

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM INTERNET DAS COISAS

JOSIMAR PALCZUK

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTELIGENTE DE GESTÃO  
DE FLUIDOS HOSPITALARES**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2019

JOSIMAR PALCZUK

## **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTELIGENTE DE GESTÃO DE FLUIDOS HOSPITALARES**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Internet das Coisas, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Luiz Moritz

CURITIBA  
2019



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Departamento Acadêmico de Eletrônica  
Curso de Especialização em Internet das Coisas



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTELIGENTE DE GESTÃO DE FLUIDOS  
HOSPITALARES

por

JOSIMAR PALCZUK

Esta monografia foi apresentada em 29 de Novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Internet das Coisas. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Guilherme Luiz Moritz  
Orientador

---

Prof. M. Sc. Danillo Leal Belmonte  
Membro titular

---

Prof. M. Sc. Omero Francisco Bertol  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu amigo Guilherme Thieman, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho o qual foi de suma importância para sua conclusão.

Agradeço imensamente a empresa Electrolux do Brasil SA pela participação com recursos através do programa de capacitação de pessoas, no qual auxiliou financeiramente com o curso.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

PALCZUK, Josimar. **Desenvolvimento de um sistema inteligente de gestão de fluidos hospitalares**. 2019. 33 p. Monografia de Especialização em Internet das Coisas, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

O desenvolvimento do sistema inteligente de gestão de insumos tem como objetivo propiciar uma gestão dos insumos e fluidos utilizados em um hospital, desde água potável a água de osmose utilizados para hemodiálise. A pretensão é este sistema mostrar a equipe operacional e de manutenção informações importantes e pertinentes ao bom funcionamento do fornecimento de insumos do hospital através de *advices* conectados à internet de forma rápida e eficaz possibilitando a identificação rápida de desvios de fornecimento e problemas em equipamentos. Podendo ser acessado de qualquer local que tenha internet o sistema trará maior confiabilidade para o fornecimento de insumos e conseqüentemente mais segurança para os procedimentos médicos aplicados neste ambiente, contudo mesmo com limitações tecnológicas implicadas pela falta de recursos o ponto em questão é um sistema que possa monitorar de forma proativa os pontos monitorados utilizando hardwares de baixo e médio custos e softwares livres para desenvolvimento de ferramentas e aplicação da Internet das Coisas.

**Palavras-chave:** Sistema de monitoramento. Internet das Coisas. Monitoramento de fluidos hospitalares.

## ABSTRACT

PALCZUK, Josimar. **Development of an intelligent hospital fluid management system**. 2019. 33 p. Monografia de Especialização em Internet das Coisas, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

The development of smart system to do management of fluids has the main goal a management of fluids in hospitals, since water to drink, until, water to hemodialysis treatment. The goal of this Project is show to maintenance team and operational team important information's and crucial to good working and delivery fluids trough connected on internet quick and efficient, allowed identify of problems in equipment's. May accessed of anywhere trough internet. Improvement the reliability of equipment's. However, with financial limitations this project uses cheap hardware and free software do development.

**Keywords:** Monitoring system. Internet of Things. Hospital fluid monitoring.

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Utilização de ventilação mecânica forçada .....	11
Fotografia 2 – Reservatório de água de osmose fonte do estudo .....	21
Fotografia 3 – Sensores instalados no reservatório de osmose.....	24
Fotografia 4 – Ligação do sensor no módulo ESP32 .....	25
Fotografia 5 – Ligação do Raspberry Pi com broker instalado .....	27

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do protocolo de comunicação MQTT .....	15
Figura 2 – Raspberry Pi3 .....	17
Figura 3 – Módulo ESP32 .....	18
Figura 4 - Modelo simplificado do procedimento de hemodiálise .....	19
Figura 5 – Modelo simplificado do procedimento de hemodiálise .....	20
Figura 6 – Ciclo de tratamento e distribuição de água de osmose reversa .....	20
Figura 7 – Diagrama do sistema de monitoramento X9 .....	23
Figura 8 – IDE de desenvolvimento do Arduino .....	26
Figura 9 – Gerenciamento visual, tela na sala de gerente de manutenção.....	28
Figura 10 – Gráfico com variação do volume por hora.....	29
Figura 11 – Aplicativo Telegram recebendo aviso de nível baixo.....	30

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ARM	<i>Acorn RISC Machine</i>
CoAP	<i>Constrained Application Protocol – Protocolo de Aplicação Restrita</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol - Protocolo de Transferência de Hipertexto</i>
HPC	Hospital Pediátrico de Curitiba
IoT	<i>Internet of Things</i>
MHz	Unidade de frequência em hertz (milhões de vezes por segundo)
MQTT	<i>Message Queue Telemetry Transport</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
TCP/IP	TCP - <i>Transmission Control Protocol</i> e o IP - <i>Internet Protocol</i>
TI	Tecnologia de Informação
UPnP	<i>Universal Plug and Play</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	9
1.2 PROBLEMA .....	9
1.3 OBJETIVOS .....	10
1.3.1 Objetivo Geral .....	10
1.3.2 Objetivos Específicos .....	10
1.4 JUSTIFICATIVA .....	11
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	12
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>13</b>
2.1 INTERNET DAS COISAS .....	13
2.2 COMUNICAÇÃO .....	13
2.3 COMPUTAÇÃO EM NUVEM .....	14
2.4 MQTT (MESSAGE QUEUE TELEMETRY TRANSPORT) .....	14
2.5 RASPBERRY PI .....	16
2.6 ESP8266 .....	17
2.7 NODE RED .....	18
2.8 HEMODIÁLISE .....	19
<b>3 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>22</b>
3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS .....	22
3.2 DIAGRAMA DE BLOCOS GERAL DO SISTEMA X9 .....	22
3.3 INSTALAÇÃO DOS SENSORES .....	23
3.4 CODIFICAÇÃO DO ESP32 PARA COLETA DE DADO DOS SENSORES .....	24
3.5 BROKER MQTT NO RASPBERRY PI .....	26
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
4.1 GERENCIAMENTO VISUAL .....	28
4.2 GRÁFICO DO VOLUME X TEMPO .....	29
4.3 ENVIOS DE ALARME VISUAL E MENSAGEM .....	29
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>31</b>
5.1 TRABALHOS FUTUROS .....	31
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um sistema inteligente para o monitoramento de fluxos e fluidos hospitalares vem de encontro a necessidade da aplicação de ferramentas tecnológicas para o monitoramento ambiental e propiciar atendimento rápido nos equipamentos que apresentem falhas. A falta destes insumos pode gerar graves prejuízos uma vez que são essenciais para a vida do paciente.

Há diversos sistemas de monitoramento no mercado como *WinCC*, *SCADA*, *SCADABR*, *Endress+Houser*, entre outros, sendo estes com alto valor agregado e com opções de monitoramento de alta qualidade. Por outro lado, a abordagem do trabalho é a aplicação de uma ferramenta viável de monitoramento, uma vez que o hospital em questão é público, e com recursos limitados.

Diferente das indústrias químicas de transportes e manufatura onde o monitoramento é em virtude da economia, redução de custos, confiabilidade de equipamentos, manutenibilidade de equipamentos, este trabalho visa atender um hospital onde o maior bem é vida dos pacientes, dentro desta perspectiva o desenvolvimento deste sistema de monitoramento tem a premissa de monitorar os fluidos mais críticos para estes que serão beneficiados.

Para o desenvolvimento do trabalho, serão definidos o hardware e software a ser utilizado, quais tecnologias de transferência de dados serão utilizadas (wi-fi, bluetooth, entre outros) e quais aplicativos serão necessários para o monitoramento propriamente dito.

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

### 1.2 PROBLEMA

A licença de qualquer tipo de sistema de gestão é adquirida por um valor monetário por geralmente alto valor, com necessidades treinamentos, pagamentos mensais de suporte técnico da ferramenta e implementações entre outros custos diversos envolvidos.

Ao ter-se o domínio, conhecimento e ou mesmo intenção, é possível desenvolver um próprio sistema de gestão que se comporte conforme necessário para atender a especificidade da necessidade do ambiente, assim no trabalho a

seguir desenvolveu-se um sistema de monitoramento de fluidos industriais e hospitalares que podem afetar diretamente os pacientes de um hospital, assim a realização deste trabalho é utilizar o conhecimento adquirido na especialização e criar um sistema que atende as necessidades desta instituição específica do Hospital Pediátrico de Curitiba (HPC).

### 1.3 OBJETIVOS

Desenvolver um sistema de gestão de fluidos hospitalares, com foco no monitoramento da água osmose de hemodiálise do Hospital Pediátrico de Curitiba.

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Aplicar as ferramentas e metodologias de desenvolvimento para o desenvolvimento de uma ferramenta de gestão de equipamentos que comportam os fluidos hospitalares da instituição HPC para a realização do monitoramento da presença de água para fins de hemodiálise no reservatório.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

Para atender ao objetivo geral neste trabalho de conclusão de curso de especialização os seguintes objetivos específicos serão abordados:

- Aplicar os conhecimentos para a realização do monitoramento da presença de água de diálise para fins de hemodiálise no reservatório destinado a este fim;
- Caracterizar a importação dos fluidos hospitalares;
- Identificar a forma mais adequada para o monitoramento da presença e do volume de água no reservatório;
- Monitorar instantaneamente o volume do fluido;
- Elaborar forma de aviso em caso de baixo volume do fluido para ação corretiva.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Identifica-se a falta de fluidos utilizados em uma unidade de saúde neste caso por muitas vezes somente quando não há mais estoque nos reservatórios, quando as equipes de ação são avisadas para as devidas ações corretivas. Dentre estes fluidos estão água potável, nitrogênio medicinal, oxigênio medicinal, água de osmose de hemodiálise, vapor, ar condicionado e ar medicinal.

A falta destes fluidos pode ser a diferença entre a vida e a morte de um paciente, dependendo de sua condição, por exemplo hipotético, a falta de oxigênio medicinal para o centro cirúrgico, caso não seja identificada de forma rápida que proporcione a ventilação mecânica (Fotografia 1) o paciente ficará sem oxigênio e fatalmente perderá a vida. Se a equipe de trabalho tenha uma forma visual quanto a chegada deste fluido, e consiga antever a sua falta, mesmo que por poucos tempo antes, é possível uma ação paliativa para que a ventilação mecânica seja possível, podendo o paciente ter maiores chance de sobrevivência.

**Fotografia 1 – Utilização de ventilação mecânica forçada**



Fonte: Autoria própria<sup>1</sup>.

O mesmo pode ser aplicado aos diversos outros fluidos utilizados nas unidades de saúde.

O monitoramento da água de osmose tem o intuito similar ao aplicado na utilização de oxigênio medicinal, que é a garantia do fluido para a utilização em

---

<sup>1</sup> Fonte: **GE Healthcare**. Disponível em: <[http://www3.gehealthcare.com.br/pt-br/excluidos/equipamentos\\_de\\_suporte\\_a\\_vida/atualizacao\\_em\\_uti](http://www3.gehealthcare.com.br/pt-br/excluidos/equipamentos_de_suporte_a_vida/atualizacao_em_uti)>. Acesso em: 20 out. 2019.

hemodiálise sem o risco da falta e posterior possibilidade de afetar de forma negativa o paciente que está passando pelo procedimento.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia de especialização está dividida em 5 (cinco) seções. Nesta primeira seção foi introduzido o assunto tema do trabalho e também foram abordados a motivação e os objetivos geral e específicos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho a seguir.

Já na segunda seção: “Metodologia”, será abordado a respeito da tecnologia utilizada para a obtenção dos dados, tráfego dos dados de forma mais adequada ao ambiente.

A seguir na terceira seção: “Desenvolvimento”, serão abordadas as placas eletrônicas, sensores e computadores utilizados para os monitoramentos. Tendo como base os o desenvolvimento dos programas embarcados nas placas eletrônicas, serão abordados o mais conveniente utilizado para o monitoramento do volume da água de diálise.

Na quarta seção: “Resultados”, serão abordados os resultados obtidos e análise das melhorias ou não obtidas com o desenvolvimento do trabalho.

Por último na quinta seção: “Conclusão”, serão retomados a pergunta de pesquisa e os seus objetivos e apontado como foram solucionados, respondidos ou não, atingidos ou não, por meio do trabalho realizado. Além disto, serão sugeridos trabalhos futuros que poderiam ser realizados a partir do estudo realizado e atividades previstas com a continuação deste projeto com os próximos passos.

## 2 METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentados conceitos, revisões bibliográficas e definições para facilitar o entendimento da aplicação.

### 2.1 INTERNET DAS COISAS

Internet das Coisas é muito mais do que ligar lâmpadas pelo smartphone. Não é somente ligar as “coisas” pela internet, mas também é torná-las inteligentes, capazes de coletar e processar informações do ambiente ou das redes às quais estão conectadas. A implementação de um projeto de Internet das Coisas está mudando totalmente a forma como nos relacionamos com as coisas que estão ao nosso redor, transformando segurança, energia, meio ambiente, trânsito, mobilidade e logística; E o momento atual é propício para essa integração, visto que os dispositivos necessários, agregando as tecnologias para integração e a conexão alcançaram preços compatíveis com as “coisas” que se desejam integrar (OLIVEIRA, 2017).

Mesmo o conceito não sendo novo e já utilizado há mais de 20 anos, com grande popularização da internet e redução significativa dos custos envolvidos já se pensava na forma de interação de equipamentos utilizados no dia a dia pela internet assim com o advento do acesso a informação quase que global projetos deste tipo se tornam cada vez mais fáceis de serem implementados.

Este mercado está longe de alcançar um limite, há ainda muito mercado a ser explorado e a crescer nos próximos anos, com maior geração de dados, além de novos produtos e novos mercados aparecendo a cada dia, novas profissões serão criadas graças a esta crescente tecnologia.

### 2.2 COMUNICAÇÃO

Diversas tecnologias de comunicação existem no mercado para os mais diversos fins, desde atendimento ao monitoramento de grandes volumes de produtos como roupas e calçados até a tecnologias mais confiáveis para aplicação hospitalar e industrial.

Dentre estas tecnologias pode-se citar o *Radio Frequency Identification* (RFID) o qual surgiu em meados de 1940 atuando junto com *transponders* nos aviões da segunda guerra mundial com princípio bastante simples, utiliza a radiofrequência única para monitoramento e controle de posição, hoje pelo baixo custo utilizado em crachás e sensores de roupas, calçados, entre outros (DIAS; PERIN, 2016).

Pode-se citar também as redes de sensores sem fio compostas por até milhares de microprocessadores conectados entre si com capacidade de conexão e transmissão de dados sem fio com longos períodos de duração.

Há também além das redes de telefonia 2G, 3G, 4G, futuro 5G, tem-se o *Bluetooth* e redes Wi-Fi. A rede Wi-Fi com o protocolo de comunicação TCP/IP (TCP - *Transmission Control Protocol* e o IP - *Internet Protocol*) foi escolhida para ser a rede entre os sensores sem fio deste sistema de gestão. O motivo da escolha desta tecnologia, trata-se de ser a mais viável, pois já existem uma rede Wi-Fi no interior do hospital com a possibilidade do seu uso em toda a área, sem necessidade de maiores investimentos.

### 2.3 COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Graças a computação em nuvem, tem-se a oportunidade de usar, em qualquer lugar e sem ficar presos a plataformas específicas, diversas aplicações por meio da internet. O Mais interessante: não se depende de um computador fixo próprio (MARINHO; CRUZ, 2019).

A tecnologia em nuvem pode nos proporcionar a utilização de aplicativos e com exigências computacionais que seriam bastante difíceis de serem utilizados de forma local, em virtude dos altos investimentos necessários e do baixo custo benefício possível, assim ter uma virtualização de ferramenta é uma saída viável, segura, econômica e robusta para as aplicações comerciais disponíveis no mercado.

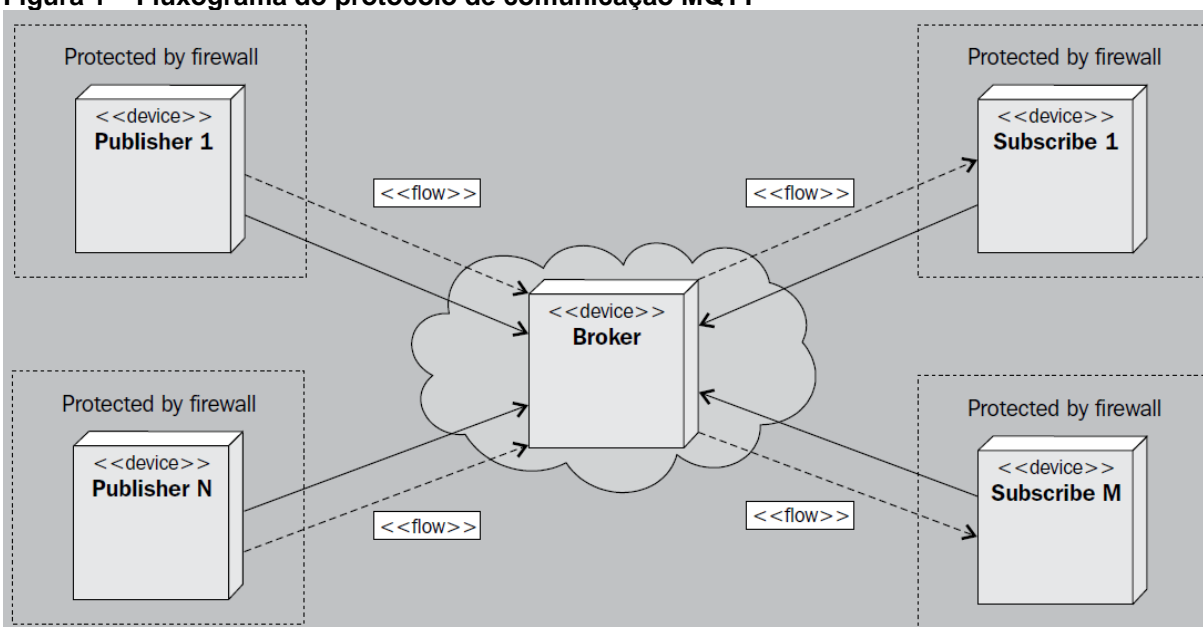
### 2.4 MQTT (MESSAGE QUEUE TELEMETRY TRANSPORT)

Entre os protocolos de comunicação como o CoAP (*Constrained Application Protocol – Protocolo de Aplicação Restrita*), HTTP (*Hypertext Transfer Protocol - Protocolo de Transferência de Hipertexto*), UPnP (*Universal Plug and Play*). O MQTT

(*Message Queue Telemetry Transport*) é um protocolo de comunicação bastante difundido para utilização nas aplicações de *Internet of Things* (IoT), por possuir um cabeçalho bastante compacto e exigir poucos recursos de hardware e energia e baixa banda para funcionar. Um aspecto interessante é o fato dele operar com conexões TCP, que possuem garantia de entrega das mensagens.

Como dito acima, um *broker* (servidor) pode ser utilizado na computação em nuvem, sendo ele pago ou gratuito (com utilização limitada). Pode ser também utilizado um servidor em um microcomputador ou um minicomputador como o Raspberry Pi. Um dos mais conhecidos e utilizados no desenvolvimento deste projeto é o *broker Mosquitto*. Um software com licença *open source* (EPL/ELD licensed) utilizando modelo de inscrição (*subscribe*) e publicação (*publish*), este método permite que diversos sensores e *devices* publiquem informações conforme necessário na aplicação e seja recebido por um dispositivo que através de um aplicativo seja inscrito para receber estas informações. Este padrão no qual o MQTT está baseado em três principais atores, apresentados na Figura 1: a) publicação (*publisher*), b) inscrito (*subscribe*), e c) *broker* de mensagem (WAHER, 2015).

**Figura 1 – Fluxograma do protocolo de comunicação MQTT**



Fonte: Waher (2015).

Ainda observados na Figura 1, a finalidade dos atores são assim descritas conforme Waher (2015):

- Publicação (*publisher*): o papel deste, é conectar-se ao intermediário de mensagem e fazer a publicação do conteúdo;



- Inscrito (*subscribe*): estes conectam-se no mesmo intermediário, assinam o conteúdo de interesse para receber as mensagens que serão lá publicadas;
- *Broker* de mensagem: este personagem intermediário entre ambos, garante que o conteúdo publicado seja transmitido para todos os assinantes interessados.

## 2.5 RASPBERRY PI

O Raspberry PI foi desenvolvido para ser um minicomputador, com baixo custo para o usuário final, com o tamanho pouco maior que um cartão de crédito, tornou-se uma poderosa ferramenta para o desenvolvimento de sistemas e aplicativos ligados a sensores e com interfaces web, sendo muitas vezes utilizado como servidor de aplicações que requerem um processamento não tão potente como de um supercomputador ou como de uma aplicação em nuvem (DIAS; PERIN, 2016).

Este minicomputador pode ter em seu cartão de memória sistemas operacionais livres como o Raspian ou Linux com arquitetura ARM (*Acorn RISC Machine*).

O desenvolvimento deste trabalho utilizou um hardware destes porte para ser o servidor da aplicação Mosquitto (o qual será abordado em seguida), sendo estes responsável pelo por suportar o Broker MQTT para a aplicação de IoT desenvolvida, este servidor fara a gestão da comunicação entre os sensores e a interface de comunicação do com usuário, isto acontece através do *subscribe* e *publish* ou seja, ferramentas de envio e publicação de dados.

Para este projeto foram utilizados um Raspberry Pi3, apresentado na Figura 2, com as seguintes características:

- 1.2 GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU;
- 1GB RAM;
- 4 portas USB e 40 pinos GPIO;
- Porta HDMI Full e Ethernet;
- Slot para cartão Micro SD;
- VideoCore IV 3D com processador gráfico;
- 802.11n Wireless LAN.

**Figura 2 – Raspberry Pi3**



Fonte: Autoria própria<sup>2</sup>.

## 2.6 ESP8266

O ESP8266 é um microcontrolador de 32 bits, o qual contém um núcleo micro processado que funciona com uma frequência padrão entre 80 e 160 MHz, e conta com uma interface Wi-Fi integrada, o que facilita o desenvolvimento de aplicações para IoT, devido a sua baixa tensão de trabalho que é de 3,3 volts e com um consumo baixo de energia de apenas 5 miliamperes quando conectado a uma rede Wi-Fi e totalmente operacional, este microcontrolador torna-se muito versátil para o desenvolvimento dos mais diversos tipos de projetos.

No desenvolvimento deste trabalho, foi definido como o principal módulo para o desenvolvimento dos softwares o módulo ESP32, apresentado na Figura 3, o qual com suas características bastante robustas para a aplicação mostrou atender as expectativas de funcionamento tanto em ambientes limpos quanto em ambientes agressivos, como, na medição do volume de água de osmose para o procedimento de hemodiálise.

As principais características desse módulo (Figura 3) são:

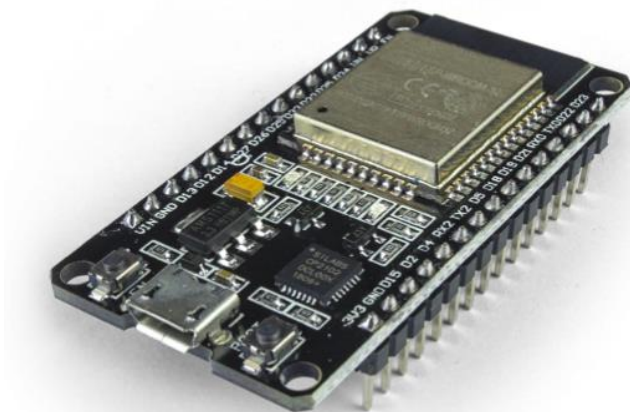
- Processador: Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6;
- Memória Flash programável: 4MB;
- Memória RAM: 520Kbytes;
- Memória ROM: 448Kbytes;

---

<sup>2</sup> Fonte: **Raspberry Pi Foundation**. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

- Pinos Digitais GPIO: 11 (todos com PWM - *Pulse Width Modulation*);
- Resolução do PWM: até 16 bits (ajustável via código);
- Wireless 802.11 b/g/n - 2.4GHz (antena integrada).

**Figura 3 – Módulo ESP32**



Fonte: Autoria própria<sup>3</sup>.

## 2.7 NODE RED

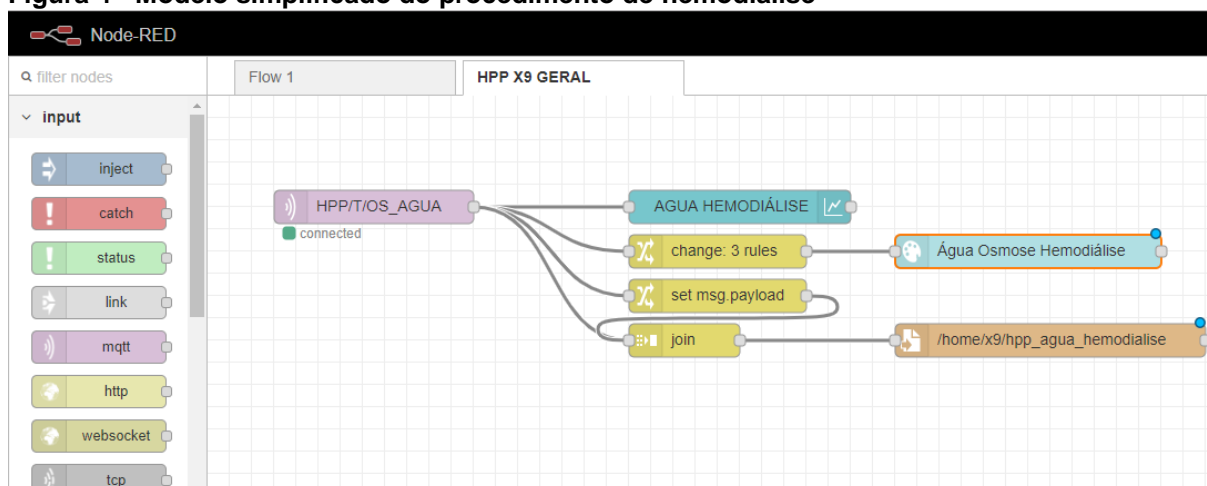
O node red é uma ferramenta de desenvolvimento com a possibilidade de desenvolver para todos os sistemas operacionais, utilizando o navegador de internet para o desenvolvimento, é uma ferramenta bastante versátil para o desenvolvimento de aplicações de IoT.

Ao realizar o desenvolvimento com a conexão através desta ferramenta, é possível a criação, como mostra a Figura 4, dos *dashboards*, gráficos, mostradores e informações pertinentes a cada sensor, possibilitando que o sistema seja bastante intuitivo para sua visualização.

---

<sup>3</sup> Fonte: **ROBOCORE**. Disponível em: <<https://www.robocore.net/loja/iot/esp32-wifi-bluetooth>>. Acesso em: 27 out. 2019.

**Figura 4 - Modelo simplificado do procedimento de hemodiálise**



Fonte: Autoria própria.

## 2.8 HEMODIÁLISE

A hemodiálise é utilizada em pacientes cuja função renal cessa, surgindo como uma opção de tratamento depurativo. Utiliza-se uma membrana, para a substituição das funções excretoras dos rins nos pacientes, até que haja efeito de tratamentos mais definitivos, como o transplante de rim.

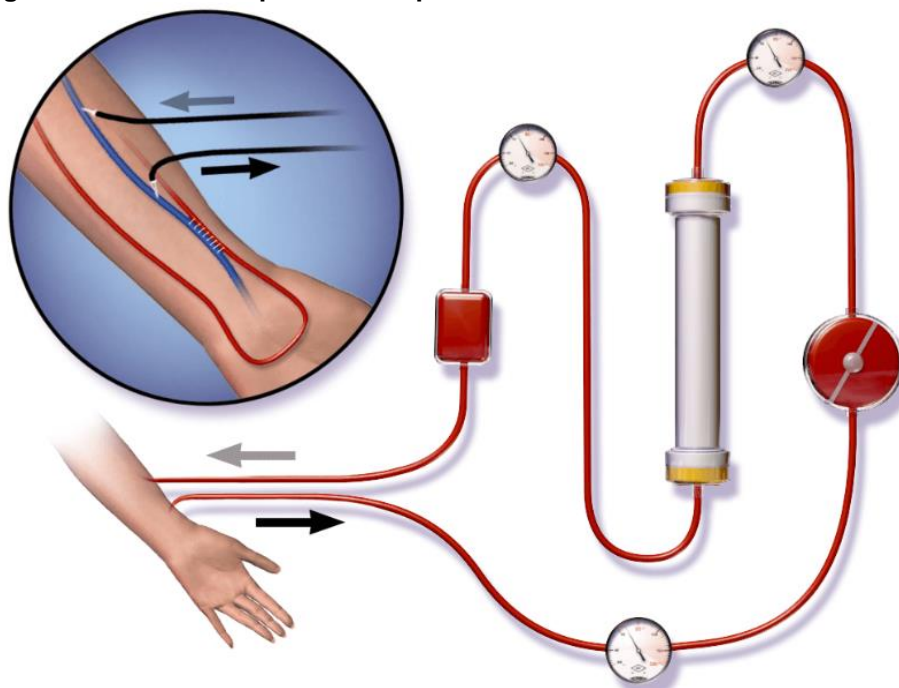
De forma simples um cateter transporta o sangue, com segurança, desde o paciente para um equipamento chamado dialisador (filtro), deste dialisador novamente transportado para o paciente, ao passar por este dialisador, o sangue sofre um processo no qual é regulado, aquecido de forma a atender o paciente, durante estes tempo as funções uma vez realizada pelo rim de filtrar secreções, corrigir a quantidade de água no sangue é realizada por este equipamento.

Para que este procedimento ocorra sem acarretar riscos para o paciente, é necessário o tratamento, circulação continua, distribuição e substituição periódica (purga) da água chamada água de osmose reversa.

O desenvolvimento do projeto é o desenvolvimento de um sistema que monitore e gerencie os fluxos de fluidos hospitalares, dando ênfase no monitoramento da água de osmose, uma vez que a sua falta pode acarretar desde: a impossibilidade da realização do procedimento de diálise, em casos mais graves possíveis doenças relacionadas ao mal cuidado com esta água.

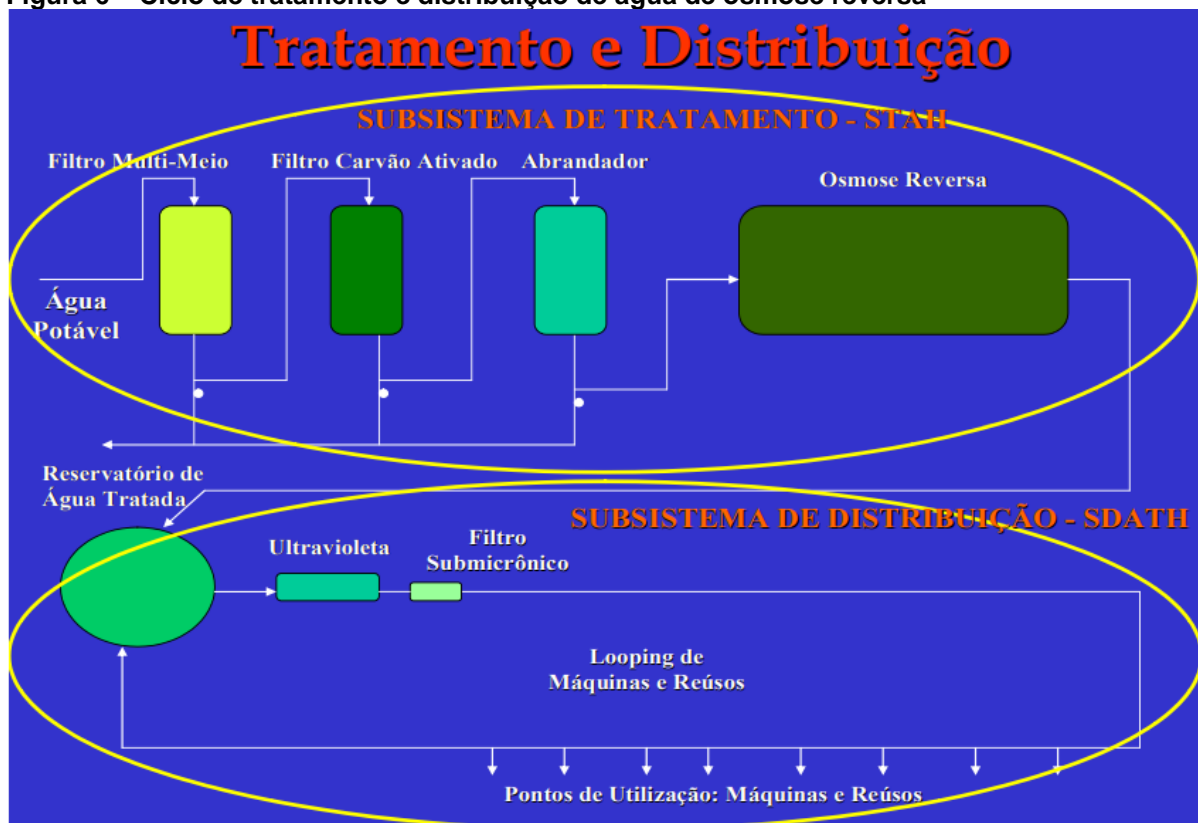
Assim o desenvolvimento deste trabalho focará no monitoramento do volume da água de osmose reversa no reservatório de água tratada conforme mostrado nas Figura 5 e Figura 6 e na Fotografia 2.

Figura 5 – Modelo simplificado do procedimento de hemodiálise



Fonte: Hemodiálise (2016)<sup>4</sup>.

Figura 6 – Ciclo de tratamento e distribuição de água de osmose reversa



Fonte: Sinoti (2010).

<sup>4</sup> Fonte: **Blausen Medical**. Disponível em: <<https://blausen.com/>>. Acesso em: 27 out. 2019.

**Fotografia 2 – Reservatório de água de osmose fonte do estudo**



**Fonte: Autoria própria.**

### 3 DESENVOLVIMENTO

Durante o desenvolvimento do projeto foram utilizados hardwares, sensores, softwares, foram feitas serviço de adaptações elétricas necessárias para o seguimento do projeto de forma a atender as expectativas e resultados esperados em virtude de as instalações do hospital serem instalações antigas.

#### 3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os seguintes materiais foram utilizados para a parte do sistema de monitoramento do volume de água de osmose:

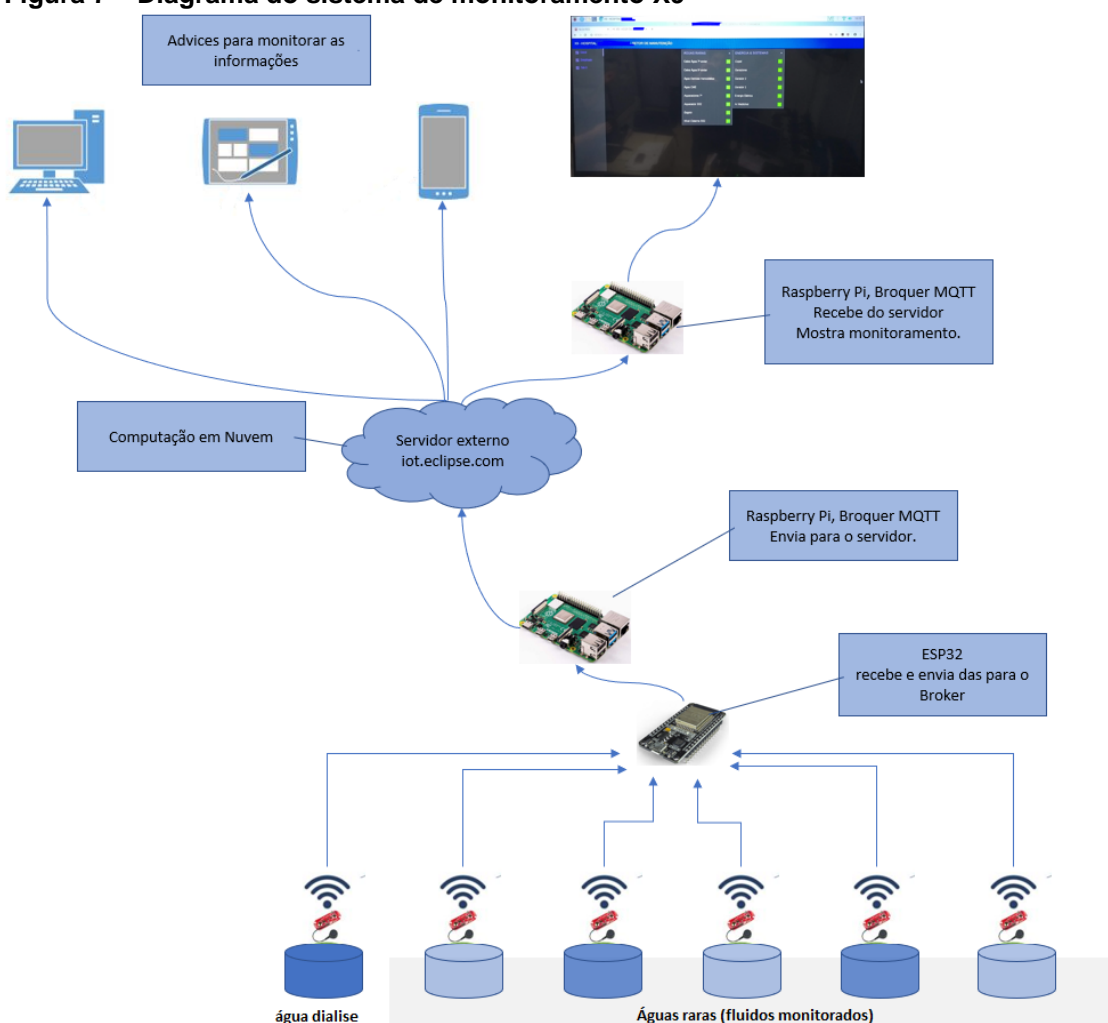
- Sensores indutivos IQ2001;
- ESP8266 Modelo ESP32;
- Fonte de alimentação 5V e 3A;
- Minicomputadores Raspberry Pi3;
- Sistema operacional Raspian;
- Broker MQTT *Mosquitto*;
- Servidor Web node red.

#### 3.2 DIAGRAMA DE BLOCOS GERAL DO SISTEMA X9

A Figura 7 apresenta o diagrama básico do funcionamento do sistema, batizado como X9. Ainda na Figura 7 tem-se o monitoramento de 8 fluidos além de outros equipamentos do hospital mas neste atenta-se para o desenvolvimento da solução de monitoramento da água de Osmose.

Os itens mostrados nas imagens, novamente na Figura 7, fazem parte do projeto, e tem características distintas devido a cada necessidade de monitoramento ter as suas particularidades.

**Figura 7 – Diagrama do sistema de monitoramento X9**



Fonte: Autoria própria.

### 3.3 INSTALAÇÃO DOS SENSORES

No reservatório de água de Osmose, foram feitas as instalações de 3 sensores capacitivos conforme listado no material e mostrado na Fotografia 3, destes as funções foram atreladas nos sensores de nível máximo e sensor de nível de funcionamento.

A água potável após entrar no sistema, passar por filtros de areia, resina e carvão ativado e por membranas projetadas para a geração de ozônio e aplicação de outras particularidades para garantir a água adequada para os pacientes e para atuar de forma a realizar o tratamento da água.

Esta água agora de osmose é direcionada ao reservatório, deste reservatório é bombeado para as salas e máquinas (monitores de hemodiálise).



Fotografia 3 – Sensores instalados no reservatório de osmose



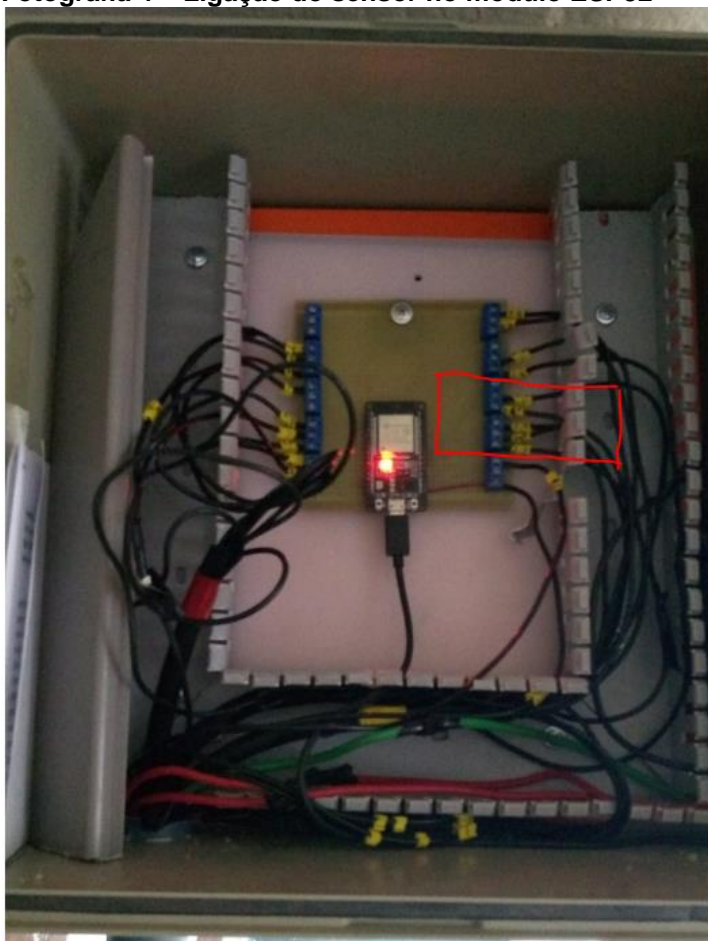
Fonte: Autoria própria.

Durante todo o tempo a água não fica parada e sim circulando na rede e tendo as purgas periódicas realizadas conforme a necessidade para manter a água com suas características particulares.

#### 3.4 CODIFICAÇÃO DO ESP32 PARA COLETA DE DADO DOS SENSORES

Com os sensores devidamente instalados foram alimentados e conectados nas portas do módulo ESP32 como mostrado na Fotografia 4.

**Fotografia 4 – Ligação do sensor no módulo ESP32**



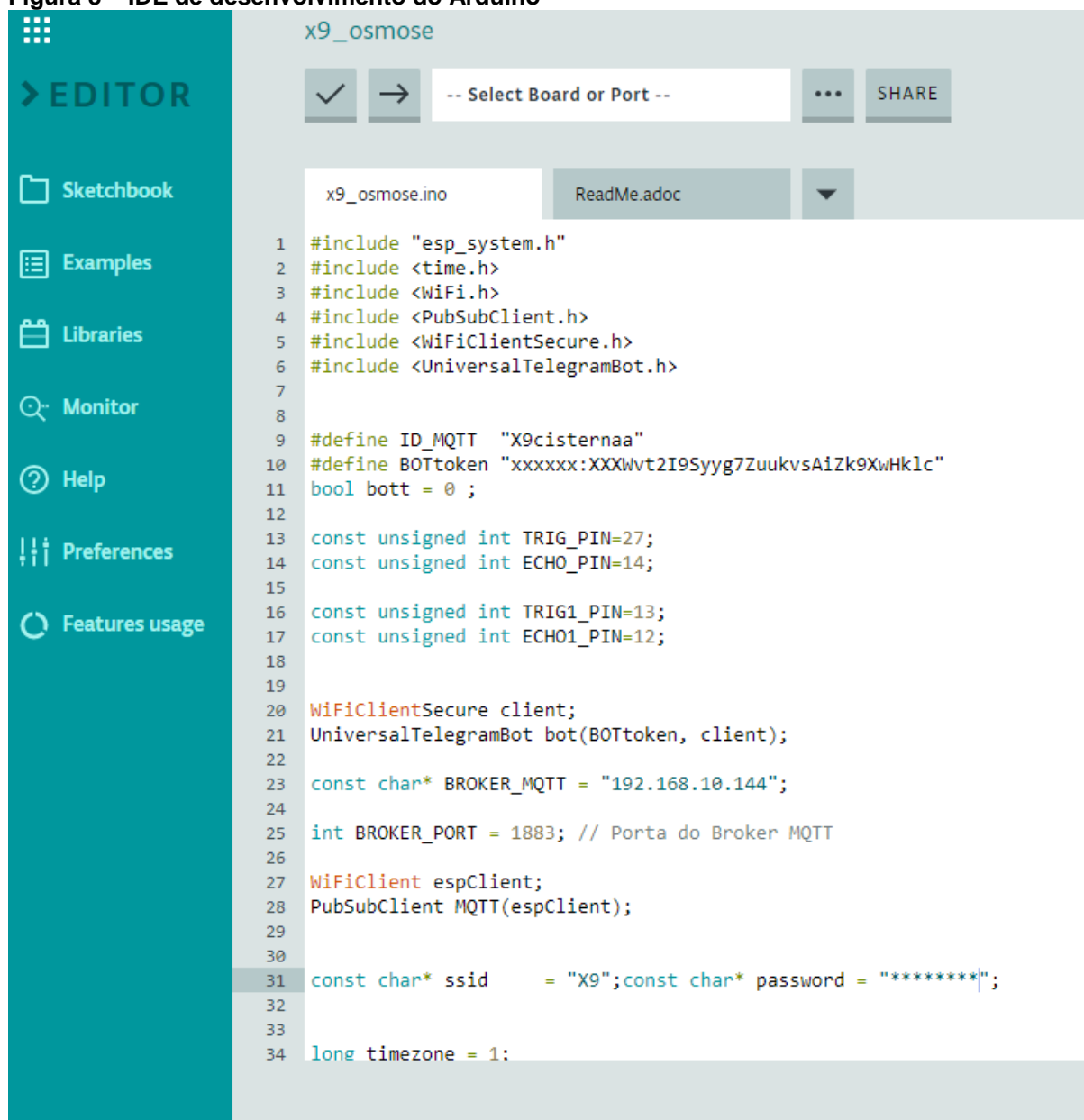
**Fonte: Autoria própria.**

Com as ligações devidamente realizadas (os outros cabos mostrados ainda na Fotografia 4, são referentes aos sensores das outras cisternas ligadas no módulo).

Durante o desenvolvimento do programa, foram utilizadas IDE de desenvolvimento da plataforma Arduino, como mostrado na Figura 8, com sua linguagem de programação e adicionada biblioteca que permite utilizar esta ferramenta para a programação do módulo ESP32, o código não será mostrado na íntegra neste trabalho.

Com o desenvolvimento concluído e realizados os testes, já foi possível fazer o software fazer as publicações no servidor MQTT instalado no minicomputador Raspberry Pi.

Figura 8 – IDE de desenvolvimento do Arduino



Fonte: Autoria própria.

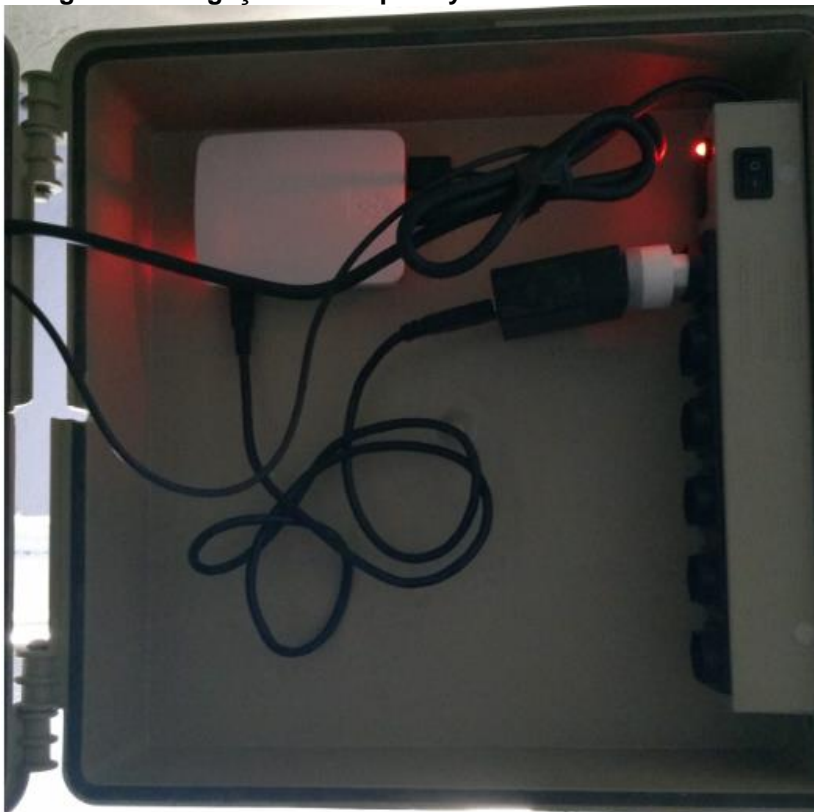
### 3.5 BROKER MQTT NO RASPBERRY PI

No desenvolvimento do trabalho o *broker* MQTT foi instalado no sistema operacional Raspbian do Raspberry Pi.

Este *broker* como mencionado é o *Mosquitto*. A Fotografia 5 mostra apenas o local físico da instalação onde este *broker* está em funcionamento em campo. Este *broker* esta responsável a receber as publicações e inscrições dos *advices* para a coleta dos dados.

Após criação de uma conta no aplicativo em nuvem da ferramenta Eclipse IoT<sup>5</sup>, utilizou-se como interface web de forma direta a mostrar os dados monitorados em tempo real dos sensores e status reservatório.

**Fotografia 5 – Ligação do Raspberry Pi com broker instalado**



Fonte: Autoria própria.

---

<sup>5</sup> Ferramenta Eclipse IoT. Disponível em: <<https://iot.eclipse.org/>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

## 4 RESULTADOS

Após o desenvolvimento e período de testes tem-se os principais resultados do monitoramento do volume da água de osmose para a hemodiálise, estes resultados mostrados abaixo atende a expectativa do desenvolvimento do sistema.

### 4.1 GERENCIAMENTO VISUAL

O desenvolvimento de uma tela com gestão visual do sistema X9, apresentado na Figura 9, foi feito em uma TV e instalada na sala do gerente de manutenção, o qual tem acesso direto e de fácil acesso a todos os pontos monitorados, estes pontos são mostrados em verde quando estão em condições normais, no caso da água de Osmose, em verde significa que o volume de água está dentro do esperado, ou seja acima do nível de operação e a baixo do nível máximo.

Ao ser sinalizado em vermelho, é sinal que o volume está abaixo do volume de operação, neste ponto o gerente a equipe de manutenção conseguem identificar o problema em tempo real e trabalhar na avaliação e solução da falta de água.

**Figura 9 – Gerenciamento visual, tela na sala de gerente de manutenção**

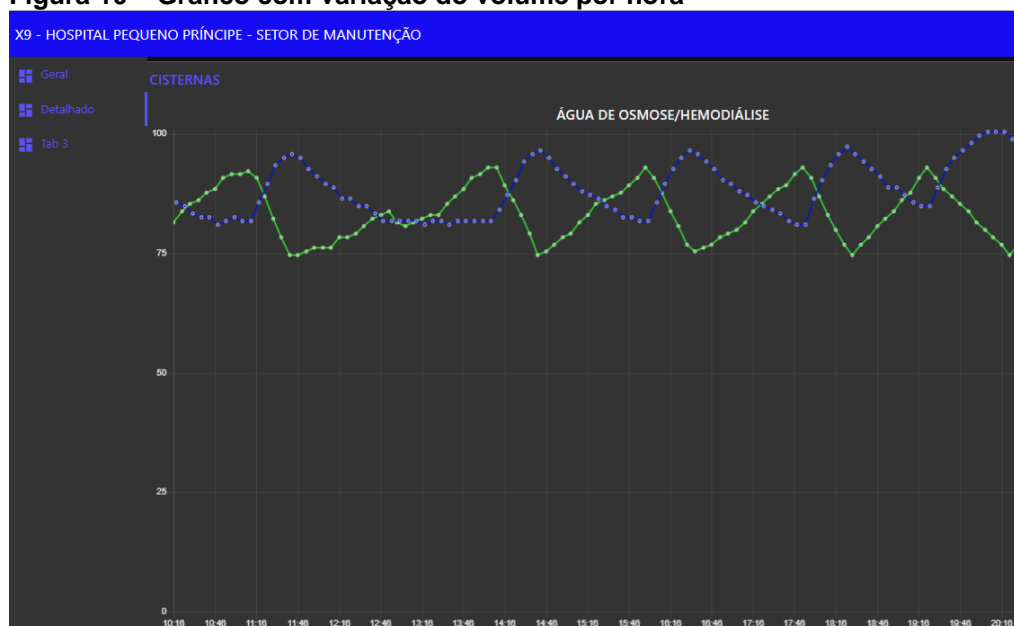
X9 - HOSPITAL		SETOR DE MANUTENÇÃO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geral</li> <li>■ Detalhado</li> <li>■ Tab 3</li> </ul>	<b>ÁGUAS RARAS</b> ▲ <ul style="list-style-type: none"> <li>Caixa Água 7º andar <span style="color: green;">■</span></li> <li>Caixa Água 5º andar <span style="color: green;">■</span></li> <li>Água Osmose Hemodiálise <span style="color: green;">■</span></li> <li>Água CME <span style="color: green;">■</span></li> <li>Aquecedores 7º <span style="color: green;">■</span></li> <li>Aquecedor SS2 <span style="color: green;">■</span></li> <li>Esgoto <span style="color: green;">■</span></li> <li>Nível Cisterna SS2 <span style="color: green;">■</span></li> </ul>	<b>ENERGIA &amp; SISTEMAS</b> ▲ <ul style="list-style-type: none"> <li>Copel <span style="color: green;">■</span></li> <li>Geradores <span style="color: green;">■</span></li> <li>Gerador 2 <span style="color: green;">■</span></li> <li>Gerador 1 <span style="color: green;">■</span></li> <li>Energia Elétrica <span style="color: green;">■</span></li> <li>Ar Medicinal <span style="color: green;">■</span></li> </ul>	

Fonte: Autoria própria.

## 4.2 GRÁFICO DO VOLUME X TEMPO

O seguinte resultado, apresentado na Figura 10, é o monitoramento diário do abastecimento e controle do volume de água, o que permite o monitoramento em caso de utilização atípica das condições esperadas, como um vazamento, uma purga sem controle, ou parada no sistema de abastecimento com volume cheio uma vez que a vazão do sistema é cíclica e constante.

**Figura 10 – Gráfico com variação do volume por hora**



Fonte: Autoria própria.

## 4.3 ENVIOS DE ALARME VISUAL E MENSAGEM

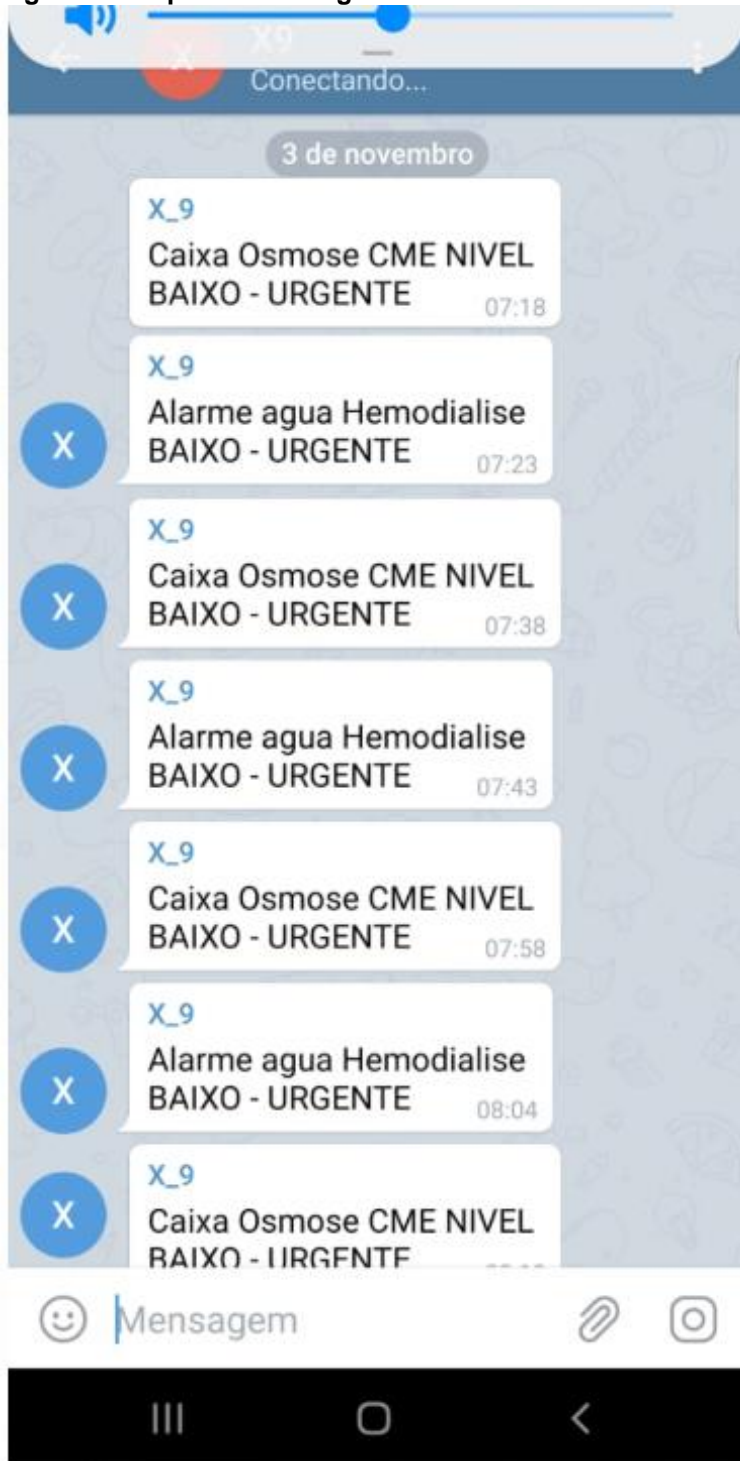
A terceira ferramenta e resultado do desenvolvimento deste projeto é a aplicação da integração do sistema de monitoramento com um aplicativo terceiro para o envio de mensagens de alerta (Figura 11), uma vez que há profissionais de plantão para o atendimento corretivo e emergencial fora do hospital nos períodos noturnos e finais de semana.

A ferramenta atua como alarme para as equipes de plantão, evitando que haja o deslocamento apenas quando determinado problema já tenha ocorrido e cause problemas para o atendimento a pacientes.

No desenvolvimento do sistema foram levadas em consideração a possibilidade de mesmo que em expediente de plantão os profissionais pudessem atuar de forma proativa aos possíveis problemas.

Caso a água atinja um volume menor que o volume de utilização, uma mensagem é enviada a equipe de plantão com alarme da cisterna em questão, alarme envia uma mensagem a cada 5 minutos até que a solução seja aplicada.

Figura 11 – Aplicativo Telegram recebendo aviso de nível baixo



Fonte: Autoria própria.

## 5 CONCLUSÃO

A proposta deste projeto final de realizar o desenvolvimento de um sistema de gestão de fluidos hospitalares, se deu conforme proposto atendeu as expectativas iniciais da pós-graduação. Para detalhar a dissertação, foi mostrado o desenvolvimento de uma das fases do projeto, definida de objetivo específico, com a escolha de uma área hospitalar de extrema importância para pacientes que precisam realizar hemodiálise.

Após tempo inicial longo para conseguir realizar os primeiros testes, com longos períodos de monitoramento e falhas, onde os maiores problemas foram a utilização de infraestrutura bastante antiga e falhas nos sensores escolhido devido a agressividade de alguns ambientes, mesmo assim foi possível desenvolver o sistema com mais informações que o planejado, e houve o início de uma segunda etapa no desenvolvimento, uma vez que a fase de funcionamento apresentou bons resultados.

Mesmo com a demora na conclusão da primeira etapa foi possível realizar e aprimorar o sistema, a metodologia base no desenvolvimento deste projeto pode auxiliar projetos similares, dando a estes noção e breve orientação com relação a forma que foi abordada para realizar o trabalho.

Obviamente há muitas formas de desenvolver o mesmo projeto, levando em conta as variáveis existentes, mas mostrou-se que com equipamentos bastante simples, é possível desenvolver sistemas relativamente robustos para aplicações simples e complexas.

Contudo os resultados objetivos além de atender as expectativas dos membros do trabalho, superaram as expectativas dos envolvidos no processo operacional do hospital. Facilitando a identificação de problemas e facilitando o atendimento aos pacientes com menores riscos possíveis para os pacientes.

### 5.1 TRABALHOS FUTUROS

Como oportunidades de melhorias futuras deste sistema, é possível atuar principalmente em duas frentes, que são:

1. Escolher sensores que possam ser melhores empregados em áreas com ambientes agressivos, como umidade, frio e poeiras.



2. Aplicar o monitoramento da vazão de gases medicinais, entre eles o ar medicinal e o nitrogênio, os quais, para este projeto não foi possível devido a dificuldade no desenvolvimento de sensores para atuação eficaz na medição de vazão de gases com alta pressão e vazão.

## REFERÊNCIAS

DIAS, R. R. de F.; PERIN, E. **Internet das Coisas sem mistérios: Uma nova inteligência para os negócios**. 1. ed. São Paulo: Netpress Books, 2016.

HEMODIALISE. **O que é a hemodiálise**. Copyright© 2016 Portal da Diálise. Publicado em: 10 jul. 2016. Disponível em: <<https://www.portaldadialise.com/portal/o-que-e-hemodialise>>. Acessado em 10/10/2019 às 22:45 material disponível na Internet.

MARINHO, A. L.; CRUZ, J. L. da. **Desenvolvimento de aplicações para internet**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda. 2019.

OLIVEIRA, S. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. 1. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda. 2017.

SINOTI A. L. L. **Sistema de Tratamento e Distribuição de Água Tratada para Hemodiálise (STDATH)**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Florianópolis: 2010. Disponível em: <<http://www.saude.sc.gov.br/index.php/documentos/informacoes-gerais/vigilancia-em-saude/ceciss/materiais-seminario-ceciss/ii-encontro-de-utis/palestras-2/3977-andre-luiz-lopes-sinoti-parte2/file>>. Acesso em: 10 out. 2019.

WAHER, P. **Learning Internet of Things**: Explore and learn about Internet of Things with the help of engaging and enlightening tutorials designed for Raspberry Pi. 1. ed. Birmingham, UK: Packt Publishing. 2015.