



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

DENIS SANTOS TIBURTINO LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA MONITORAR  
PONTOS CRÍTICOS EM UM ESTABELECIMENTO DE SAÚDE**

Recife

DENIS SANTOS TIBURTINO LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA MONITORAR  
PONTOS CRÍTICOS EM UM ESTABELECIMENTO DE SAÚDE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Engenharia de Controle e Automação da  
Universidade Federal de Pernambuco,  
como requisito parcial para obtenção do  
grau de Bacharel em Engenharia de  
Controle e Automação.

Orientador: Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Douglas Contente Pimentel Barbosa  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marilú Gomes Netto Monte da Silva

Recife

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Lopes, Denis Santos Tiburtino.

Desenvolvimento De Um Sistema Supervisório Para Monitorar Pontos Críticos Em Um Estabelecimento De Saúde / Denis Santos Tiburtino Lopes. - Recife, 2023.

54 : il., tab.

Orientador(a): Douglas Contente Pimentel Barbosa

Coorientador(a): Marilú Gomes Netto Monte da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Controle e Automação - Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. Automação. 2. Estabelecimento assistencial de saúde. 3. IoT. 4. Sistema Supervisório. 5. Monitoramento. I. Barbosa, Douglas Contente Pimentel. (Orientação). II. Monte da Silva, Marilú Gomes Netto. (Coorientação). IV. Título.

620 CDD (22.ed.)

DENIS SANTOS TIBURTINO LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA MONITORAR  
PONTOS CRÍTICOS EM UM ESTABELECIMENTO DE SAÚDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Aprovado em: 28/09/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Douglas Contente Pimentel Barbosa (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Marilú Gomes Netto Monte da Silva (Coorientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Luis Henrique Alves de Medeiros (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. MSc. Alex Ferreira Falcão Moreira (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado a todos que de alguma forma contribuíram para meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional.

Dedico a Deus, a minha mãe Miriam e meu pai Evaldo. Meu avô Luiz e minha avó Josefa (In memoriam), meu avô João (In memoriam) e minha avó Jacira. Minhas tias Marta, Raquel, Luzinete, Lindalva, Andréa, Roberta, Fabiana, Ana, Dicine, Gertrudes, Edlane e Eliane. Meus tios Luiz, Ocimar, Carlos, José Carlos, Jenário, Jonas, Evandro e Eduardo. Meus primos e primas.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou grato às pessoas que de alguma forma, contribuíram para a realização desta monografia: a Prof<sup>a</sup> Marilu Gomes, por ter aceitado ser minha Coorientadora e me dar todo o apoio no projeto, o Prof<sup>o</sup> Douglas Contente, por ter aceitado ser meu orientador e por ter ensinado a base de Instrumentação Industrial, o Prof<sup>o</sup> Rafael Cavalcanti por ter ensinado a base de Sistemas Supervisórios, o Prof<sup>o</sup> Geraldo Leite Maia por ter ensinado a base de Redes de Computadores e o engenheiro Marcus Paulo Bezerra Silva.

Agradeço aos meus amigos da Rua Juvina Francisca: Alysson, Tiago, Vinicius, Victor, Lucas, Guilherme, Matheus Bandeira, Matheus Meira, Alexandre, Nicolas, Arthur Oliveira, Arthur Quadros, André, Carlos, Henrique, Kelvin, Leonardo, Pedro Motta, Pedro Teti, Pedro Dutra, Pedro Henrique, Anderson, Sednem, Yuri, Rafael Anjos, Raphael Damasceno, Ramon, Louise, Aline, Bárbara, Eduarda, Giovanna, Esperança, Ingrid, Júlia Guimarães, Júlia Gama, Júlia Feitosa, Júlia Rachel, Laura, Luana, Marcela, Mariana, Mirela, Paula, Talita, Rachel, Wellen, Emanuelle.

Agradeço aos meus amigos do Colégio Militar: Rafael, Pedro Coelho, Pedro Gabriel, Thales, Paulo Fernando, Paulo Guilherme, Cruz, Hildebrando, Gabriel, Danilo, Diego, João Guilherme, João Victor, Thiago, Castilho, Felipe, Lhorenzo, Denys, Aline, Gabriel, Mariano, Denise.

Agradeço aos meus amigos da faculdade: Victor Rodrigo, Augusto, Henrique, Mabelle, Arthur, Filipe, Victor, Demetrius, Rodrigo, Izaac, Gustavo, Danilo, Emerson, Vinicius, Helder, Jonatas, Felipe Teodoro, João, Wedson, Rogenilton, Alex, Maria, Mayara, Leticia, Luana, Yasmim.

Agradeço aos meus amigos do Maracatronics: Flávio, Bruno, João, Emerson, Carol, Ingrid, Luiz, José, Matheus D'Lucas, Mateus, Joana, Tais, Ruan, Devson, Sérgio, Paulo, Talita, Maryllia,

Agradeço aos meus amigos da BioTech Consultoria: Sofia Malta, Isabele, Sofia Ribeiro, Fernanda, Rayanne, Eduarda, Eduardo, Beatriz Cordeiro, Whendel, Nicole, Gabriel, Felipe, Nayara, Albert, Beatriz Medeiros, Ana Sofia, Matheus, Isabella, Yuri, Laura, Yasmin, Manuela, Leiliane, Tais, Pedro, Maiara, Diogo.

Agradeço aos meus amigos da GigaVida: Genival, Emanuelle, Thaenny, Rafael, Edson, Denis Ferreira, Romário, Râneson, Paulo, Rodrigo, Marcelo, Márcio, Renan, Camilo, Ronaldo, Gabriel, Ryan, Ricardo, Ângelo, Emerson, Rozinildo, Jéssica, Rhalnierisson, Santana, Valdênio, William, Leonardo, Gilmar, Luiz, Humberto, Sunderlene, Caíto.

O primeiro requisito de um hospital é que ele  
jamais deveria fazer mal ao doente.  
(NIGHTINGALE).

## RESUMO

Estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) apresentam diversos pontos críticos que podem colocar em risco a vida de pacientes e funcionários, e a integridade da própria infraestrutura da instituição. Com isso, torna-se fundamental o desenvolvimento de soluções tecnológicas capazes de monitorar em tempo real os principais parâmetros de funcionamento do estabelecimento, possibilitando uma gestão mais eficiente e segura. Nesse contexto, neste trabalho foi desenvolvido um sistema supervisório com o objetivo principal de garantir maior segurança e qualidade dos serviços prestados em um EAS, por meio da detecção e prevenção de falhas em equipamentos e processos críticos. Utilizando uma abordagem de *design thinking*, ou seja, centrada no usuário, realizou-se um trabalho colaborativo com o setor de infraestrutura de um hospital público do Recife, para o levantamento dos pontos críticos do EAS. Com isso, foi desenvolvido um protótipo de alta fidelidade de um sistema supervisório, utilizando a versão demo do Eclipse SCADA, em que foram implementadas telas que possibilitarão coletar, armazenar e analisar dados em tempo real, de diferentes dispositivos e sistemas, tais como monitores de temperatura, umidade, pressão, fluxo e qualidade da água, entre outros. Ainda, como teste piloto, utilizou-se a placa de Arduino Uno como placa de controle e o sensor DHT11 para a monitoração da temperatura e umidade de diferentes setores. A transmissão de dados entre a placa de controle e o sistema supervisório se dar por meio do protocolo de comunicação Modbus RTU. Com acesso a esses dados, os engenheiros clínicos e de infraestrutura poderão acompanhar a evolução das condições e tomar decisões mais eficientes e rápidas em casos de falhas ou situações críticas. Além disso, o sistema gera alertas e possibilita a emissão de relatório desses alarmes, apontando pontos de melhoria e contribuindo para o crescimento contínuo da qualidade dos processos e serviços prestados.

**Palavras-chave:** Automação; Estabelecimento assistencial de saúde; IoT; Monitoramento; Sistema Supervisório.

## ABSTRACT

Health care establishments (HCE) have several critical points that can endanger the lives of patients and employees, and the integrity of the institution's own infrastructure. Therefore, it is essential to develop technological solutions capable of monitoring in real time the main operating parameters of the establishment, enabling a more efficient and safer management. In this context, this work developed a supervisory system with the main objective of ensuring greater safety and quality of services provided in an HCE, through the detection and prevention of failures in equipment and critical processes. Using a design thinking approach, that is, user-centered, a collaborative work was carried out with the infrastructure sector of a public hospital in Recife, to survey the critical points of the HCE. With that in mind, a high-fidelity prototype of a supervisory system was developed, using the demo version of Eclipse SCADA, in which screens were implemented that will make it possible to collect, store and analyze data in real time, from different devices and systems, such as temperature, humidity, pressure, flow and water quality, among others. Still, as a pilot test, the Arduino Uno board was used as a control board and the DHT11 sensor for monitoring the temperature and humidity of different sectors. Data transmission between the control board and the supervisory system takes place via the Modbus RTU communication protocol. With access to this data, clinical and infrastructure engineers will be able to follow the evolution of conditions and make more efficient and faster decisions in cases of failures or critical situations. In addition, the system generates alerts and makes it possible to issue reports on these alarms, pointing out points for improvement and contributing to the continuous growth of the quality of processes and services provided.

**Keywords:** Automation; Health care establishment; IoT; Monitoring; Supervisory system.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Tipos de monitoramento pelo supervisório EcoStruxure .....                       | 19 |
| Figura 2 – Sistema supervisório do HC de Porto Alegre: Monitoramento da Rede Elétrica ..... | 20 |
| Figura 3 - Sistema supervisório do HC de Porto Alegre: Central de Água Quente ...           | 20 |
| Figura 4 - Sistema supervisório do HC de Porto Alegre: Central Térmica .....                | 21 |
| Figura 5 - Elipse SCADA .....                                                               | 22 |
| Figura 6 - Arduino UNO.....                                                                 | 23 |
| Figura 7 - Protocolo Modbus .....                                                           | 24 |
| Figura 8 - Diagrama do Projeto .....                                                        | 25 |
| Figura 9 - Tela de Login .....                                                              | 32 |
| Figura 10 - Script de login .....                                                           | 33 |
| Figura 11 – Script para criação de usuário.....                                             | 33 |
| Figura 12 - Cadastro de usuário.....                                                        | 34 |
| Figura 13 – Tela da Planta do Hospital .....                                                | 34 |
| Figura 14 – Tela de monitoramento da Subestação.....                                        | 35 |
| Figura 15 – Tela de monitoração do nível do Reservatório de Água.....                       | 35 |
| Figura 16 – Tela de monitoração da qualidade da água do CME .....                           | 36 |
| Figura 17 – Tela de monitoração da qualidade da água da Hemodiálise.....                    | 36 |
| Figura 18 – Tela de monitoração da pressão dos reservatórios dos Gases medicinais .....     | 37 |
| Figura 19 - Central de Refrigeração .....                                                   | 38 |
| Figura 20 - Sala de Exames (RM) .....                                                       | 38 |
| Figura 21 - Sala de Vacinas e Medicamentos .....                                            | 39 |
| Figura 22 - Monitoramento da sala de exames (RM) .....                                      | 40 |
| Figura 23 - Relatório de Alarmes.....                                                       | 40 |
| Figura 24 - Easy Module Shield .....                                                        | 41 |
| Figura 25 - Esquemático do Shield .....                                                     | 42 |
| Figura 26 - Adicionando o drive no sistema. ....                                            | 43 |
| Figura 27 - Modbus Modo RTU .....                                                           | 44 |
| Figura 28 - Physical Layer Serial.....                                                      | 44 |
| Figura 29 - Port COM4/Baud Rate 9600 .....                                                  | 45 |
| Figura 30 - Criação de Tag.....                                                             | 45 |
| Figura 31 - Tag Umidade.....                                                                | 46 |
| Figura 32 - Tag Temperatura .....                                                           | 46 |
| Figura 33 - Conexão Shield/Arduino/Notebook .....                                           | 48 |
| Figura 34 - Monitoramento da temperatura e umidade ambiente.....                            | 48 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Especificações técnicas do Arduino UNO ..... | 23 |
| Tabela 2 - Características da água potável .....        | 29 |
| Tabela 3 - Características do sensor.....               | 41 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|        |                                                               |
|--------|---------------------------------------------------------------|
| CC     | Corrente Contínua                                             |
| CME    | Central de Material Esterilizado                              |
| EAS    | Estabelecimento Assistencial de Saúde                         |
| EEPROM | Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory           |
| IDE    | Integrated Development Environment                            |
| ICSP   | In-Circuit Serial Programming                                 |
| IoT    | Internet of Things                                            |
| NBR    | Norma Brasileira                                              |
| pH     | Potencial Hidrogeniônico                                      |
| PLC    | Programmable Logic Controller                                 |
| PWM    | Pulse Width Modulation                                        |
| SCADA  | Supervisory Control And Data Acquisition                      |
| SRAM   | Static Random Access Memory                                   |
| RDC    | Regulação da Diretoria Colegiada                              |
| RS-485 | Padrão de camada física de comunicação (Recommended Standard) |
| RTU    | Remote Terminal Unit                                          |
| TCP/IP | Transmission Control Protocol/Internet Protocol               |
| UR     | Umidade Relativa                                              |
| USB    | Universal Serial Bus                                          |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|    |                              |
|----|------------------------------|
| °C | Temperatura em Graus Celsius |
| %  | Porcentagem                  |

## SUMÁRIO

|          |                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                             | <b>14</b> |
| 1.1      | OBJETIVOS .....                                     | 16        |
| 1.1.1    | Geral.....                                          | 16        |
| 1.1.2    | Específicos .....                                   | 16        |
| 1.2      | ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....                        | 16        |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                  | <b>18</b> |
| 2.1      | ELIPSE SCADA.....                                   | 21        |
| 2.2      | ARDUINO UNO .....                                   | 22        |
| 2.3      | PROTOCOLO MODBUS.....                               | 23        |
| <b>3</b> | <b>DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....</b>            | <b>25</b> |
| 3.1      | LEVANTAMENTO DE PONTOS CRÍTICOS .....               | 25        |
| 3.1.1    | Subestação.....                                     | 26        |
| 3.1.2    | Rede de Gases.....                                  | 27        |
| 3.1.3    | Reservatório de Água .....                          | 28        |
| 3.1.4    | Central de Refrigeração.....                        | 29        |
| 3.2      | SISTEMA SUPERVISÓRIO.....                           | 30        |
| 3.2.1    | Criação de telas.....                               | 31        |
| 3.3      | DISPOSITIVO IOT .....                               | 41        |
| 3.3.1    | Código e Configurações do Elipse SCADA .....        | 42        |
| 3.4      | VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO.....                         | 46        |
| <b>4</b> | <b>CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE .....</b> | <b>48</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                            | <b>50</b> |
|          | <b>APÊNDICES.....</b>                               | <b>53</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Após a pandemia da COVID-19, a necessidade de investir em tecnologias na saúde se tornou mais evidente, uma vez que a crise sanitária destacou a importância da tecnologia na gestão da saúde e no atendimento aos pacientes.

No ano de 2021, o investimento global em saúde digital alcançou um recorde, atingindo a marca de US\$ 57,2 bilhões de dólares, evidenciando um aumento de 79% em relação ao ano anterior. Em 2020, os investimentos globais nessa área foram de US\$ 32 bilhões de dólares. (STATE OF DIGITAL HEALTH, 2022).

Algumas das tecnologias que podem ser exploradas para melhorar a saúde dos pacientes incluem:

- Telemedicina: é uma forma de atendimento remoto que permite que os pacientes tenham acesso a consultas médicas, diagnósticos e prescrições sem a necessidade de deslocamento físico para uma clínica ou hospital. Essa tecnologia é especialmente útil para pacientes que moram em áreas remotas ou que têm dificuldade de mobilidade. (KIELING; DA SILVA; WITT; MAGNAGNO, 2021).
- Inteligência artificial: pode ser usada para análise de dados e diagnósticos, ajudando médicos e enfermeiros a tomar decisões mais rápidas e precisas. Também pode ser usada para identificar padrões em dados de pacientes e para prever possíveis complicações de saúde. (LOBO, 2017).
- *Wearables* e dispositivos IoT (internet das coisas): relógios inteligentes e dispositivos IoT, como sensores de monitoramento, podem ser usados para coletar dados de pacientes e dados do ambiente onde o paciente se encontra no estabelecimento de saúde. (MEURER, 2018).
- Realidade virtual: usada para simular procedimentos cirúrgicos e treinar médicos e enfermeiros. Também pode ser usada para ajudar pacientes a gerenciar a dor e a ansiedade, fornecendo uma forma segura e não invasiva de terapia. (DE SOUZA, 2021).

Todos esses investimentos visam a melhoria na segurança do paciente e da qualidade do serviço prestado, das tecnologias médicas e da infraestrutura do estabelecimento assistencial de saúde (EAS).

Os pacientes esperam encontrar no EAS profissionais, equipamentos e infraestrutura em condições de lhe prestar todo o amparo de que necessitam. A qualidade dos serviços prestados pelos hospitais e a disponibilidade de recursos materiais e humanos podem impactar diretamente no bem-estar e na recuperação dos pacientes. Dando um destaque a infraestrutura hospitalar, ela deve proporcionar um ambiente seguro, confortável e acolhedor para os pacientes, que precisam se sentir confiantes e amparados durante o tratamento. A falta de infraestrutura adequada pode prejudicar a qualidade do atendimento e aumentar os riscos para os pacientes, como a ocorrência de infecções hospitalares, o atraso na realização de exames e procedimentos, a falta de leitos ou equipamentos, entre outras situações.

A Internet das Coisas (IoT) pode ser utilizada como uma ferramenta tecnológica para mitigar os riscos para os pacientes e profissionais no ambiente hospitalar. Dispositivos IoT podem coletar dados em tempo real e fornecer informações precisas aos gestores responsáveis pela manutenção hospitalar, tanto o setor de engenharia clínica, na gestão dos equipamentos médicos, como o setor de infraestrutura, na gestão da manutenção predial e equipamentos de apoio.

Um sistema supervisório que utiliza dispositivos IoT tem grande importância em um EAS, visto que auxilia no monitoramento remoto e gerenciamento de diversos aspectos do ambiente hospitalar, desde o controle de temperatura e umidade até o gerenciamento de equipamentos médicos e medicamentos. Com um sistema supervisório, é possível detectar possíveis falhas antes que elas causem algum dano, bem como identificar áreas que precisam de manutenção com antecedência. Isso pode ajudar a evitar problemas de segurança do paciente e a garantir que os serviços médicos sejam prestados de maneira eficiente. Além disso, um sistema supervisório pode gerar economia de energia elétrica, reduzir o desperdício de recursos e aumentar a eficiência operacional do EAS. Dessa forma, ele auxilia a garantir que os recursos estejam disponíveis para cuidar dos pacientes de maneira eficaz e econômica.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Geral**

Este trabalho tem por objetivo elaborar uma proposta inicial de Sistema Supervisório, para um EAS público da cidade do Recife, que visa monitorar parâmetros que são considerados pontos críticos no estabelecimento. Com o intuito de gerar maior segurança para os pacientes e profissionais do estabelecimento e melhor qualidade no serviço prestado aos pacientes.

### **1.1.2 Específicos**

Para atingir o objetivo geral do trabalho, ele foi dividido nos seguintes objetivos específicos:

- Realizar o levantamento dos pontos críticos passíveis de monitoração no EAS de estudo;
- Desenvolver um sistema supervisório utilizando o *software* Elipse SCADA;
- Elaborar um protótipo embarcado para a medição de parâmetros e envio dos dados via Modbus;
- Implementar no sistema embarcado a leitura de diferentes parâmetros e o protocolo de comunicação;
- Validação do protótipo.

## **1.2 Organização do Trabalho**

Este trabalho está organizado em 4 (quatro) capítulos. Neste Capítulo 1 é feita uma introdução ao trabalho e são apresentados os objetivos gerais e específicos. No Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica, a qual possui tudo que foi

estudado para iniciar a base do projeto: Infraestrutura hospitalar, sistema supervisório, redes de comunicação e Arduino Uno.

No capítulo 3 são apresentados o desenvolvimento e os resultados do projeto. É demonstrado qual o sensor utilizado, os parâmetros medidos, o *software* proposto e as telas criadas para o sistema supervisório.

Por fim, o Capítulo 4, apresenta as conclusões do trabalho e discute, além de mencionar a possibilidade de trabalhos futuros para esta pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A automação de processos é o uso de recursos tecnológicos e digitais para realizar tarefas que, de outra forma, dependeriam principalmente do trabalho manual. Isso permite que uma ampla variedade de rotinas, tanto em atividades simples quanto complexas, sejam realizadas por meio de sistemas e programas de computador.

Portanto, pode-se dizer que a automação atua reduzindo o tempo dispensado para a realização das tarefas, bem como a mão de obra, tornando os processos mais ágeis e eficientes, e substituindo atividades manuais por ações automáticas.

Com a automação de processos, é possível promover maior integração entre aplicativos, *softwares* e *hardwares*, possibilitando a reestruturação de uma variedade de recursos em todas as áreas de uma instituição por meio da tecnologia, contribuindo para a eficiência e qualidade dentro do estabelecimento. (SALOMI; MACIEL; 2016).

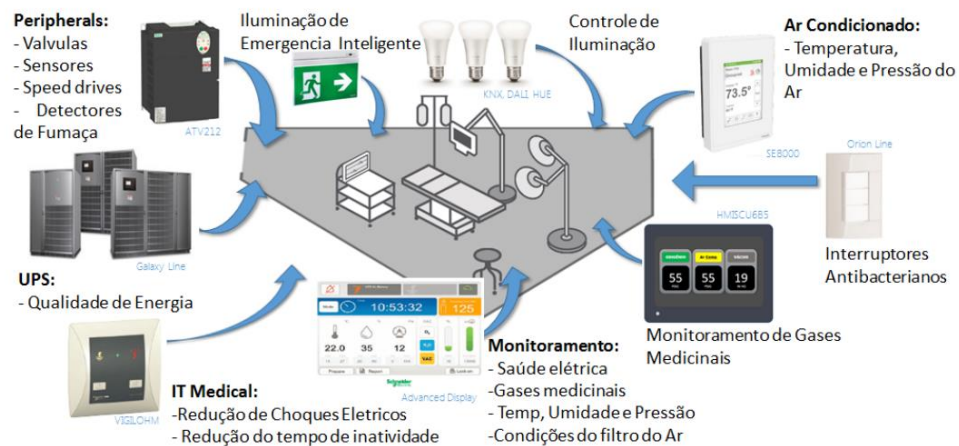
Em um estabelecimento de saúde é necessário o monitoramento e avaliação contínua para a verificação de oportunidades de melhoria e garantir a qualidade e a eficácia dos serviços. Dentro da infraestrutura hospitalar existem setores e equipamentos com diferentes criticidades, cada um com suas necessidades de monitoração de parâmetros específicos. Os profissionais dos setores de manutenção de infraestrutura e de Engenharia Clínica são responsáveis pela gestão da manutenção hospitalar, para mitigar riscos de danos ao parque tecnológico e garantir maior segurança aos pacientes e a todos que trabalham no hospital. Com essa perspectiva a automação vem auxiliar no aumento da eficiência e produtividade do estabelecimento, além de reduzir custos e minimizar erros humanos.

Diante desta necessidade, a empresa de tecnologia Schneider Eletric lançou seu produto de supervisão e monitoramento em hospitais da linha EcoStruxure (DAMIEN DHELLEMES, 2022) (Figura 1), onde é realizado o monitoramento de pontos críticos, como: energia elétrica, água, ar-condicionado, temperatura de medicamentos e vacinas, gases medicinais e pressão.

O sistema EcoStruxure funciona como uma central de monitoramento conhecida como supervisório que nada mais é do que um *software* que faz a análise de dados recebidos, e quando acusa alguma anomalia no sistema geral ele toma decisões automáticas, como em caso de falta de energia, gerando a transferência automática

para o grupo gerador, já para casos mais específicos ele precisa da ação humana, fazendo com que sempre tenha gestores, geralmente Engenheiros, que são responsáveis por essa tecnologia.

Figura 1 – Tipos de monitoramento pelo supervisório EcoStruxure



Fonte: (SILVA, 2021)

Outro exemplo de sistema supervisório, porém utilizando o *software* Elipse E3 (FILHO, 2011), foi desenvolvido pela equipe de engenharia do Hospital de Clínicas (HC) de Porto Alegre com o objetivo de melhor controlar os setores elétrico e de utilidades (FILHO, 2011). Também houve a participação da JMD Produtos Eletrônicos, empresa integradora que desenvolveu o projeto e implementou as aplicações. Nesse sistema, um dos servidores do supervisório foi configurado para gerenciar toda a área de energia (Figura 2). Através das telas do *software*, os operadores podem monitorar *nobreaks*, bancos de bateria, estabilizadores, retificadores C.C. e um dos geradores mais críticos do hospital.

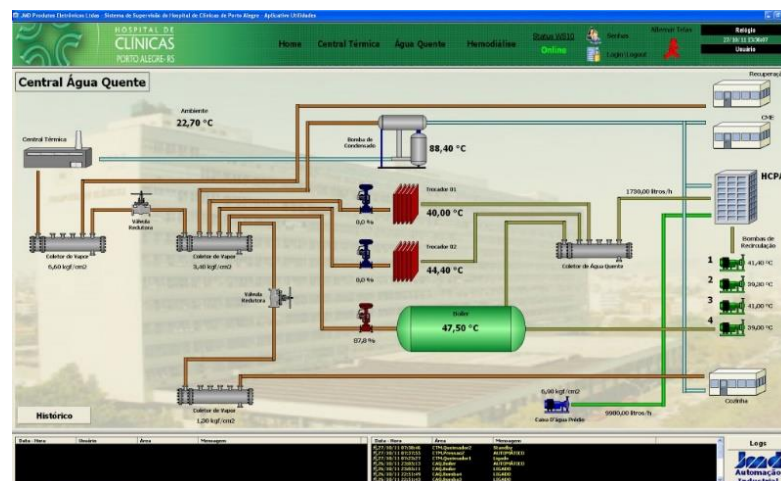
Figura 2 – Sistema supervisorio do HC de Porto Alegre: Monitoramento da Rede Elétrica



Fonte: (FILHO, 2011)

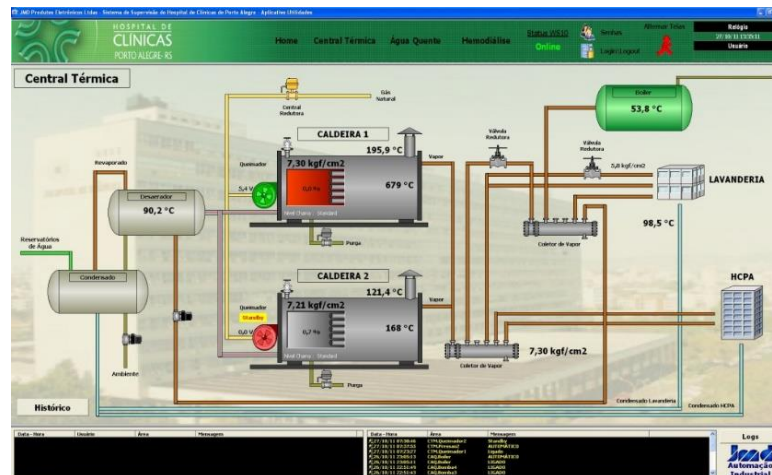
O segundo servidor (Figuras 3 e 4) contempla a área de utilidades do hospital. Uma automação ampla, através da qual o operador pode controlar uma série de setores, tais como: a central das caldeiras, a central de água quente e o sistema de osmose reversa para hemodiálise. Também são supervisionados os reservatórios de água e gases, o consumo de gás natural, lavanderia, ar comprimido, freezers, geladeiras, entre outras unidades. Cabe destacar neste escopo, a monitoração das temperaturas no interior das geladeiras e freezers onde são armazenados os medicamentos, amostras de pesquisas, tecidos e demais materiais hospitalares.

Figura 3 - Sistema supervisorio do HC de Porto Alegre: Central de Água Quente



Fonte: (FILHO, 2011)

Figura 4 - Sistema supervisório do HC de Porto Alegre: Central Térmica



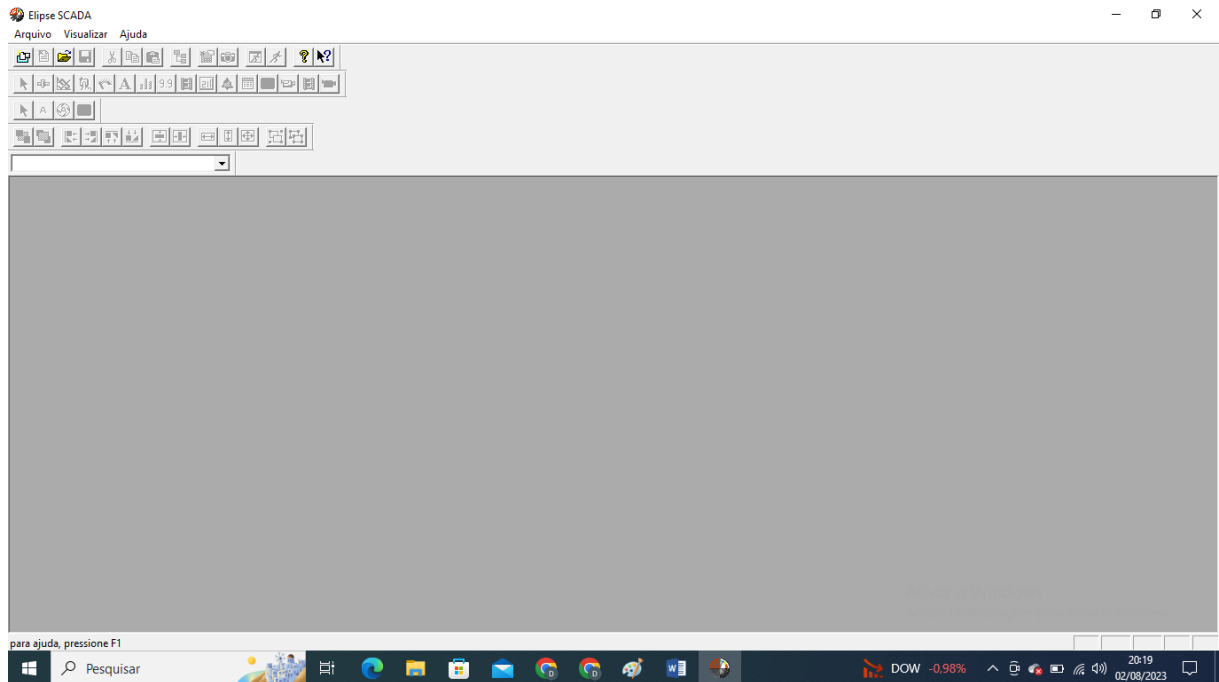
Fonte: (FILHO, 2011)

Outro recurso importante do supervisório é o seu sistema de alarmes. Através dele, o Elipse E3 emite sinais de alerta sonoro e visual, informando todos os detalhes sobre qualquer ocorrência que tenha atingido um dos setores monitorados. Com a identificação do problema, o departamento responsável pode agir de forma imediata, evitando ou diminuindo os efeitos acarretados pela ocorrência (FILHO, 2011).

## 2.1 Elipse Scada

Este projeto foi desenvolvido utilizando o *software* Elipse SCADA (ELIPSE SOFTWARE LTDA, 2015) (Figura 5), que é uma ferramenta que combina alta performance e grande versatilidade, oferecendo uma ampla gama de recursos para simplificar e agilizar o processo de desenvolvimento de aplicações. Completamente customizável pelo usuário, possibilita o monitoramento em tempo real de variáveis, por meio de gráficos e objetos associados às variáveis físicas de campo. Além disso, é capaz de realizar acionamentos e enviar ou receber informações de equipamentos de aquisição de dados. Com sua linguagem de programação exclusiva, o Elipse Basic, é possível automatizar várias tarefas para atender às necessidades específicas de cada empresa.

Figura 5 - Elipse SCADA



Fonte: Própria

## 2.2 Arduino UNO

O *Hardware* utilizado como placa de controle foi o Arduino Uno (Figura 6), que possui um microcontrolador da Atmel, o ATmega328P. Ele possui 14 pinos de entrada/saída digitais, dos quais 6 podem ser usados como saídas *Pulse Width Modulation* (PWM), 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), uma conexão *Universal Serial Bus* (USB), um conector de alimentação, um cabeçalho *In-Circuit Serial Programming* (ICSP) e um botão de reset. As especificações encontram-se na Tabela 1. (ARDUINO UNO, DATASHEET)

Figura 6 - Arduino UNO



Fonte: Própria

Tabela 1 – Especificações técnicas do Arduino UNO

| Especificações Técnicas         |                                                 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| Microcontrolador                | ATmega328P                                      |
| Tensão operacional              | 5V                                              |
| Tensão de entrada (recomendado) | 7-12V                                           |
| Tensão de entrada (limite)      | 6-20V                                           |
| Pinos digitais                  | 14 (dos quais 6 fornecem saída PWM)             |
| Pinos digitais PWM              | 6                                               |
| Pinos de entrada analógica      | 6                                               |
| Corrente CC por pino digital    | 20 mA                                           |
| Corrente CC para pino de 3,3 V  | 50 mA                                           |
| Memória flash                   | 32 KB (dos quais 0,5 KB usados pelo bootloader) |
| SRAM                            | 2 KB                                            |
| EEPROM                          | 1 KB                                            |

Fonte: ARDUINO UNO DATASHEET

## 2.3 Protocolo Modbus

Para a transmissão de dados do microcontrolador para o sistema supervisor, foi utilizado o protocolo Modbus (Figura 7), que é um protocolo de comunicação de dados utilizado para a comunicação entre dispositivos eletrônicos em sistemas de automação industrial. Foi desenvolvido pela Modicon em 1979 e desde então tem sido amplamente utilizado na indústria (NASCIMENTO; LUCENA, 2003).

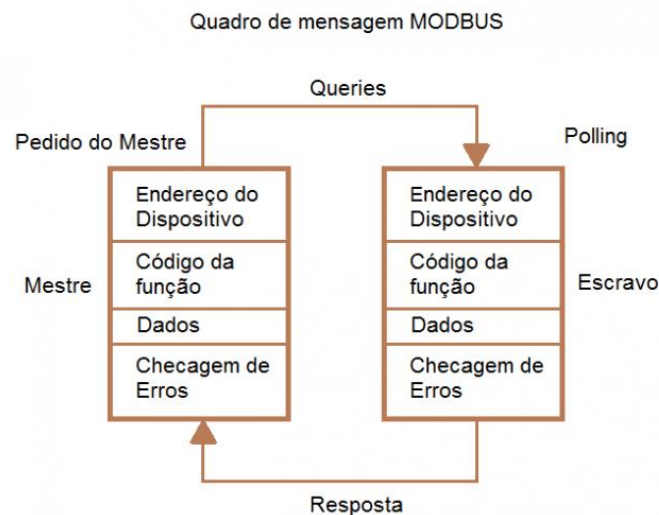
O protocolo Modbus é um protocolo de comunicação mestre/escravo, o que significa que um dispositivo (mestre) controla a comunicação e faz solicitações a

outros dispositivos (escravos) para obter informações ou enviar comandos (NASCIMENTO; LUCENA, 2003).

O Modbus pode funcionar sobre uma variedade de meios físicos, como RS-485, Ethernet e TCP/IP (NASCIMENTO; LUCENA, 2003). O protocolo é dividido em duas variantes principais (NASCIMENTO; LUCENA, 2003):

- **Modbus RTU:** é uma versão serial do protocolo, e é a variante mais comumente usada. Usa uma conexão RS-485 para comunicação e é altamente eficiente em termos de uso de largura de banda.
- **Modbus TCP:** é uma versão baseada em Ethernet. Usa conexões TCP/IP e é adequado para comunicação em redes de área ampla.

Figura 7 - Protocolo Modbus



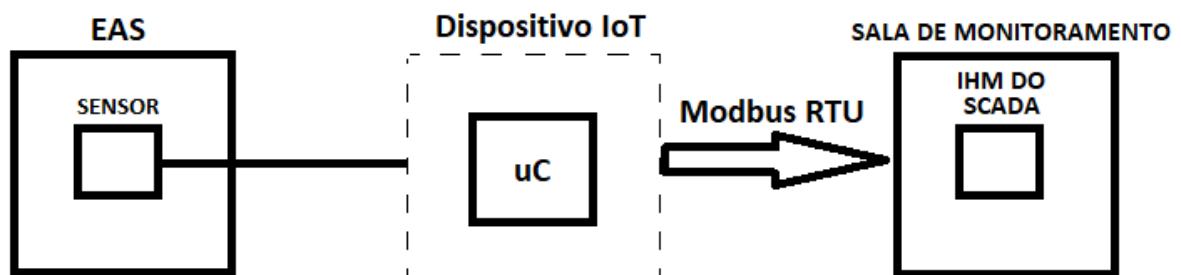
Fonte: (FREITAS, 2014)

### 3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema supervisório com o objetivo principal de garantir maior segurança e qualidade dos serviços prestados em um EAS, por meio da detecção e prevenção de falhas em equipamentos e processos críticos. O trabalho foi desenvolvido em parceria com o setor de infraestrutura de um hospital público do Recife, para o levantamento dos pontos críticos do EAS e avaliação e *feedback* quanto ao protótipo.

O desenvolvimento do protótipo do sistema foi dividido em quatro etapas: levantamento dos pontos críticos, desenvolvimento do sistema supervisório, dispositivo IoT e validação do protótipo. O diagrama do projeto encontra-se na Figura 8.

Figura 8 - Diagrama do Projeto



Fonte: Própria

#### 3.1 Levantamento de Pontos Críticos

Fazendo-se uma visita ao hospital, a qual foi guiada pelo engenheiro eletricista do setor de infraestrutura do EAS em estudo, pôde-se realizar o levantamento dos pontos críticos do hospital, os quais são essenciais para garantir a segurança e a saúde dos pacientes. Discutiu-se a viabilidade do projeto, quais parâmetros poderiam ser monitorados em cada setor visitado e, em seguida, definiu-se quais pontos críticos seriam utilizados na criação do sistema supervisório.

### **3.1.1 Subestação**

A subestação elétrica é responsável pela transformação da energia elétrica de alta tensão, distribuída pelas concessionárias de energia elétrica, em energia elétrica de baixa tensão, que é utilizada nas instalações elétricas dos estabelecimentos.

Em EAS, como hospitais, clínicas e consultórios médicos, a subestação elétrica é um elemento crucial para garantir a continuidade do fornecimento de energia elétrica e, conseqüentemente, a segurança e o atendimento aos pacientes.

A instalação e manutenção da subestação elétrica em EAS devem atender aos requisitos estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis, como a NBR 5410, que estabelece as condições mínimas necessárias para o projeto, instalação e manutenção de instalações elétricas em baixa tensão (ALVES; DA SILVA; CARVALHO, 2018) e a NBR 13534 que fala dos requisitos para segurança de instalações elétricas em EAS (ABNT, 1995).

Em uma subestação, é possível o sistema supervisório fornecer em tempo real dados de equipamentos como disjuntores, transformadores (a tensão nominal do secundário do transformador não deve exceder 230 V) (ABNT, 1995), relés de proteção e medidores de energia. Esses sistemas fazem o monitoramento de parâmetros elétricos (tensão, corrente, frequência, potência), onde são exibidos em uma sala de monitoramento através de uma interface. Dessa forma, engenheiros e técnicos podem analisar o desempenho da subestação.

Um sistema supervisório também pode ter a função de controle. Desta forma, a equipe técnica pode enviar comandos para a subestação e acionar disjuntores, configurar proteções e regular tensão.

O SCADA auxilia na detecção de falhas, na manutenção preventiva, e a gerenciar demandas e otimizar o fluxo de energia. Além de contribuir para a segurança da equipe técnica por meio da redução a exposição a riscos, visto que permite a monitoração e controle da subestação de forma remota (MOURA, 2023).

### **3.1.2 Rede de Gases**

A NBR 12188 de rede de gases em um hospital estabelece os requisitos técnicos para a instalação e manutenção das redes de gases medicinais, que são essenciais no tratamento de pacientes com problemas respiratórios ou em cirurgia. Essa normativa define os padrões de segurança e qualidade que devem ser atendidos, incluindo a especificação dos materiais utilizados, o dimensionamento das tubulações, a localização dos pontos de distribuição e a sinalização dos equipamentos.

Entre os principais gases medicinais utilizados em hospitais estão o oxigênio, o ar comprimido e o óxido nitroso, além do vácuo, que são distribuídos por meio de uma rede de tubulações que abrange todo o edifício. A normativa também estabelece os procedimentos para a realização de testes de estanqueidade e manutenção preventiva, além de definir as responsabilidades dos profissionais envolvidos na operação e supervisão da rede de gases medicinais. O cumprimento dessas normas é fundamental para garantir a segurança e a eficácia dos tratamentos médicos oferecidos em hospitais.

A pressão dos reservatórios de gases medicinais de um hospital pode variar dependendo do tipo de gás e do sistema de distribuição utilizado. No geral, as normas técnicas que regulamentam a instalação de redes de gases medicinais estabelecem pressões máximas de operação para os gases, a fim de garantir a segurança dos pacientes e dos profissionais que utilizam esses gases (LOPEZ; DE ABREU, 2013).

Para o dimensionamento da rede de distribuição de gases medicinais a pressão máxima de entrada é de 8 kgf/cm<sup>2</sup> e a pressão mínima de 4 kgf/cm<sup>2</sup>, exceto o nitrogênio, cuja pressão máxima de entrada é 20 kgf/cm<sup>2</sup> e a mínima 7 kgf/cm<sup>2</sup>.

Em centrais de tanque criogênico é instalada uma válvula reguladora de pressão na fase gasosa, que reduz a pressão de estocagem para pressão de distribuição inferior a 785 kPa (8 kgf/cm<sup>2</sup>), e capaz de manter a vazão máxima do sistema contínua (NBR 12188, 2016).

O sistema de vácuo deve manter uma pressão abaixo da pressão atmosférica mínima de 39,97 kPa ou 61,33 kPa de pressão absoluta nos postos mais distantes da central de vácuo. Para o dimensionamento da rede de vácuo, a pressão deve ser abaixo da pressão atmosférica de no mínimo 300 mmHg na central de vácuo ou 460

mmHg de pressão absoluta máxima nos postos de utilização mais distantes da central de vácuo.

### ***Reservatório de Água***

Os hospitais são grandes consumidores de água. Existem atividades médicas que seriam muito prejudicadas com a falta de abastecimento de água. Desta forma, destaca-se a importância do monitoramento do nível de água dos reservatórios nos hospitais.

Com esse monitoramento permite-se identificar uma possível falta de água antes de sua ocorrência, os engenheiros poderão agir ao visualizar algum defeito em bombas e válvulas e tomar decisões a respeito de manutenção no sistema hidráulico (M&TECH CONTROLES).

Além de monitorar o nível de água, também é muito importante monitorar a qualidade da água. O tratamento de água em uma central de material esterilizado (CME) em um hospital é essencial para garantir a qualidade dos processos de limpeza e esterilização de materiais médicos. A água utilizada nesses processos deve estar livre de impurezas, bactérias e outros micro-organismos que possam comprometer a segurança dos pacientes. Ainda, deve estar livre de sais e íons que possam oxidar os equipamentos de esterilização, como as autoclaves a vapor.

O processo de tratamento de água em uma CME geralmente envolve diversas etapas, como o pré-tratamento, filtração, desinfecção e armazenamento. Em muitos casos, é utilizada água da rede pública, que passa por um processo de tratamento para garantir a qualidade necessária (ARAUJO, 2019).

O pré-tratamento geralmente inclui a remoção de partículas maiores e a adição de produtos químicos para reduzir a turbidez e ajustar o pH da água. Em seguida, a água passa por um processo de filtração, que remove partículas menores e impurezas, como cloro e outras substâncias químicas.

A etapa de desinfecção é essencial para garantir a eliminação de bactérias e outros micro-organismos. Para isso, podem ser utilizados diferentes métodos, como a adição de cloro, ozônio ou radiação ultravioleta.

Por fim, após passar pela osmose reversa, a água tratada é armazenada em reservatórios próprios para ser utilizada nos processos de limpeza e esterilização de materiais médicos (RDC Nº 15, 2012).

Outro setor no qual é importantíssimo a qualidade da água é o setor de hemodiálise, onde é feito o tratamento de pessoas que sofrem de insuficiência renal e exige-se que a água utilizada no procedimento obedeça aos padrões da RDC Nº 11.

A presença de bactérias e inorgânicos (Alumínio, Flúor, Cloramina) pode originar riscos à saúde do paciente, causando náuseas, fraqueza muscular e vômito. Para evitar estes riscos a água deve passar por etapas de tratamento.

Para minimizar possíveis contaminações é necessário fazer a higienização semestral do reservatório de água, a troca dos filtros de carvão, troca de membranas da osmose reversa e higienização das tubulações e análise microbiológica da água. (MICRO AMBIENTAL, 2020). A Tabela 2 apresenta as características físicas da água potável utilizada na hemodiálise.

Tabela 2 - Características da água potável

| Característica       | Parâmetro aceitável                                                                              |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cor aparente         | Incolor                                                                                          |
| Turvação             | Ausente                                                                                          |
| Sabor                | Insípido                                                                                         |
| Odor                 | Inodoro                                                                                          |
| Cloro residual livre | água da rede pública maior que 0,2 mg/L;<br>água de fonte alternativa: maior que Diária 0,5 mg/L |
| pH                   | 6,0 a 9,5                                                                                        |

Fonte: (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014)

### **3.1.3 Central de Refrigeração**

O tratamento do ar em EAS é fundamental para garantir a qualidade do ar interno e prevenir a transmissão de doenças por meio do ar. O ar no EAS deve ser filtrado,

controlado e renovado adequadamente, de acordo com as normas e diretrizes específicas. Para tal, deve-se considerar a quantidade de pessoas e a atividade desenvolvida em cada ambiente. A renovação do ar pode ser realizada por meio de sistemas de ventilação mecânica, como condicionadores de ar, ou por meio de aberturas naturais, como janelas (NBR 7256, 2021). A maioria dos contaminantes biológicos se proliferam no ar úmido. Para evitar a proliferação destes contaminantes, a umidade deve ser idealmente entre 40% e 60% (BRY-AIR).

Em um EAS é importante controlar a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente para garantir o conforto térmico e a prevenção de proliferação de microrganismos, respectivamente. Existem setores no hospital como a sala de ressonância magnética, sala de tomografia, hemodinâmica e medicina nuclear que possuem equipamentos médicos ou sistemas sensíveis a esses parâmetros, por isso devem estar em um ambiente com temperatura e umidade específicas definidas pelo fabricante do equipamento. Por exemplo, umidade elevada pode ocasionar oxidação de componentes, comprometendo seu funcionamento e a elevação da temperatura nesses ambientes pode prejudicar a qualidade dos exames (ELITE ACS).

Outro setor que é essencial o monitoramento de temperatura e umidade é a sala de medicamentos e vacinas. As vacinas devem ser conservadas em uma temperatura entre 2°C e 8°C. Caso o ambiente não esteja nessas condições, a ação do imunizante no organismo pode ser comprometida (BRY-AIR).

O protótipo deste projeto foi desenvolvido baseando-se nos setores que exigem uma temperatura e umidade específica em seus ambientes.

### **3.2 Sistema Supervisório**

O *design thinking* é uma abordagem baseada em um conjunto de princípios e metodologias que permitem a criação de soluções que atendam às necessidades reais dos usuários de um produto (SEBRAE, 2014). Antes de gerar um produto, é importante desenvolver um protótipo, que é uma ferramenta importante no processo de *design thinking* para testar e validar ideias antes da implementação final. Existem diferentes tipos de protótipos, cada um com diferentes níveis de fidelidade e

detalhamento, dependendo do estágio do processo de desenvolvimento (VENTURUS, 2022):

- Protótipo de baixa fidelidade: é um protótipo rápido e de baixo custo, geralmente feito com materiais como papel e cartolina.
- Protótipo de média fidelidade: é um protótipo mais detalhado que pode ser usado para testar funcionalidades específicas. Eles podem ser feitos com materiais, como espuma, plástico, madeira ou impressão 3D.
- Protótipo de alta fidelidade: é o protótipo mais próximo da solução final, com um alto nível de detalhamento e refinamento. Eles são geralmente criados com materiais similares aos que serão usados na versão final do produto ou serviço. Os protótipos de alta fidelidade são usados para testar a experiência do usuário final e validar o *design* antes da implementação final. Eles podem incluir funcionalidades completas, *design* de interface do usuário e detalhes de interação mais complexos.

Utilizando essa abordagem de *design thinking*, neste trabalho foi desenvolvido um protótipo de alta fidelidade de um sistema supervisor, utilizando a versão demo do Elipse SCADA, em que foram implementadas telas que possibilitarão coletar, armazenar e analisar dados em tempo real, de diferentes dispositivos e sistemas, tais como monitores de temperatura, umidade, pressão, fluxo e qualidade da água, entre outros.

### **3.2.1 Criação de telas**

Baseando-se no levantamento dos pontos críticos, foram criadas telas de monitoramento de diversos parâmetros que permitirão a integração de diferentes dispositivos IoT. Como tela inicial da aplicação foi feita uma tela de *login* (Figura 9), com o intuito de restringir o acesso ao sistema apenas para indivíduos cadastrados. O usuário cadastrado tem acesso ao sistema colocando o nome do usuário e senha clicando no botão *login*, programado com o script apresentado na Figura 10, e em seguida terá acesso a planta do estabelecimento de saúde.

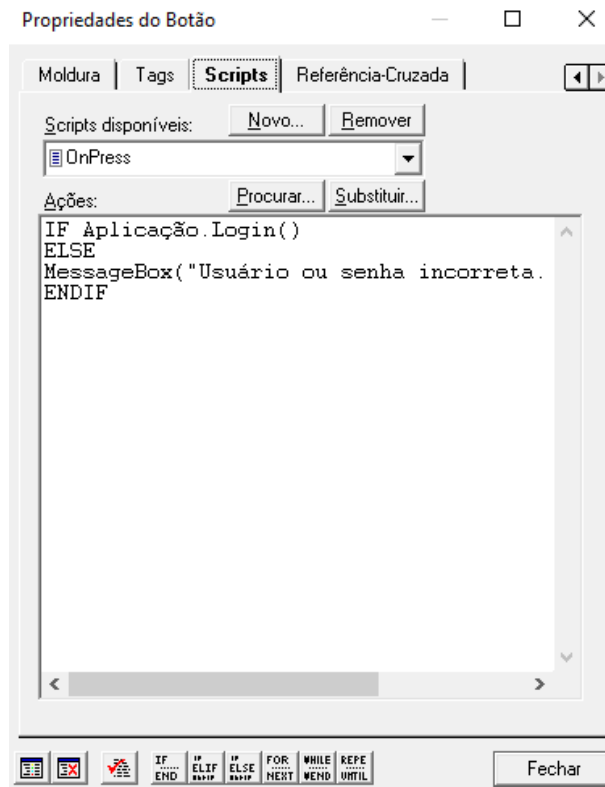
Para o cadastro de novos usuários, apenas o administrador tem esse controle. O botão “ADM” na tela inicial de login foi programado para ser habilitado apenas para o administrador ter acesso. Na Figura 11 é apresentado o script do botão de cadastro de novos usuários e na Figura 12 a tela de cadastro de novos usuários.

Figura 9 - Tela de Login



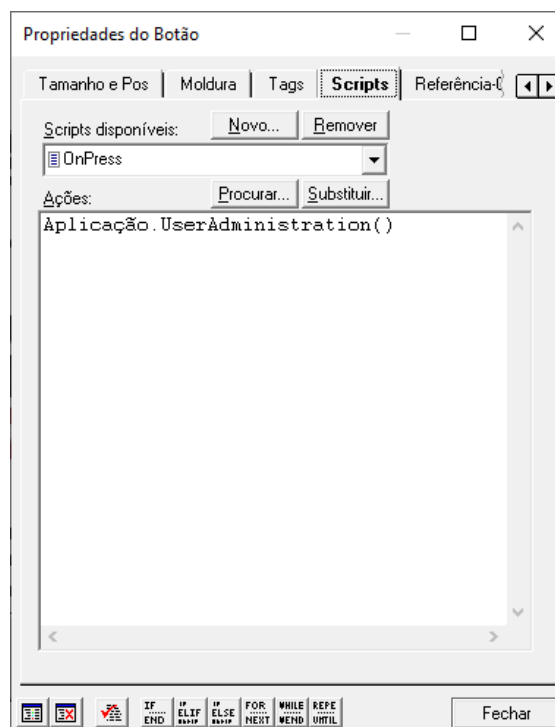
Fonte: Própria

Figura 10 - Script de login



Fonte: Própria

Figura 11 – Script para criação de usuário



Fonte: Própria

Figura 12 - Cadastro de usuário

Propriedades

**Identificação**

Nome:

Descrição:

---

Login:

Nível de Acesso:

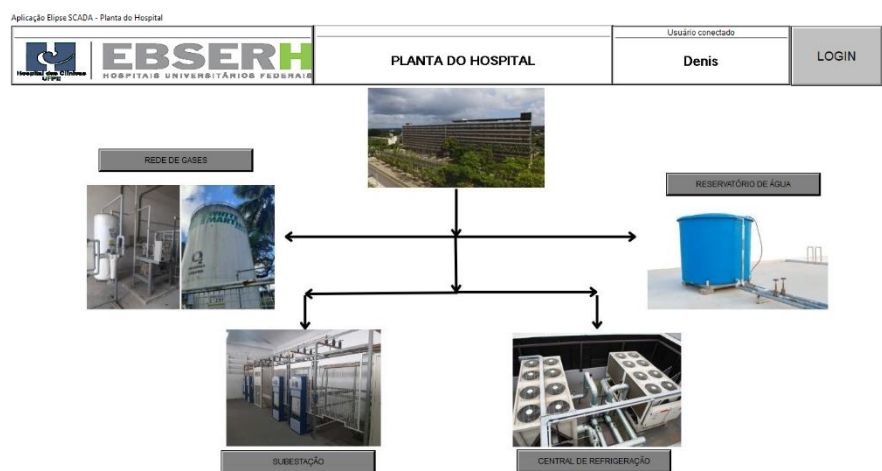
Senha:

Fechar

Fonte: Própria

A tela da planta do hospital (Figura 13) possui botões para o direcionamento para outras telas onde será realizado o monitoramento de diferentes parâmetros da Subestação, do Reservatório de água, da rede de gases e da refrigeração.

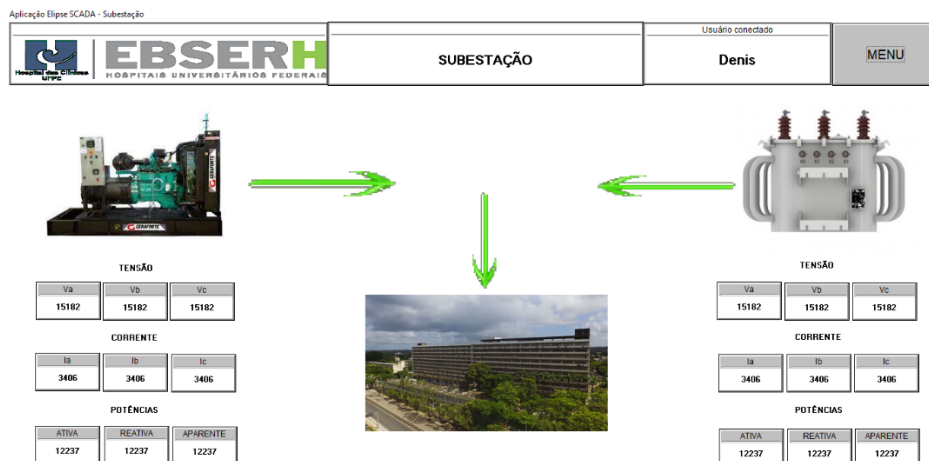
Figura 13 – Tela da Planta do Hospital



Fonte: Própria

Como pode ser visualizado na Figura 14, na tela de monitoramento da subestação sugere-se a monitoração das tensões e correntes de cada fase do gerador e do transformador, além das potências ativa, reativa e aparente.

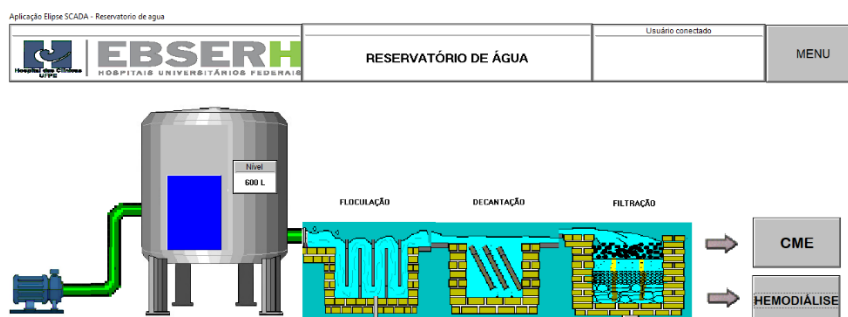
Figura 14 – Tela de monitoramento da Subestação



Fonte: Própria

Na tela do reservatório de água (Figura 15) é possível monitorar o nível da água do tanque, a qual passa pelas etapas de tratamento até chegar ao CME (Figura 16) e a unidade de hemodiálise (Figura 17). Em ambos os setores é possível monitorar a salinidade, a concentração de cloro, a condutividade, o pH e o fluxo da água que sai do reservatório após ser tratada.

Figura 15 – Tela de monitoração do nível do Reservatório de Água



Fonte: Própria

Figura 16 – Tela de monitoração da qualidade da água do CME



Fonte: Própria

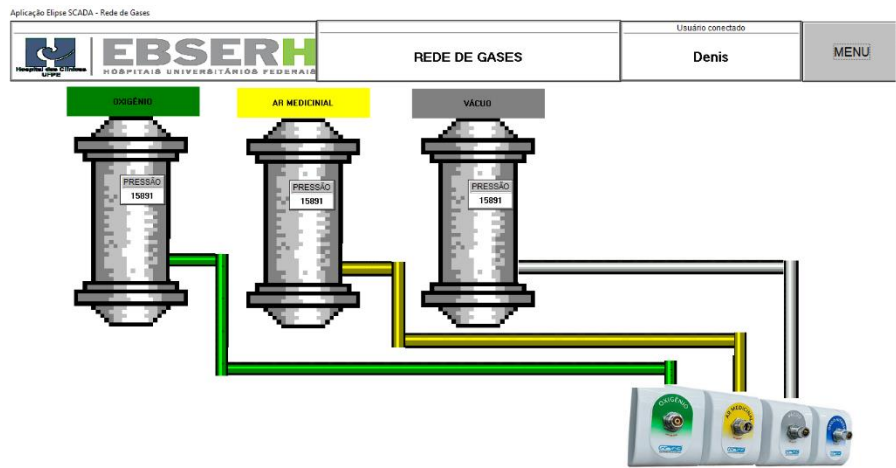
Figura 17 – Tela de monitoração da qualidade da água da Hemodiálise



Fonte: Própria

Na Figura 18 pode ser visualizada a tela de monitoramento da rede de gases, indicando o monitoramento da pressão nos reservatórios dos gases medicinais (oxigênio, ar comprimido) e vácuo, tanto para evitar explosão quanto para verificar a necessidade de reabastecimento.

Figura 18 – Tela de monitoração da pressão dos reservatórios dos Gases medicinais



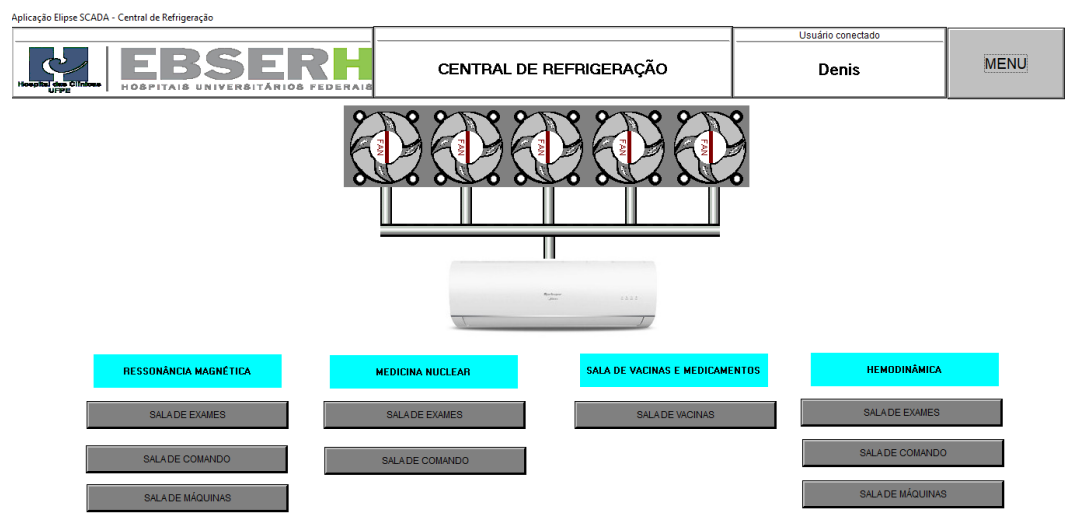
Fonte: Própria

A tela da central de refrigeração (Figura 19) é destinada para monitorar a temperatura e umidade das salas de equipamentos críticos como os equipamentos de sistemas de imagem de grande porte (exemplo na Figura 20), em que sua acurácia e vida útil depende desses parâmetros:

- Setor de Ressonância magnética: sala de exames, sala de comando e sala de máquinas;
- Setor de Medicina Nuclear: sala de exames e sala de comando;
- Setor de Hemodinâmica: sala de exames, sala de comando e sala de máquina.

Ainda, a tela de central de refrigeração permite a monitoração da temperatura e umidade do setor de farmácia, especificamente na sala de vacinas e medicamentos (Figura 21), bem como a temperatura de geladeiras e freezer que armazenam esses produtos.

Figura 19 - Central de Refrigeração



Fonte: Própria

Figura 20 - Sala de Exames (RM)



Fonte: (MORSCH, 2023)

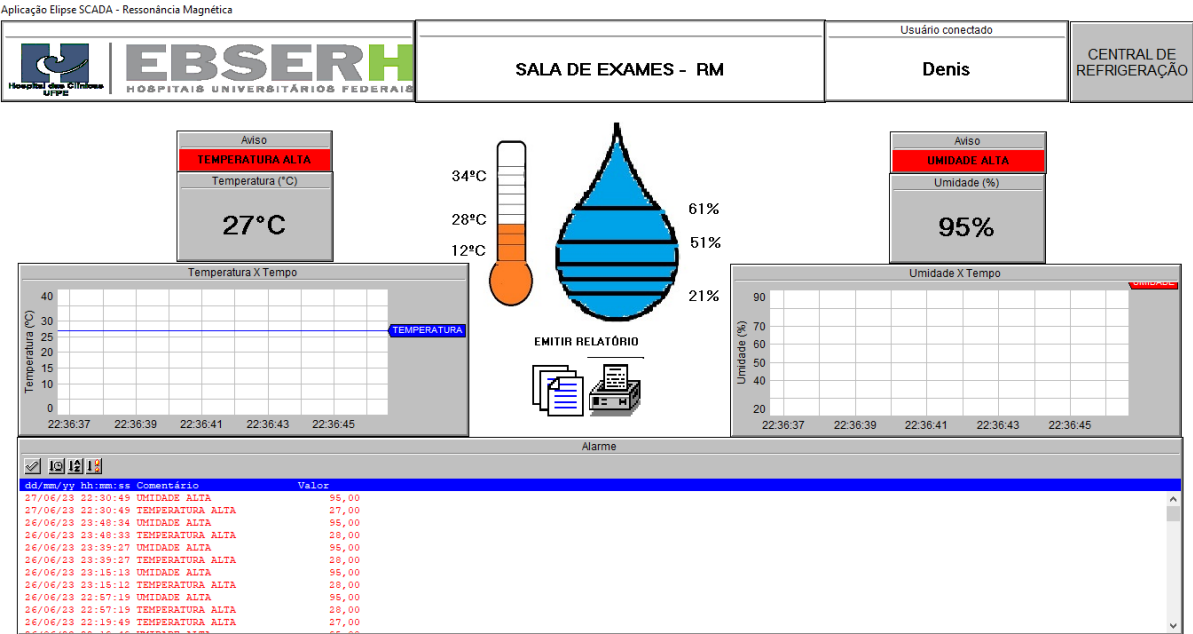
Figura 21 - Sala de Vacinas e Medicamentos



Fonte: Própria

Além das telas criadas, como teste piloto do sistema supervisor, utilizou-se um dispositivo IoT, que será abordado na seção seguinte, para a monitoração da temperatura e umidade de diferentes setores. Para essa implementação funcional do sistema supervisor, foi selecionada como exemplo a sala de exames do setor de Ressonância Magnética. Como pode ser visualizado na Figura 22, foram adicionados à tela: *displays* para a visualização da temperatura e da umidade do ambiente; acima dos displays é informado se os parâmetros monitorados estão com valores altos, baixos ou no padrão para esse tipo de sala, conforme recomendação do fabricante do equipamento; foram adicionados gráficos de tendência, para observar a variação da temperatura e da umidade com o passar do tempo; imagens dinâmicas (uma representação de um termômetro que muda de cor com o aumento e diminuição da temperatura e uma representação de uma gota que se preenche de azul com o aumento da umidade); e uma tela de alarme visual e sonoro quando os parâmetros saem do valor padrão. Ainda, acima da tela de alarme foi adicionado um botão para emitir o relatório do histórico de anormalidades da temperatura e da umidade em um intervalo de tempo. Um exemplo de relatório pode ser visualizado na Figura 23.

Figura 22 - Monitoramento da sala de exames (RM)



34°C

28°C

12°C

61%

51%

21%

EMITIR RELATÓRIO

Alarme

Fonte: Própria

Figura 23 - Relatório de Alarmes

Relatório Texto

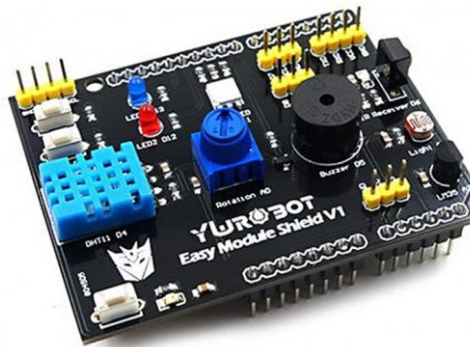
| DateTime            | Comment           | Valu  | Tagname     | User |
|---------------------|-------------------|-------|-------------|------|
| 25/03/2023 17:25:38 | UMIDADE ALTA      | 79,00 | Umidade     |      |
| 25/03/2023 17:25:38 | TEMPERATURA ALTA  | 32,00 | Temperatura |      |
| 25/03/2023 17:26:44 | TEMPERATURA ALTA  | 32,00 | Temperatura |      |
| 25/03/2023 17:26:45 | UMIDADE ALTA      | 79,00 | Umidade     |      |
| 25/03/2023 17:27:19 | TEMPERATURA ALTA  | 32,00 | Temperatura |      |
| 25/03/2023 17:27:19 | UMIDADE ALTA      | 79,00 | Umidade     |      |
| 25/03/2023 17:28:04 | TEMPERATURA ALTA  | 32,00 | Temperatura |      |
| 25/03/2023 17:28:04 | UMIDADE ALTA      | 79,00 | Umidade     |      |
| 25/03/2023 18:06:28 | TEMPERATURA BAIXA | 0,00  | Temperatura |      |
| 25/03/2023 18:11:57 | TEMPERATURA ALTA  | 30,00 | Temperatura |      |
| 28/03/2023 20:21:53 | TEMPERATURA ALTA  | 31,00 | Temperatura |      |
| 28/03/2023 20:21:53 | UMIDADE ALTA      | 79,00 | Umidade     |      |
| 28/03/2023 20:24:41 | UMIDADE ALTA      | 78,00 | Umidade     |      |
| 28/03/2023 20:24:41 | TEMPERATURA ALTA  | 31,00 | Temperatura |      |
| 28/03/2023 20:34:01 | UMIDADE ALTA      | 77,00 | Umidade     |      |
| 28/03/2023 20:34:02 | TEMPERATURA ALTA  | 32,00 | Temperatura |      |
| 28/03/2023 20:38:06 | TEMPERATURA ALTA  | 32,00 | Temperatura |      |
| 28/03/2023 20:38:06 | UMIDADE ALTA      | 77,00 | Umidade     |      |
| 28/03/2023 21:32:35 | UMIDADE ALTA      | 74,00 | Umidade     |      |
| 28/03/2023 21:32:35 | TEMPERATURA ALTA  | 32,00 | Temperatura |      |
| 29/03/2023 21:29:31 | TEMPERATURA ALTA  | 30,00 | Temperatura |      |
| 29/03/2023 21:29:31 | UMIDADE ALTA      | 87,00 | Umidade     |      |
| 29/03/2023 21:30:09 | TEMPERATURA ALTA  | 30,00 | Temperatura |      |
| 29/03/2023 21:30:09 | UMIDADE ALTA      | 86,00 | Umidade     |      |
| 29/03/2023 21:30:09 | TEMPERATURA ALTA  | 30,00 | Temperatura |      |

Fonte: Própria

### 3.3 Dispositivo IoT

Como teste piloto, utilizou-se a placa de Arduino Uno como placa de controle e o sensor DHT11 do Easy Module Shield V1 (Figura 24) para a monitoração da temperatura e umidade de diferentes setores. As especificações do sensor encontram-se na Tabela 3.

Figura 24 - Easy Module Shield



Fonte: PARTCO

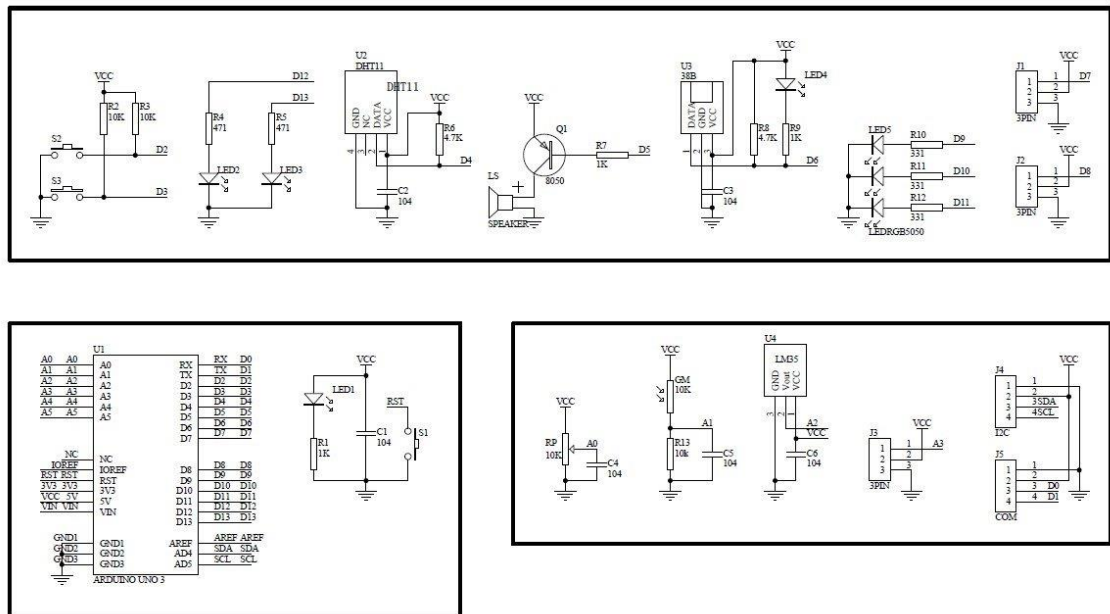
Tabela 3 - Características do sensor DHT11

| Especificações Técnicas            |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| Faixa de medição de umidade        | 20 a 90% UR               |
| Precisão da medição de umidade     | $\pm 5,0\%$ UR            |
| Faixa de medição de temperatura    | 0° a 50°C                 |
| Precisão da medição de temperatura | $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ |

Fonte: DHT11 DATASHEET

O *shield* foi projetado para ser acoplado ao Arduino UNO. O esquemático do circuito encontra-se na Figura 25, onde é possível observar o pino do Arduino UNO o qual o sensor DHT11 é conectado, permitindo posteriormente utilizar essa informação para criar o código na IDE Arduino para integrar o Arduino UNO ao Elipse SCADA.

Figura 25 - Esquemático do Shield



Fonte: GET MICROS

### 3.3.1 Código e Configurações do Eclipse SCADA

Baseando-se no esquemático do *shield*, foi desenvolvido o código (Apêndice A) na IDE Arduino. A transmissão de dados entre a placa de controle e o sistema supervisório ocorre por meio do protocolo de comunicação Modbus RTU. Dessa forma foram adicionadas as bibliotecas do protocolo Modbus, para a comunicação entre o Arduino Uno e o Eclipse SCADA, e a do sensor DHT11, para serem lidos os parâmetros de temperatura e umidade do ambiente. Foi determinada uma taxa de transmissão de 9600 bps. A leitura da umidade foi repassada para o Eclipse Scada através do registrador 0 e a temperatura através do registrador 1.

Para permitir a interação do Arduino com o software Eclipse SCADA, é necessário que o *hardware* tenha funcionalidades semelhantes às de um *Programmable Logic Controller* (PLC) ou *Remote Terminal Unit* (RTU). Isso implica a necessidade de um protocolo de comunicação programado, que permita a transmissão das informações coletadas pelos dispositivos de campo (IoT) para o sistema supervisório.

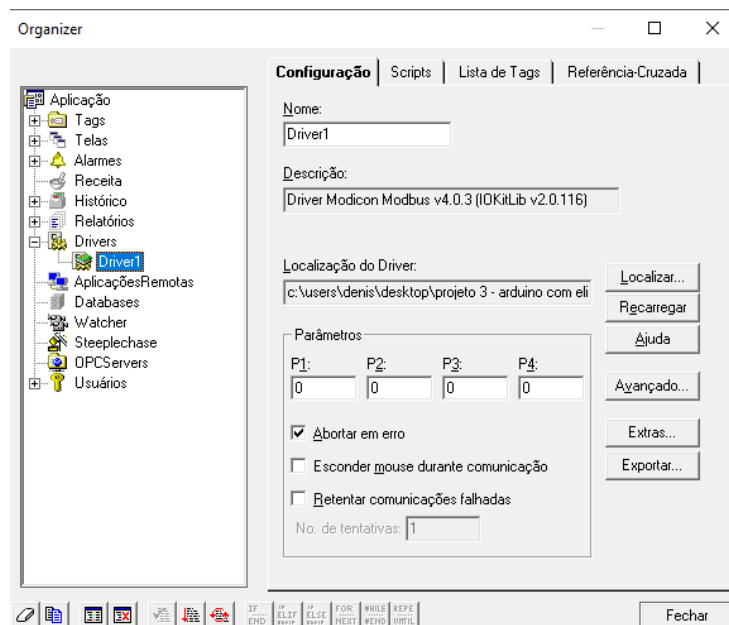
Dentre os protocolos de comunicação mais conhecidos e utilizados, destaca-se o Modicon Modbus. Para que o *hardware* possa ser configurado como uma unidade

escrava para a rede Modbus, é necessário contar com uma biblioteca que contenha as configurações do protocolo. Foi utilizada a biblioteca Modbusino.h, a qual atendeu a necessidade do projeto.

Após o Arduino ter sido configurado como um escravo da rede, foi preciso então configurar o driver mestre para a comunicação:

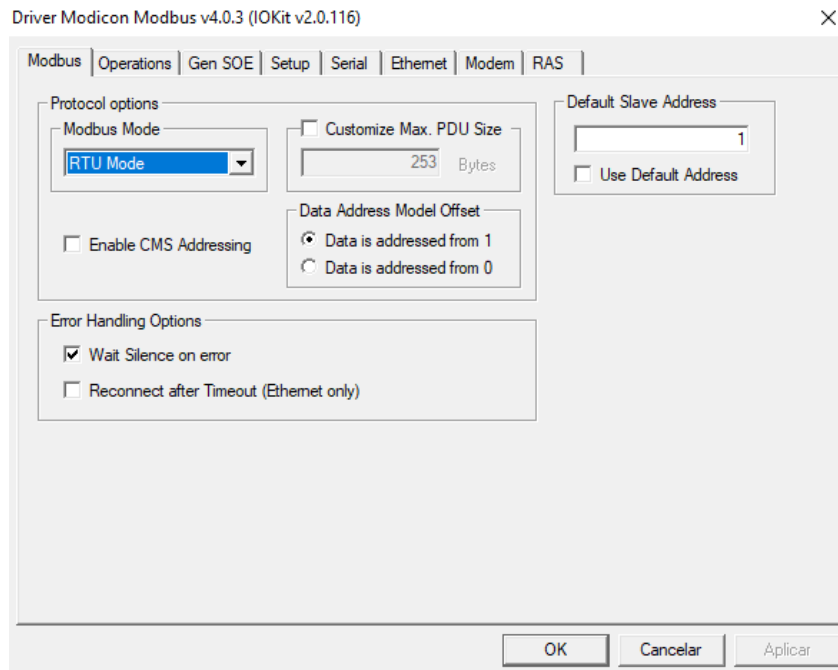
- Adicionou-se o Driver Modicon Modbus v4.0.3 (IOKitLib v2.0.116) à aplicação Elipse SCADA (Figura 26), e foi acessada as configurações (IOKit) na aba Modbus e parametrizado, conforme a Figura 27;
- Na aba Setup, foi configurada a propriedade *PhysicalLayer* como serial (Figura 28); e
- Configurou-se na aba Serial uma taxa de transmissão de 9600 bps para ser feita a comunicação entre o Elipse Scada e o Arduino Uno, e essa transmissão ser feita através da porta COM 4 conforme a Figura 29.

Figura 26 - Adicionando o drive no sistema.



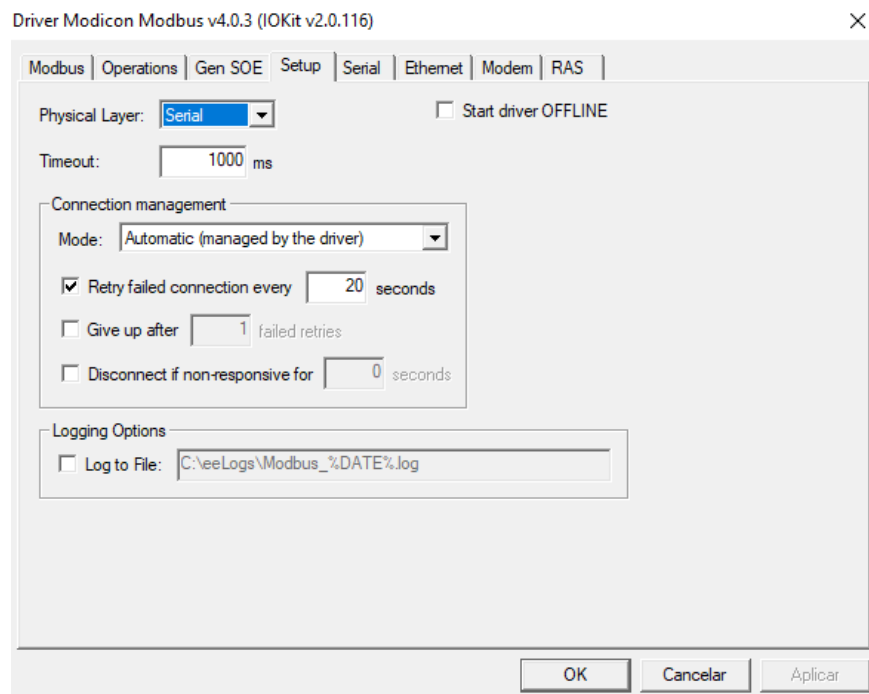
Fonte: Própria

Figura 27 - Modbus Modo RTU



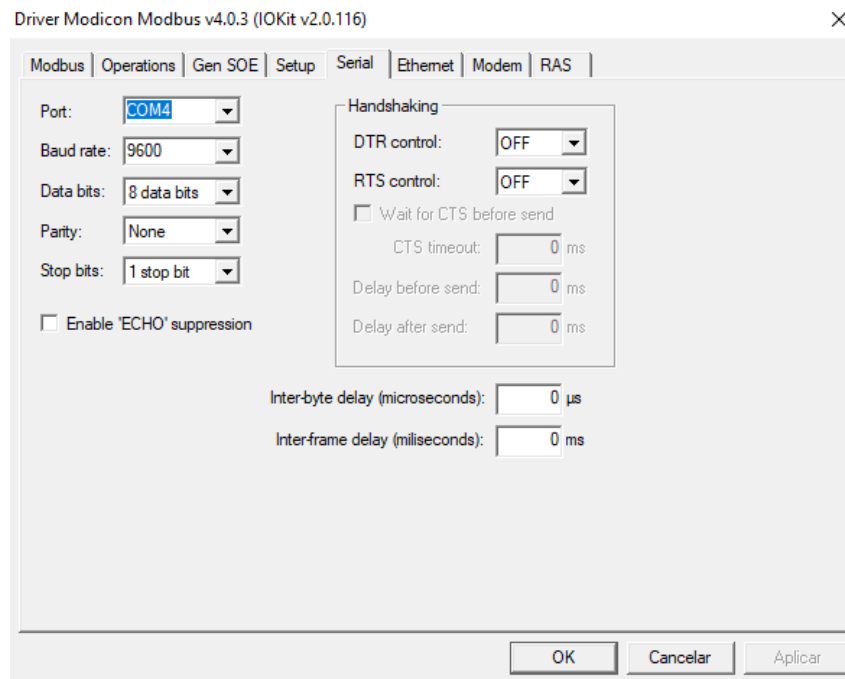
Fonte: Própria

Figura 28 - Physical Layer Serial



Fonte: Própria

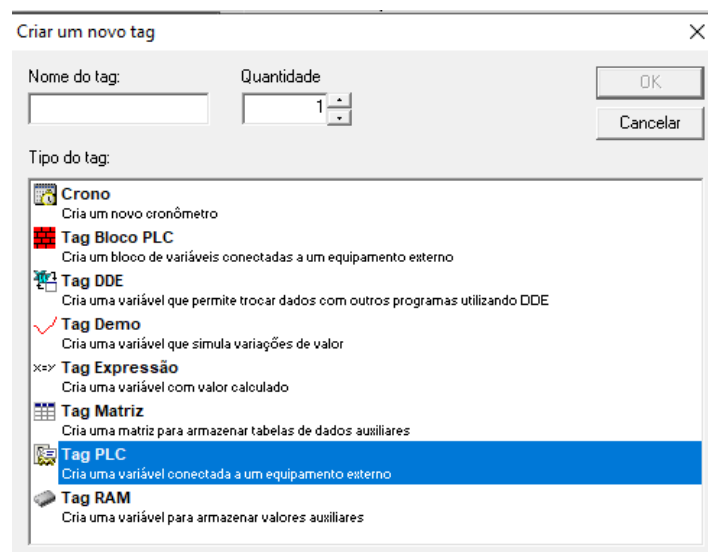
Figura 29 - Port COM4/Baud Rate 9600



Fonte: Própria

Após configurar o drive, foram criadas as tags de comunicação do tipo PLC, que representam uma variável conectada a um equipamento externo (Figura 30). A tag de umidade foi relacionada ao registrador 1 (Figura 31) e a tag de temperatura foi relacionada ao registrador 2 (Figura 32).

Figura 30 - Criação de Tag



Fonte: Própria

Figura 31 - Tag de Umidade

**Geral** | Alarmes | Scripts | Referência-Cruzada

Nome:

Descrição:

Driver:

N1:  N2:  N3:  N4:  Scan:

Fonte: Própria

Figura 32 - Tag de Temperatura

**Geral** | Alarmes | Scripts | Referência-Cruzada

Nome:

Descrição:

Driver:

N1:  N2:  N3:  N4:  Scan:

Fonte: Própria

### 3.4 Validação do protótipo

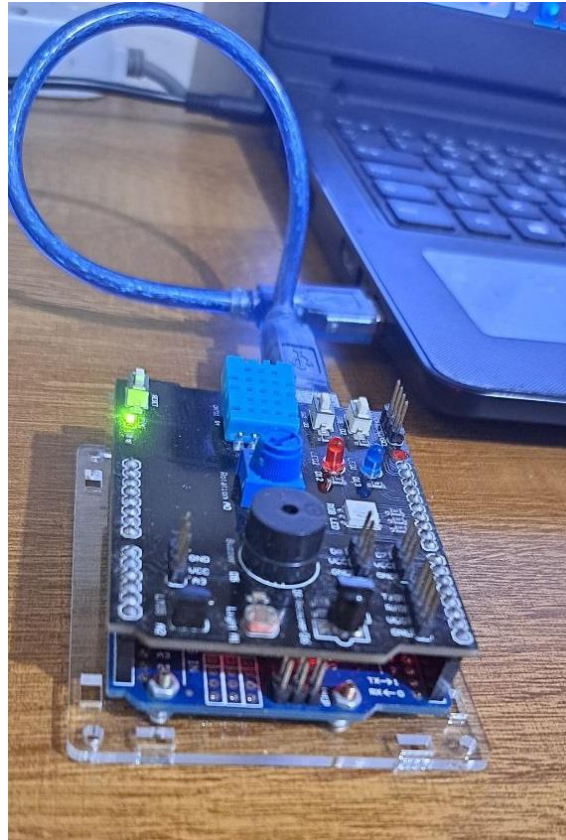
Visto a adoção da abordagem focada no usuário, alguns encontros presenciais foram realizados com o chefe do setor de manutenção e infraestrutura do hospital em estudo, com o intuito de validar o sistema supervisor. Todos os comentários do engenheiro foram levados em consideração na confecção e ajuste das telas do

sistema. Ainda, uma versão do sistema supervisório foi disponibilizada para o setor realizar testes de usabilidade, e por fim foram realizados ajustes obtendo a versão final do sistema, que foi reavaliado. Os dois usuários, que testaram, relataram que o sistema é intuitivo, ou seja, é fácil de usar e entender sem a necessidade de treinamento extensivo ou instruções detalhadas. É um sistema que pode ser usado naturalmente e sem esforço, porque seu *design* e funcionamento se baseiam nas expectativas e experiências dos usuários. Como ponto negativo, indicaram apenas a limitação de tempo de execução (duas horas) da versão de demonstração do Elipse SCADA, necessitando de uma versão paga para a monitoração constante.

E para a validação da parte funcional do protótipo, que é composta pelo dispositivo IoT de medição de temperatura e umidade, e pelo sistema supervisório (sala de exames de ressonância magnética) foram realizados testes de bancada.

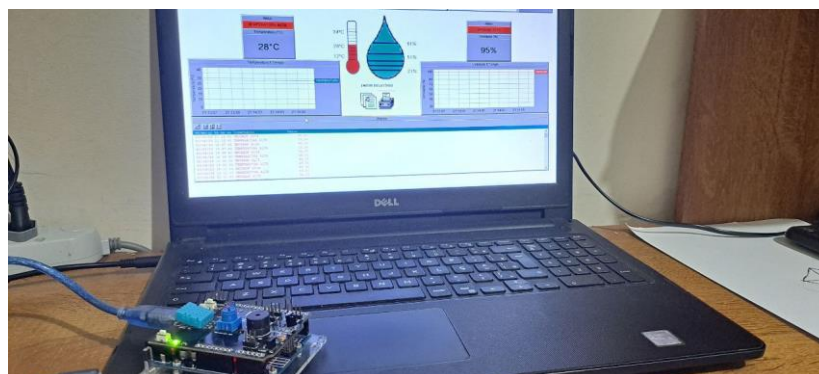
O *shield* foi acoplado ao Arduino UNO que foi conectado na porta COM 4 de um *notebook* (Figura 33). O código foi gravado no microcontrolador e pôde-se visualizar no sistema supervisório a umidade e temperatura do ambiente em que o usuário se encontra (Figura 34).

Figura 33 - Conexão Shield/Arduino/Notebook



Fonte: Própria

Figura 34 - Monitoramento da temperatura e umidade ambiente.



Fonte: Própria

## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE

A criação de um protótipo de sistema supervisorio utilizando um dispositivo IoT para monitorar a temperatura e a umidade de um EAS foi satisfatória. Da mesma

forma, o desenvolvimento das telas indicando os locais e seus parâmetros críticos dentro do EAS, para futuras integrações com diferentes dispositivos.

Foi destacada a importância dos setores de infraestrutura e engenharia clínica terem acesso a monitoração de parâmetros em determinados pontos críticos de um hospital. Com acesso a alguns dados monitorados, os engenheiros do hospital poderão estar atentos a futuros problemas que possam ocorrer no EAS e evitar danos que poderiam afetar diretamente os pacientes, os funcionários, a infraestrutura e as tecnologias médicas do hospital. Além de trazer economia para a diretoria do EAS.

Houve algumas limitações que não prejudicaram o andamento do trabalho, mas é importante serem ressaltadas. O sensor utilizado no protótipo, o DHT11 apresenta baixa precisão. Quanto ao *software* de monitoramento, inicialmente seria utilizado o Elipse E3, uma versão melhorada do Elipse SCADA, porém não se obteve sucesso em transmitir a leitura da temperatura e umidade do ambiente para o sistema supervisório. Dessa forma o projeto prosseguiu com o Elipse SCADA, que mesmo com a versão demo atendeu as necessidades do trabalho.

Existem algumas propostas de continuidade deste projeto. As sugestões de monitoramento nos pontos críticos do hospital exigem sensores de corrente, tensão, pressão, pH, fluxo de água, condutividade, salinidade e nível. Para fins didáticos e econômicos sugere-se a compra de sensores IoT. Visando uma aplicação profissional do projeto, sugere-se o uso de sensores industriais, com maior precisão e robustez, além da compra da licença do *software* SCADA e de um CLP para a transmissão dos dados para o sistema supervisório.

Este projeto foi feito visando a integração da automação na saúde, trazendo economia e benefícios para a área, com a intenção de oferecer à sociedade um EAS que atenda suas necessidades.

## REFERÊNCIAS

**PARTCO The Eletronic Shop**. Disponível em: <<https://www.partco.fi/en/arduino/arduino-shields/19703-ard-ars03218s.html>>. Acesso em: 2023.

**GETMICROS**. Disponível em: <<http://www.getmicros.net/a-look-at-the-easy-module-shield-for-arduino.php>>. Acesso em: 2023.

**Unsupported source type (DocumentFromInternetSite) for source ABN16.**

**M&Tech Controles**. Disponível em: <<http://www.mtechcontroles.com.br/automacao/know-how/automacao-predial-bms/monitoramento-de-reservatorios-com-sensor-de-nivel/>>. Acesso em: 2023.

**Elite ACS**. Disponível em: <<https://www.eliteacs.com.br/rema/>>. Acesso em: Junho 2023.

**Bry-Air**. Disponível em: <<https://www.bryair.com.br/blog/por-que-e-importante-controlar-a-umidade-e-a-temperatura-no-armazenamento-de-vacinas/#:~:text=De%20modo%20geral%2C%20as%20vacinas,no%20organismo%20pode%20ser%20comprometida.>>. Acesso em: 2023.

**Sebrae**, 2014. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/design-thinking-inovacao-pela-criacao-de-valor-para-o-cliente,c06e9889ce11a410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 2023.

**MICRO AMBIENTAL**, 2020. Disponível em: <<https://microambiental.com.br/agua-segura-para-hospitais/entenda-a-importancia-da-analise-de-agua-para-hemodialise/>>. Acesso em: 2023.

ABNT. NBR 13534: Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde - Requisitos para segurança. **faneesp**, Novembro 1995. Disponível em: <[https://www.faneesp.edu.br/site/documentos/instalacoes\\_eletricas\\_residenciais/normas/nbr\\_13534\\_instalacoes\\_eletricas\\_saude\\_requisitos\\_seguranca.pdf](https://www.faneesp.edu.br/site/documentos/instalacoes_eletricas_residenciais/normas/nbr_13534_instalacoes_eletricas_saude_requisitos_seguranca.pdf)>. Acesso em: Outubro 2023.

ALVES, Lucimara; SILVA, Patrick K. D.; CARVALHO, Rafael O. G. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM HOSPITAIS E INSTITUIÇÕES DE SAÚDE, 2018. Acesso em: 2023.

ARAUJO, ANDREA D. S. CLIMA ORGANIZACIONAL E MANEJO DE RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE NA CENTRAL DE MATERIAIS ESTERILIZADOS DO HOSPITAL DE BASE DO DISTRITO FEDERAL, PLANALTINA, 2019. Acesso em: 2023.

ARDUINO.CC. store.arduino.cc. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 2023.

BRY-AIR. **Bry-Air**. Disponível em: <<https://www.bryair.com.br/blog/qualidade-de-ar-para-salas-de-ressonancia-magnetica-e-raio-x/>>. Acesso em: 2023.

CABRERA, Bruci D. P. IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS FUNDAMENTAIS DE GERADORES SÍNCRONOS DE POLOS SALIENTES A PARTIR DA OPERAÇÃO EM REGIME PERMANENTE, Florianópolis, 2017. 138.

CAMARGO, Ivan. TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS , 2007. 65.

DHELLEMMES, DAMIEN. Blog da Schneider Electric. **Schneider Electric**, 2022. Disponível em: <<https://blog.se.com/buildings/building-management/2022/12/07/schneider-electric-recognizes-5-ecoxperts-for-excellence-in-ecostruxure-power-solutions/>>. Acesso em: 2023.

DHT11 Humidity & Temperature Sensor. **mouser**. Disponível em: <<https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>>. Acesso em: 2023.

DURIGON, Geyverson. **APLICAÇÕES E ANÁLISE DE SISTEMAS SUPERVISÓRIOS "SCADA"**. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS. Jataí, p. 6. 2012.

ELIPSE SOFTWARE LTDA. **Elipse Software**, 2015. Disponível em: <<https://www.elipse.com.br/downloads/?cat=69&key=&language=ptbr>>. Acesso em: 2023.

FILHO, Augusto R. M. APLICAÇÕES DO ELIPSE E3 NO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE. **Elipse Software**, 2011. Disponível em: <<https://www.elipse.com.br/case/aplicacoes-do-elipse-e3-no-hospital-de-clinicas-de-porto-alegre/>>. Acesso em: 2023.

FREITAS, Carlos M. Protocolo Modbus: Fundamentos e Aplicações. **Embarcados**, 2014. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/protocolo-modbus/>>. Acesso em: 2023.

KIELING, Diego L. et al. The importance of telemedicine in the. **FAG Journal of Health COVID-19 pandemic context**, Cascavel, 2021. 8.

LOBO, Luiz C. Inteligência Artificial e Medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, p. 8, 2017. Acesso em: 2023.

LOPEZ, Marisol P.; ABREU, Fernanda R. D. CENTRAL DE GASES MEDICINAIS: CORAÇÃO DE UMA INSTITUIÇÃO HOSPITALAR, BAURU, 2013. Acesso em: 2023.

MEURER, Marciel. USO DO IOT NA SAÚDE E SEGURANÇA DA, 2018. Acesso em: 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. RESOLUÇÃO - RDC Nº 15. **gov**, 2012. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015\\_15\\_03\\_2012.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015_15_03_2012.html)>. Acesso em: 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 11, DE 13 DE MARÇO DE 2014, 2014. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0011\\_13\\_03\\_2014.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0011_13_03_2014.pdf)>. Acesso em: 2023.

MORSCH, Dr. J. A. **Morsch Telemedicina**, 2023. Disponível em: <<https://telemedicinamorsch.com.br/blog/aparelho-de-ressonancia-magnetica-preco>>. Acesso em: 2023.

MOURA, Cleidson. **Linkedin**, 2023. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/sistemas-supervis%C3%B3rios-em-subesta%C3%A7%C3%B5es-cleidson-moura>>. Acesso em: Junho 2023.

NBR 7256. **Normas**, 2021. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5659/nbr7256-tratamento-de-ar-em-estabelecimentos-assistenciais-de-saude-eas-requisitos-para-projeto-e-execucao-das-instalacoes>>.

SALOMI, Maria J. A.; MACIEL, Rafael F. Gestão de documentos e automação de processos em uma instituição de saúde sem papel. **Jounal Health Informatics**, p. 8, 2016.

SAÚDE, Minitstério D. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0011\\_13\\_03\\_2014.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0011_13_03_2014.pdf)>. Acesso em: 2023.

SILVA, ÉRICA C. C. D. **PROPOSTA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE PONTOS**. [S.I.]. 2021.

SOUZA, MARTINS M. F. D. UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE APLICAÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL, 2021. 57. Acesso em: 2023.

SOUZA, Vitor A. O Protocolo Modbus, 2003. 4.

STATE of Digital Health 2022 Report. **CBINSIGHTS**, 2022. Disponível em: <<https://www.cbinsights.com/research/report/digital-health-trends-2022/>>. Acesso em: 2023.

VENTURUS , 2022. Disponível em: <<https://www.venturus.org.br/tipos-de-prototipos/>>.

ZHILENKO, Maria. GUARD VISION, 2020. Disponível em: <<https://guard-vision.com/modbus-protocol/>>. Acesso em: 2023.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Código do Arduino

```
#include <Modbusino.h>
#include "DHT.h"
//Configurações Sensor DHT-11
#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
float valor_umidade; //declara a variavel umidade
float valor_temperatura; //declara a variavel temperatura

/* Inicializa o escravo com o ID 1 */
ModbusinoSlave modbusino_slave(1);
/* Alocar um mapeamento de 10 valores */
uint16_t tab_reg[10];

void setup() {

    modbusino_slave.setup(9600);
    delay(100);
    dht.begin();
}

void loop() {

    //Ler sensores
    valor_umidade = dht.readHumidity();
    valor_temperatura= dht.readTemperature();

    //Organizar pacotes
    tab_reg[0] = valor_umidade;
    tab_reg[1] = valor_temperatura;

    //Enviar para o Elipse Scada
    modbusino_slave.loop(tab_reg, 10);

}
```