arquivos implementados possui uma função importante dentro do Módulo de Monitoramento de Água. Ao observar a Figura 6 é possível identificar os métodos inerentes a cada um.

O script Methods.cpp possui como objetivo realizar a leitura de todos os sensores que integram o hardware. Nele é possível identificar as principais funções que são: dsSensor, vazaoSensor, tdsSensor, turbSensor e phSensor. Essas funções são responsáveis por fazer a aquisição dos dados dos sensores utilizado no Módulo desenvolvido. Vale ressaltar ainda que nesse script contém outras funções auxiliares usadas para relações matemáticas com a finalidade de aquisição correta dos valores dos sensores.

O script DriverMQTT.cpp realiza a conexão e transmite os dados via protocolo MQTT. Cita-se as funções que compõem esse elemento do *firmware*: setMQTT, connectMQTT, enviaMQTT e VerificaConexaoMQTT. Na primeira, realiza-se a configuração dos parâmetros necessários para correto funcionamento do protocolo. Já na connectMQTT, é implementada a rotina que utiliza os dados da função setMQTT para que assim a conexão seja efetuada de maneira correta. Na enviaMQTT, é possível coletar os dados dos sensores e enviá-los via protocolo. Por fim, a VerificaConexaoMQTT realiza o monitoramento da conexão do dispositivo com o broker. Caso ocorra a perda da conexão, essa função é responsável por identificar e tratar esse problema.

O script DriverWifi.cpp possui como finalidade a conexão do dispositivo na rede Wi-Fi disponibilizada. Como funções que fazem parte desse script, constam as seguintes: initWifi, connectWifi, openAP e VerificaConexaoWifi. Na função initWifi, é implementada a inicialização das variáveis utilizadas para a conexão do dispositivo em rede. Já na função openAP, é implementado o método que faz com que o dispositivo abra um ponto de acesso assim que ligado. Esse ponto de acesso serve como uma forma de acessar o Módulo de Monitoramento de Água através de outro dispositivo e configurar os dados da rede Wi-Fi que ele necessita cadastrar para que seja possível a conexão. Por fim, a função VerificaConexaoWifi realiza o monitoramento contínuo do status de conexão da rede. Caso haja problema de conexão com a rede, essa função identifica e toma a ação para retomar a conexão do Módulo com a rede previamente cadastrada.

Por fim, o script principal GA_main.ino se utiliza de todos esses métodos previamente descritos para implementar a rotina principal do Módulo de Monitoramento de Águas. Dessa forma, é possível entender fluxo de funcionamento do dispositivo desenvolvido. Esse fato é oportunizado devido

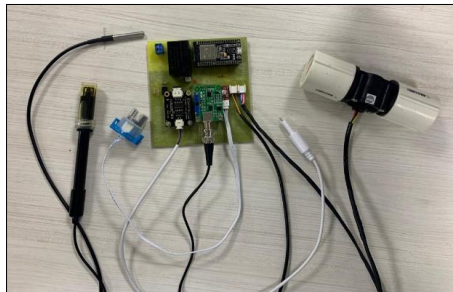
a metodologia de modularização de funcionalidade conforme abordado anteriormente e ilustrado na figura 6.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo mostra os resultados obtidos após a implementação de todas as etapas do projeto. Nele, será apresentado o Módulo de Monitoramento de Água desenvolvido bem como os resultados obtidos a partir da aferição dos parâmetros da água. Por fim, será feita uma análise comparativa das medições realizadas pelo dispositivo desenvolvido com medições feitas com equipamentos comerciais. Vale ressaltar que essa análise foi elaborada a partir da comparação das medições dos seguintes parâmetros: temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez.

A Figura 7 apresenta o resultado do Módulo de Monitoramento de Água desenvolvido, com os sensores de temperatura, turbidez, sólidos totais dissolvidos e pH acoplados.

Figura 7 – Módulo de Monitoramento de Água com os sensores.



Fonte: Autoria própria.

Ao final, foram analisadas as entradas e saídas do sistema como um todo. Primeiramente, os cinco sensores foram acoplados no módulo de monitoramento, através dos seus respectivos conectores. Em seguida, a placa com as pontas de prova dos sensores foi colocada em um recipiente com água, simulando a água do reservatório. A Figura 8 apresenta o cenário de teste com os sensores instalados.

Figura 8 – Cenário de teste de integração do protótipo de sistema.

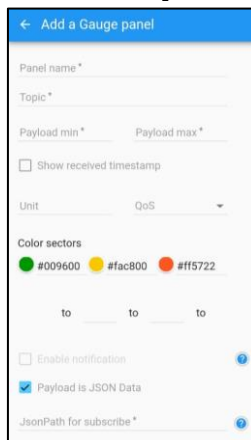


Fonte: Autoria própria.

Nessa imagem é possível visualizar o Módulo de Monitoramento de Água (1) que está sendo alimentado pela bateria BAK-063450AR3-PACK. As pontas de provas dos sensores, bem como a sonda do equipamento de teste universal HI 98194 (2) foram colocadas em um recipiente com água (3). O sensor de vazão (4) foi instalado em uma torneira próxima ao reservatório, a fim de encher o garrafão (5) que possui capacidade de 20 litros, com o objetivo de validar o sistema.

Feito isso, foi realizado o cadastro dos sensores no aplicativo IoT MQTT Panel. A Figura 9 apresenta a tela de configuração para cadastrar os sensores no aplicativo.

Figura 9 – Tela de cadastro no aplicativo IoT MQTT Panel.



Fonte: Autoria própria.

Para cadastrar os sensores, foram seguidos os seguintes passos:

- a) clicar no botão indicado pelo sinal “+” no aplicativo IoT MQTT Panel;
- b) escolher o estilo de gráfico para expor as informações;
- c) preencher o campo “*panel name*” com o nome do sensor a ser cadastrado;
- d) preencher o campo “*topic*” com o tópico MQTT “LSE/GA/001P”;
- e) adicionar os valores máximos e mínimos para cada sensor;
- f) preencher o campo “*JsonPath for subscribe*” com a variável dos sensores:
 - sensor de temperatura: “\$.temperatura”;
 - sensor de turbidez: “\$.turb”;
 - sensor de sólidos dissolvidos: “\$.tds”;
 - sensor de vazão: “\$.volume”; e
 - sensor de pH: “\$.ph”.
- g) clicar no botão “*create*” para criar o painel.

Feito isso para cada sensor, os painéis criados foram visualizados na tela principal do aplicativo.

Durante os testes, foi utilizado o equipamento PH4502C para aferir os valores de pH, sólidos totais dissolvidos e temperatura, enquanto o equipamento HI98703-02 foi empregado para aferir a turbidez da água. Esses valores serviram como referência para a comparação dos valores medidos com os sensores do dispositivo desenvolvido. A Figura 10 apresenta os equipamentos PH4502C e HI98703-02. À esquerda, no equipamento PH4502C, é possível visualizar valores de temperatura, pH e sólidos dissolvidos. À direita, no equipamento HI98703-02, observa-se o valor de turbidez aferido na amostra de água do recipiente de teste.

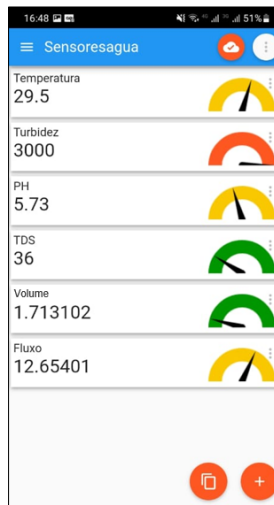
Figura 10 – Parâmetros obtidos com os equipamentos PH4502C e HI98703-02.



Fonte: Autoria própria.

Os valores obtidos com os sensores do Módulo de Monitoramento de Água foram visualizados na tela principal do aplicativo IoT MQTT, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Valores obtidos com o Módulo de Monitoramento de Água



Fonte: Autoria própria.

Os valores obtidos com os sensores e com o equipamento de teste estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultado das medições dos parâmetros da água durante o teste de validação.

| Parâmetro | Aferição com os equipamentos HI 98194 e HI98703-02. | Aferição com o Módulo de Monitoramento de Água | Erro relativo (%) |
|----------------------------|---|--|-------------------|
| Temperatura | 29,65°C | 29,5°C | -0,005 |
| Sólidos totais dissolvidos | 36ppm | 36ppm | 0 |
| pH | 5,52 | 5,73 | 0,038 |
| Turbidez | 1,61 NTU | 3000 NTU | 1.862,35 |

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 1 é possível observar que o valor de temperatura obtido com o equipamento de teste foi de 29,65°C, enquanto que o Módulo de Monitoramento de Água aferiu 29,5°C. O erro relativo da medição foi de -0,005%, que é um valor aceitável dentro dos critérios de aceitação. Também é observado que o valor de sólidos totais dissolvidos obtido foi igual ao valor aferido com o equipamento de teste, obtendo-se um valor nulo de erro relativo.

Da mesma forma, foi observado que o valor de pH aferido com o equipamento de teste foi 5,32, enquanto que o Módulo de Monitoramento aferiu 5,73, obtendo-se um erro relativo de 0,038 que também está de acordo com os critérios de aceite. No entanto, o valor de turbidez aferido com o equipamento de teste foi de 1,61 NTU, enquanto o Módulo de Monitoramento aferiu 3000 NTU, com um erro relativo de 1.862,35%, o qual está fora dos critérios de aceitação.

CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento dessa pesquisa foram realizados estudos sobre os principais parâmetros da água e sensores eletrônicos capazes de aferir esses parâmetros. Além disso, foram feitas pesquisas sobre o funcionamento e as principais características dos microcontroladores, mais especificamente sobre o ESP32. Também foi feito um estudo sobre o protocolo de mensagem MQTT que possibilita a troca de informações entre dois ou mais dispositivos conectados na mesma rede de comunicação.

Foram apresentadas, de forma detalhada, as etapas seguidas na validação do funcionamento dos sensores utilizados no protótipo de sistema. Também consta uma apresentação dos softwares e ferramentas utilizadas na implementação do referido protótipo

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o protótipo de sistema implementado é capaz de monitorar os parâmetros da água de um reservatório, utilizando sensores de parâmetros hídricos associados ao microcontrolador ESP32. Foi verificado, também, que é possível visualizar esses parâmetros em um smartphone, através do aplicativo IoT MQTT Panel. Para a realização de trabalhos futuros, recomenda-se realizar um procedimento de calibração com um maior número de amostras, para manter a precisão no fornecimento de informações em tempo real. Em relação aos resultados obtidos com o sensor de turbidez da marca OEM, pode-se recomendar a escolha de um sensor mais robusto e com um melhor detalhamento sobre o funcionamento do mesmo pelo fabricante.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Laboratório de Sistemas Embarcados localizado na Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas.

CARDOSO, Fábio de Sousa; MARTINS, Karolayne Barbosa; TORNE, Israel Gondres; SOBRINHO, Angilberto Muniz Ferreira; OLIVEIRA, Jozias Parente; NASCIMENTO, L. B. F.; SILVA NETO, Manoel Azevedo da- **Protótipo de Sistema para Monitoramento do Consumo e Qualidade da Água na Escola Superior de Tecnologia da UEA**

REFERÊNCIAS.

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Brasília, [20-?]. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>.
- BARBOSA, G. S.; DRACH, P. R.; CORBELLA, O. D. **A Conceptual Review of the Terms Sustainable Development and Sustainability**. International Journal of Social Sciences, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.iises.net/download/Soubory/soubory-puvodni/pp-01-15_ijossV3N2.pdf>.
- ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32 Series Datasheet**, 2021. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf>.
- FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Cad. EBAPE.BR, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cebape/a/hvbYDBH5vQFD6zfjC9zHc5g/?lang=pt&format=pdf>>.
- MEHMOOD, Arsal; SHAHANI, Toussef Ali; KHUHARO, Murtaza Ali. **Sustainability Implementation of UI Green Metric World University Rankings Energy & Climate Change (EC) Indicators**. Indonesia: Indonesian Journal of Innovation and Applied Sciences, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.47540/ijias.v1i2.195>>.
- MIRANDA, Bruno, MORETTO, Izabela, MORETO, Rafael. **Gestão Ambiental nas Empresas**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eventos/bisus/18-gestao-ambiental.pdf>>.
- SANTOS, Fábio Rocha dos. **As universidades e a sustentabilidade ambiental**. São Paulo: Revista Gestão Universitária, 2018. Disponível em: <<http://www.gestaouniversitaria.com.br/artigos-cientificos/as-universidades-e-a-sustentabilidade-ambiental>>.
- UI GREENMETRIC WORLD UNIVERSITY RANKING, **Guião**. Português, 2018. Disponível em: <https://questionnaire.greenmetric.ui.ac.id/files/surat2018/UI_GreenMetric_Guideline_2018_Portugual.pdf>.
- UI GREENMETRIC WORLD UNIVERSITY RANKING. **UI GreenMetric**, 2021a. Disponível em: <<https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/overall-rankings-2020>>.
- UI GREENMETRIC WORLD UNIVERSITY RANKING. **Guideline UI Greenmetric World University Ranking**. Indonesia, 2021b. Disponível em: <<https://greenmetric.ui.ac.id/publications/guidelines/2021/english>>.

CARDOSO, Fábio de Sousa; MARTINS, Karolayne Barbosa; TORNE, Israel Gondres; SOBRINHO, Angilberto Muniz Ferreira; OLIVEIRA, Jozias Parente; NASCIMENTO, L. B. F.; SILVA NETO, Manoel Azevedo da– **Protótipo de Sistema para Monitoramento do Consumo e Qualidade da Água na Escola Superior de Tecnologia da UEA**

AUTHORS:

Name: FÁBIO DE SOUSA CARDOSO

Affiliation: Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

Contact Information: fcardoso@uea.edu.br

Graduation in Electrical Engineering from the Federal University of Amazonas (1995) and graduation in Law from Ulbra (2020), Master's in Biomedical Engineering from the Federal University of Paraíba (2000) and PhD in Mechanical Engineering from the Federal University of Rio de Janeiro (2015). He is currently a researcher at the Inovathus Institute of Technology. He is a professor at the State University of Amazonas. He has over 22 years of experience in the field of research and development. He has experience in Biomedical Engineering, with emphasis on Biological Signal Processing, working mainly on the following topics: industrial engineering, industrial automation, RFID and clinical engineering. He has worked in the field of embedded systems, IoT, Industry 4.0, distributed robotics, multi-agent systems and machine learning. He currently belongs to the Embedded Systems Development Team (ESDT) Research Group, Embedded Systems Laboratory of the HUB-Technology and Innovation, at the State University of Amazonas, Brazil.

Most relevant publications:

- Participant as co-author of the chapter: Analysis of Energy Quality and Efficiency Based on Harmonic Indexes in Electrical Systems. CARDOSO, F.S.; TORNE, I.G.; SILVA, H.L.N.; FERNANDES, R. A.; SILVA, S. S. S. Electrical engineering: the path to sustainable development. 1st ed. Campina Grande - PB: Editora Ampila, 2021, v.1, p. 84-96.
- Participant as co-author of the chapter: Evaluation Methodology of "Open Source" ERP Systems for Medium and Small Companies. SILVA, V.R.; CARDOSO, F.S.; LIMA, E.E.; LIMA, R. M. Production engineering: foundation of competitiveness. 164-183.
- Participant as co-author of the paper: Analysis of anomalies in measurements of electrical parameters in three-phase motors in a metal pressing factory. TORNE, I.G.; CARDOSO, F.S.; CISNEROS, E. A. G.; NASCIMENTO, L. B. F.; GOMES, R.C.S.; SIGNORELLI, J. F. Brazilian Journal of Development. , v.07, p.47451 - 47473, 2021.

Name: KAROLAYNE BARBOSA MARTINS

Affiliation: Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

Contact Information: kbm_ele16@uea.edu.br

Bachelor degree in Electronic Engineering at Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University) (2021). Attended the Technical Course in Telecommunications by the Nokia Teaching Foundation (2013-2015). Awarded the 2018 RYLA for Youth Leadership. Participation in research and development projects during the bachelor's degree (2019-2021). She served as a test developer on research and development projects. Experienced in Electrical Engineering, with an emphasis on electrical, magnetic and electronic circuits. Currently attending postgraduate studies in Project Management at PUC Minas and works as a project manager at the Laboratory of Embedded Systems at the Amazonas State University.

Most relevant publications:

- Coauthor of the chapter: GOMES, R. C. S. ; FERNANDES, R. A. ; NASCIMENTO, L. B. F. ; MELO, M. V. M. ; MARTINS, K. B. ; TORNE, I. G. . Implementação de um Módulo IoT para controle de luminárias LED baseado em espelho de corrente com chaveamento de ramos. Na era da Automação. 1ed. Belo Horizonte: Poisson, 2019, v. 1, p. 56-68.
- Author of the paper: MARTINS, K. B.; BERNARDO, M. E. C. ; CANTO, N. G. ; SANTOS, M. R. . Capitu - Sistema de Apoio Presencial à Segurança da Mulher. 2016.

Name: ISRAEL GONDRES TORNÉ

Affiliation: Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

Contact Information: itorne@uea.edu.br

PhD in Electrical Engineering from the Federal University of Ceará UFC (Revalidation 2019). PhD in Technical Sciences, in the field of Electrical Engineering from the University of Camaguey (2015). Master's Degree in Electrical Engineering (1998) and Graduation in Electrical Engineering (1995) from the University of Camaguey and recognized by the University of the State of Amazonas (2018). He is currently an Adjunct Professor, Coordinator and President of the Structuring Teaching Nucleus of the Electrical Engineering Course at the Superior School of Technology at the State University of Amazonas. He has experience in the field of Electrical Engineering, with an emphasis on Electrical Power Systems and Energy Efficiency. He develops the lines of research: Energy Efficiency; Maintenance of electrical substations and Operation of Electrical Power Systems. Advisor of several Final Papers, Course Projects and Master's Degrees, participated in national and international events, published several articles on maintenance in power circuit breakers. Visiting professor at several universities in different countries such as Ethiopia, Venezuela, Ecuador and Mexico; taught different disciplines in undergraduate and graduate courses in the Master's in Electrical Engineering and Master's in Energy Efficiency programs, registered two software related to circuit breaker maintenance and failure calculation. He currently belongs to the Embedded Systems Development Team (ESDT) Research Group, Embedded Systems Laboratory of the HUB-Technology and Innovation, at the State University of Amazonas, Brazil.

Most relevant publications:

- Author of the paper: Modelo de gestión de mantenimiento parcial a interruptores de potencia mediante inteligencia artificial. GONDRES T., I.; LAJES CHOY, S.; DEL CASTILLO S., A. Revista Chilena de Ingeniería, v. 26, p. 391-397, 2018.
- Author of the chapter: Model Business Rules for Control Load through Electrical Parameters. TORNÉ, I. G.; TEIXEIRA, R. C. M.; MESTRINHO, G. S. P.; DA COSTA, I. V. B.; DE ALMEIDA, A. S.; DOS SANTOS C., EVALDO P., Smart Innovation, Systems and Technologies. 1ed.: Springer International Publishing, v. 1, p. 249-257. 2021.
 - Participant as co-author of the chapter: Automatic Balancing System of Single-Phase Consumer Units Connected to the Low-Voltage Distribution Network. DIAS, ALEX SANDER LEOCÁDIO; TORNÉ, ISRAEL GONDRES. Smart Innovation, Systems and Technologies. 1ed. Switzerland: Springer International Publishing, v. , p. 97-111. 2021.

Name: ANGLBERTO MUNIZ FERREIRA SOBRINHO

Affiliation: Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

Contact Information: asobrinho@uea.edu.br

PhD in Electrical Engineering from Universidade Federal de Campina Grande, UFCG (Federal University of Campina Grande) (2021). Master's Degree in Electrical Engineering from Universidade Federal de Campina Grande, UFCG (Federal University of Campina Grande) (2007). Graduation in Electronics Engineering from Instituto de Tecnologia da Amazonia, UTAM (Technology Institute of Amazon) (1982). He

CARDOSO, Fábio de Sousa; MARTINS, Karolayne Barbosa; TORNE, Israel Gondres; SOBRINHO, Angilberto Muniz Ferreira; OLIVEIRA, Jozias Parente; NASCIMENTO, L. B. F.; SILVA NETO, Manoel Azevedo da- **Protótipo de Sistema para Monitoramento do Consumo e Qualidade da Água na Escola Superior de Tecnologia da UEA**

is currently an Adjunct Professor, member of the Structuring Teaching Nucleus of the Electrical Engineering Course at the Superior School of Technology at the State University of Amazonas. He has experience in the field of Electrical Engineering, with an emphasis on Embedded systems and wireless communication. He develops the lines of research: Industrial communication protocols, Wireless Sensor Networks, Software Defined Radios. Advisor of several Final Papers, and Course Projects, taught different disciplines in Electrical Engineering undergraduate and Embedded Systems Specialization graduate programs. He currently belongs to the Embedded Systems Development Team (ESDT) Research Group, Embedded Systems Laboratory of the HUB-Technology and Innovation, at the State University of Amazonas, Brazil.

Most relevant publications:

- *Author of the paper:* Beamforming distribuído baseado em inversão remota de fase: Uma prova de conceito em GNU-Radio/USRP / Distributed Beamforming based on Remote Phase Inversion: A GNU-Radio/USRP Proof of Concept. SOBRINHO, ANGILBERTO; GURJÃO, EDMAR ; NETO, J. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais, 2020. Anais de XXXVIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais, 2020.
- *Co-author of the paper:* Enabling the coexistence of LTE and Wi-Fi in unlicensed bands. ABINADER, FUAD M. ; ALMEIDA, ERIKA P.L. ; CHAVES, FABIANO S. ; CAVALCANTE, ANDRE M. ; VIEIRA, ROBSON D. ; PAIVA, RAFAEL C.D. ; SOBRINHO, Angilberto M. ; CHOUDHURY, SAYANTAN ; TUOMAALA, ESA ; DOPPLER, KLAUS ; SOUSA, VICENTE A. IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, v. 52, p. 54-61, 2014.
- *Co-author of the paper:* Análise do sistema de proteção contra descargas atmosféricas de um prédio de ensino superior em Manaus / Analysis of the atmospheric discharge protection system in a higher education building in Manaus. JUNIOR, MOACIR MARIANO DE SOUZA ; TORNÉ, ISRAEL GONDRES ; CARDOSO, FÁBIO DE SOUSA ; SOBRINHO, ANGILBERTO MUNIZ FERREIRA . Brazilian Journal of Development, v. 7, p. 105554-105568, 2021.

Name: JOZIAS PARENTE DE OLIVEIRA

Affiliation: Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

Contact Information: ipoliveira@uea.edu.br

PhD in Electrical Engineering from the Federal University of Pará (2009). Master's Degree in Electrical Engineering from the Federal University of Campina Grande (2003). He is currently an Adjunct Professor of the Electrical Engineering Course at the Superior School of Technology at the State University of Amazonas. He has experience in the field of Electrical Engineering, with an emphasis on Digital and Analog signal processing. He develops the lines of research: digital image and video processing; digital systems design on FPGA. Advisor of several Final Course Projects in undergraduate courses of Electrical and Electronic Engineering. He has over 18 years of experience in developing analog and digital circuit designs. He worked as a Project Engineer in companies in the Industrial Pole of Manaus designing test equipment for production lines and products in the area of consumer electronics. He worked as a Research Specialist at the Genius Institute of Technology where he participated in the design of an integrated circuit for Pacemaker. He currently belongs to the Embedded Systems Development Team (ESDT) Research Group, Embedded Systems Laboratory of the HUB-Technology and Innovation, at the State University of Amazonas, Brazil.

Most relevant publications:

- *Author of the paper:* OLIVEIRA, J. P. ; FREIRE, R. S. ; MELCHER, E. U. K. ; Evaldo G. Paelas . HARDWARE ARCHITECTURE FOR REAL TIME VIDEO-OBJECT SEGMENTATION FROM STATIC BACKGROUND. In: XVIII Congresso Brasileiro de Automática, 2010, Bonito. Artigos - Apresentação Oral, 2010. p. 2637-2642.
- *Author of the chapter:* OLIVEIRA, J. P. ; FREIRE, R. S. ; MELCHER, E. U. K. ; Evaldo G. Paelas . SEGMENTAÇÃO DE VÍDEO COM TOLERÂNCIA À VARIAÇÃO DE LUMINOSIDADE E A PRESENÇA DE SOMBRAS. Metrologia e Instrumentação: tópicos selecionados. 01ed. Campina Grande: EDUFCG, 2010. v. , p. 181-207.
- *Participant as co-author of the chapter:* DE OLIVEIRA, JOZIAS PARENTE; CUNHA, I. B. . SÍNTESE DA MATRIZ ENERGÉTICA E ELÉTRICA DO AMAZONAS EM COMPARAÇÃO COM A MATRIZ ENERGÉTICA E ELÉTRICA NACIONAL. In: Israel Gondres Torné. (Org.). Engenharia Elétrica: O Caminho para o Desenvolvimento Sustentável. 1ed. Campina Grande: Editora Ampulla, 2021. v. 1, p. 30-54.

Name: LENNON BRANDÃO FREITAS DO NASCIMENTO

Affiliation: Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

Contact Information: lennonbfn@gmail.com

Bachelor degree in Electrical Engineering from the Amazonas State University. Currently works as a hardware researcher and developer at the Embedded Systems Laboratory (LSE) at the HUB - Technology and Innovation development center, located at the Higher School of Technology at the Amazonas State University. Experienced as a hardware developer in research and development projects for companies in the Manaus Industrial Pole (PIM), in the areas of: Industry 4.0; Embedded Automation; Communication Networks for Embedded Systems; Energy Efficiency. Currently attending postgraduate studies in business intelligence and analytics at PUC Minas and Master degree in Electrical Engineering at Federal University of Amazonas. Interest in embedded system designs and dedicated hardware to incorporate intelligent systems, process automation and to improve energy efficiency.

Most relevant publications:

- *Author of the paper:* NASCIMENTO, L. B. F.; TEIXEIRA, R. C. M. ; FERNANDES, R. A. ; REGO, S. B. T. . Implementação de uma Chave de Transferência Estática Aplicada a Sistemas de Iluminação a LED Utilizando um Sistema Fotovoltaico Off-Grid. BTSym 2019 Proceedings, v. 1, p. 160, 2019.
- *Co-author of the chapter:* Gomes, Raimundo Cláudio Souza ; Fernandes, Rubens de Andrade ; Nascimento, Lennon Brandão Freitas do ; Melo, Marcus Vinícius Martins ; Martins, Karolayne Barbosa ; Torné, Israel Gondres . Implementação de um Módulo IoT para controle de luminárias LED baseado em espelho de corrente com chaveamento de ramos. Na era da Automação, Volume 1. 1ed. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2020. v. 1, p. 57-68.
- *Co-author of the paper:* TEIXEIRA, R. C. M. ; Guimarães, W. P. S. ; RUBENS, A. F.; NASCIMENTO, L. B. F. . Desenvolvimento de um sistema de empacotamento automático para embalagem de fitas adesivas. Brazilian Journal of Development, 03 fev. 2021.
- *Co-author of the paper:* SOUSA DA SILVA, DANIEL; NASCIMENTO, L. B. ; DE ANDRADE FERNANDES, RUBENS ; SOUZA GOMES, RAIMUNDO CLÁUDIO; GONDRES TORNÉ, ISRAEL . Análise de Identificação e Estimação das Regiões de Faltas em MT: Uma Contribuição a Plataforma SmartLVGrid. In: Congresso Brasileiro de Automática 2020, 2020. Anais do Congresso Brasileiro de Automática 2020.

CARDOSO, Fábio de Sousa; MARTINS, Karolayne Barbosa; TORNE, Israel Gondres; SOBRINHO, Angilberto Muniz Ferreira; OLIVEIRA, Jozias Parente; NASCIMENTO, L. B. F.; SILVA NETO, Manoel Azevedo da- **Protótipo de Sistema para Monitoramento do Consumo e Qualidade da Água na Escola Superior de Tecnologia da UEA**

Name: MANOEL AZEVEDO DA SILVA NETO

Affiliation: Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

Contact Information: manael.masn@hotmail.com

Graduated in Electronic Technology from the State University of Amazonas (2012). Graduating in Electronic Engineering. Worked as a test developer in research and development projects. Worked on several embedded systems projects. He has experience in the area of Electrical Engineering and electronic maintenance, with an emphasis on electrical, magnetic and electronic circuits. He currently works as a Hardware Developer at the Embedded Systems Laboratory at the Universidade do Estado do Amazonas.