

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

GUSTAVO MELSI FLORIANI

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE SENSORES PARA
VISUALIZAÇÃO DE DADOS ENERGÉTICOS

JARAGUÁ DO SUL

2021

GUSTAVO MELSI FLORIANI

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE SENSORES PARA
VISUALIZAÇÃO DE DADOS ENERGÉTICOS

Projeto Integrador apresentado ao Curso Técnico Concomitante em Desenvolvimento de Sistemas do Campus Jaraguá do Sul – Rau, do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito para aprovação na unidade curricular Projeto Integrador I.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Rojas

Coorientador: Prof. Me. Pablo Dutra da Silva

JARAGUÁ DO SUL

2021

Resumo

Com a realidade da Indústria 4.0, a Internet das Coisas tem se tornado uma grande propulsora de mudanças, principalmente no âmbito da interpretação de dados e da tomada de decisões, sendo que essas, por sua vez, estão delimitando um grande diferencial estratégico entre as mais diversas atividades componentes do ciclo produtivo industrial. Tendo em vista essa realidade, o objetivo deste projeto é apresentar uma solução de *software* para o monitoramento de sensores de energia, coletando, tratando e mostrando dados em tempo real. Em posse desses dados, o usuário terá instrumental qualificado para a constante avaliação de equipamentos e processos. Assim sendo, o foco desse trabalho reside na resolução dessa necessidade, baseando-se em ferramentas já existentes, utilizando algumas de suas características e adaptando-as as necessidades do mercado.

Palavras-Chave: Sensores. Indústria 4.0. Internet das Coisas. Monitoramento.

Sumário

1	Introdução.....	9
1.1	Objetivos.....	11
1.1.1	Objetivo Geral	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
1.2	Justificativa	11
2	Fundamentação Teórica.....	12
2.1	A Indústria 4.0	12
2.1.1	Histórico da <i>IoT</i>	13
2.1.2	A Internet das Coisas (<i>IoT</i>) na Indústria 4.0.....	15
2.1.3	O papel dos sensores	16
2.2	<i>IoT</i> e seu potencial de mercado.....	17
3	TRABALHOS RELACIONADOS	19
3.1	Blynk.....	19
3.2	ThingSpeak	21
3.3	Grafana.....	22
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4.1	Descrição da solução proposta.....	24
4.2	Materiais	24
4.2.1	Banco de Dados e MySQL	25
4.2.2	O PHP e sua Utilização	26
4.2.3	HTML e CSS	27
4.2.4	Sensores, microcontroladores e o ESP8266	28
4.3	Métodos	31
4.3.1	Requisitos funcionais e não-funcionais	31
4.3.2	Diagrama de caso de uso	33
4.3.3	Especificação dos Casos de Uso.....	35
4.3.4	Diagrama de Classes.....	41
4.3.5	Diagrama de Banco de Dados	42
4.3.6	Prototipagem.....	44
4.4	Validação	45
5.	RESULTADOS ESPERADOS	46
5.1	Aspirações Futuras.....	46

Índice de Figuras

Figura 1 - Nabaztag	14
Figura 2 - Áreas de emprego da IoT.....	18
Figura 3 - Visualização das telas do Blynk	20
Figura 4 - Dashboard do ThingSpeak.....	21
Figura 5 - Dashboard no Grafana	23
Figura 6 - ESP8266	30
Figura 7 - Atores do sistema.....	33
Figura 8 - Diagrama de casos de uso.....	34
Figura 9 - Diagrama de classes.....	41
Figura 10 – Diagrama Conceitual do Banco de Dados	42
Figura 11 - Modelo Físico do Banco de Dados	43
Figura 12 - Dashboard	44

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Requisitos Funcionais.....	31
Tabela 2 – Requisitos Não-funcionais.....	32

Índice de Quadros

Quadro 1 - Autenticar usuário	35
Quadro 2 - Cadastrar administradores	36
Quadro 3 - Cadastrar novo sensor	37
Quadro 4 - Gerenciar usuários	38
Quadro 5 - Gerar relatório	39
Quadro 6 - Gerenciar acesso aos sensores.....	40

Índice de Abreviaturas

ABINC – Associação Brasileira de Internet das Coisas

AI – *Artificial Intelligence* (Inteligência Artificial)

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

API – *Application Programming* (Interface Interface de Programação de Aplicações)

BD – Banco de Dados

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CSS – *Cascading Style Sheets*

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ER – Entidade-Relacionamento

HTML – Hyper Text Markup Language

IoT – *Internet of Things* (Internet das Coisas)

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

P&G – Procter & Gamble

PHP - *Hypertext Preprocessor*

RFID – *Radio Frequency Identification* (Identificação por Radiofrequência)

RSSFs – Redes de Sensores Sem Fio

SGBDs – Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados

SINIAV – Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos

SQL – *Structured Query Language* (Linguagem de Consulta Estruturada)

TCP/IP – vem da junção de dois protocolos: *TCP (Transmission Control Protocol)* e o *IP (Internet Protocol)*

TI – Tecnologia da Informação

UML – *Unified Modeling Language*

W3C - *World Wide Web Consortium*

WEB – Abreviatura para *World Wide Web*

1 Introdução

O processo produtivo é um ciclo vivo, onde cada parte desse grande “organismo” é vital para seu funcionamento. A cadeia produtiva e seus custos de operação sofrem influência de diversas variáveis e o gerenciamento eficiente dessas, pode tornar o processo mais “previsível”, interferindo no valor final do produto, gerando um reflexo direto na economia industrial. Uma parada repentina na produção, seja por falha de maquinário ou por falta de insumos, compõe uma situação rotineira na indústria. Como cada parte do processo está interconectada e com certo grau de dependência, o gerenciamento do mesmo se faz necessário para uma maior garantia de eficiência (FIRJAN, 2016; NETO et.al., 2018).

Como resposta a esse contexto, surge a concepção da Indústria 4.0, que promete não só monitorar, mas prever e gerenciar acontecimentos em tempo real. Para atingir esses objetivos, parte-se da ideia da coleta e comunicação de dados, possibilitando a tomada de decisões de forma remota e automática, através da conexão *online*. Portanto, essa nova perspectiva tende a revolucionar o tradicional conceito de indústria, auxiliando na tomada de decisões, reduzindo impactos negativos e tornando o processo produtivo mais eficiente, gerando o que pode ser chamado de uma quarta revolução industrial (FIRJAN, 2016; NETO et al., 2018).

Podemos afirmar que essa perspectiva é fruto dos diversos estágios históricos das revoluções industriais, a saber: nos anos de 1760 e 1840, a primeira revolução industrial foi marcada pela construção de rodovias e a utilização, em larga escala, da máquina a vapor, resultando no início da mecanização produtiva. No limiar do séc. XX, valendo-se do descobrimento da eletricidade e do emprego das linhas de montagem, a segunda revolução industrial tem sua configuração, iniciando a produção em massa. Já nos anos de 1970, inicia-se a terceira revolução industrial, marcada pelo uso de eletrônicos e de tecnologia da informação para obtenção de automação (NETO et al., 2018).

Assim chamada quarta revolução industrial, introduz no processo produtivo o conceito de Internet das Coisas (*IoT*), entendendo cada atividade como parte de uma grande rede conectada. Para Romano (2017), cada pequena ação pode ser convertida em dados, armazenados e interpretados, como reflexo do funcionamento de um cérebro humano. Deste modo, a tecnologia da informação (TI) torna-se parte fundamental da cadeia produtiva, sendo responsável pelo armazenamento e gerenciamento das informações coletadas e contidas em *datacenters*. Além disso, conjuntamente com essa nova tecnologia deve-se propiciar uma

adequada qualificação profissional, unida a uma nova infraestrutura, conformada por sistemas físicos e virtuais, tais como: *Big Data*, simuladores e realidade aumentada. (FIRJAN, 2016).

Como a *IoT* trabalha com um grande volume de aquisição de dados, faz-se necessário pensar em dispositivos capazes de realizar essa ação. Em vista disso, sensores capazes de se comunicar com o banco de dados são de suma importância. De forma genérica, um sensor é um dispositivo que responde a estímulos e transmite um impulso que pode ser mensurado. Através deles, informações de determinados equipamentos ou processos poderão ser coletadas, armazenadas, analisadas e comparadas, facilitando a correta tomada de decisões (FREITAS et. al, 2007).

Contudo, a implementação dessas novas tecnologias exige o aumento do consumo energético. De acordo com Freitas et. al. (2007), equipamentos mais robustos e potentes tendem a gastar mais energia elétrica para desempenhar suas funções, acarretando custos de implementação e manutenção. Assim, nasce um certo paradoxo, no qual a implementação de novas tecnologias é necessária para aumentar a economia e os lucros, ao passo que geram maiores gastos com eletricidade. Tal paradoxo exige uma forma de unir a evolução tecnológica com a economia energética, afinal, para que tudo esteja conectado depende-se diretamente da eletricidade (ARIAS, 2020; FREITAS, et. al., 2007).

Portanto, o presente trabalho se concentrará na construção de um sistema que seja capaz de conectar sensores medidores de algumas grandezas elétricas a um *dashboard* de gerenciamento. De posse de tal sistema, poder-se-á ter controle do consumo energético em tempo real, bem como monitorar diversas áreas específicas, seja de uma indústria ou mesmo de uma casa, permitindo poupar tempo e dinheiro.

1.1 Objetivos

Para que o propósito deste trabalho possa ser atingido, devemos definir os objetivos tanto gerais quanto específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

Construir um sistema que permita a comunicação de sensores medidores de grandezas elétricas com um *dashboard* de visualização e gerenciamento.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Analisar tendências do mercado de *IoT* e Indústria 4.0;
2. Conhecer as ferramentas já existentes nesse mercado;
3. Compreender melhor o funcionamento e o emprego de sensores;
4. Delimitar os sensores a serem utilizados nesse processo;
5. Coletar dados com sensores conectados ao microcontrolador ESP8266;
6. Realizar o tratamento de dados;
7. Enviar e armazenar os dados em um banco de dados MySQL;
8. Mostrar os dados em um *dashboard*.

1.2 Justificativa

Tendo em vista o crescimento contínuo do mercado industrial tecnológico e o consequente aumento da demanda elétrica, é fundamental que as indústrias estejam preparadas para conviver com a nova era da Internet (FREITAS, et. al., 2007). Assim, surge a necessidade de simplificar o modo com que se lida com a eletricidade e como monitoramos seu consumo, abrindo caminho para gerir gastos com contas de energia, substituição de equipamentos e organização das equipes de manutenção (ARIAS, 2020).

Surgindo de uma demanda específica no IFSC campus Rau, o desenvolvimento desse sistema visa suprir a necessidade de empresas monitorarem todas as grandezas energéticas envolvidas em seus processos de fabricação e manutenção. Partindo de sensores específicos destinados a cada uma dessas grandezas, busca-se integrá-los e geri-los através de um sistema próprio, fugindo de *softwares* que tenham bancos de dados compartilhados.

2 Fundamentação Teórica

Com base na já expressa crescente evolução do ciclo produtivo, evidencia-se a necessidade de compreensão de alguns conceitos relacionados, principalmente, ao emprego de das tecnologias neste ambiente, em seu potencial de catalização do processo. Como a linha produtiva é um organismo vivo, todos que se relacionam com ela têm a capacidade de aprender, compreender, agir e optar pelas melhores decisões (FIRJAN, 2016).

2.1 A Indústria 4.0

O conceito de indústria 4.0 nasceu da ideia de automatização informatizada conjugada a visão de negócios voltada à transformação digital. Esse modelo surgiu de um projeto da indústria alemã, denominado *Plattform Industrie 4.0* (Plataforma Indústria 4.0), lançado em 2011, na Feira de Hannover. Baseava-se na concepção de unir os avanços tecnológicos na área de Inteligência Artificial (AI), com a quantidade e capacidade de transmissão de dados digitais, aplicando-os ao processo totalmente automatizado, integrado e interoperável da manufatura alemã (ARIAS, 2020).

Segundo Arias (2020), essa inovação despertou olhares mundiais, sendo reproduzida em diversos setores como um modelo de sucesso. Esse conceito acabou por impactar representantes de grandes elites econômicas, trazendo à tona a ideia da 4ª Revolução Industrial. A nova integração de tecnologias de informação e comunicação permitiram à indústria alcançar novos níveis de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento. Desse modo, possibilitou a geração de novas estratégias e modelos de negócio.

Assim sendo, com o emprego desse processo, uma linha de produção, antes mesmo de ser acionada remotamente, pode ser simulada utilizando *softwares*, otimizando-a e garantindo que seja implementada com o mínimo de problemas possível. Além disso, os pedidos dos clientes podem ser processados automaticamente, permitindo aos mesmos acompanhar as fases do processo produtivo de maneira *online*. Frente a possíveis problemas, o próprio sistema poderá encontrar formas de solução, além de contatar clientes, fornecedores e funcionários.

A utilização da automatização em parques fabris, abre novos caminhos na economia, permitindo poupar tempo e dinheiro, sendo um importante diferencial em seu processo produtivo. Uma indústria que depende de algodão, por exemplo, poderá ser notificada até mesmo se sua matéria prima sofrerá com as variações climáticas, permitindo-a tomar atitudes que possam vir a contornar a situação antes mesmo de iniciar sua produção (FIRJAN, 2016; ARIAS, 2020).

2.1.1 Histórico da *IoT*

Para tentar compreender a evolução semântica da origem desse léxico, é importante remeter ao ano de 1990. Nesse ano aconteceu a INTEROP '89 Conference, onde John Romkey foi desafiado a ligar uma torradeira através da Internet. Caso conseguisse, teria seu trabalho exposto durante a conferência por Dan Lynch, presidente da *Interop* na época. Aceitando o desafio, John conseguiu conectar a torradeira a um computador com rede TCP/IP, obtendo sucesso. A única atividade que ainda era realizada de forma manual era adicionar uma fatia de pão na torradeira. Todavia, no ano seguinte, conseguiu resolver esse problema, colocando um pequeno guindaste para realizar esta tarefa (MANCINI, 2018; DEORAS, 2016).

Em 1991, Weiser (1991) escreveu um artigo que viria a se tornar um marco, abordando o futuro da Internet das Coisas, no artigo *The Computer for the 21st Century*. Para o referido autor, podemos esperar que os dispositivos estarão conectados em todos os lugares de forma tão transparente que, para o ser humano, essa conexão se tornará “invisível”. Esta invisibilidade permitirá a realização das atividades sem haver preocupação com instalar, configurar e manter os recursos computacionais (WEISER, 1991; GALEGALE et al., 2016).

Em setembro de 1999, Kevin Ashton, cofundador e diretor executivo do Auto-ID Center, usou o termo Internet das Coisas pela primeira vez, sendo considerado o criador desse termo. Neste mesmo ano, fez uma palestra para a multinacional americana Procter & Gamble (P&G), intitulada *Internet of Things*. Na mesma, apresentou uma nova ideia para rastreamento de produtos, utilizando para isso o sistema *RFID* (*Radio Frequency Identification*). Seu pensamento se baseava na tese de que os objetos físicos poderiam se conectar à internet, criando um mundo mais inteligente (MANCINI, 2018; POSTSCAPES, 2017a).

Após a referida palestra de Ashton, a tecnologia *RFID* ganhou destaque nas aplicações de rastreamento no setor de suprimentos. Já em 2005, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos e o Wall Mart exigiram que os fornecedores utilizassem essa tecnologia com etiquetas nos paletes de seus produtos. Assim, era possível ter um controle interconectado do estoque (MANCINI, 2018).

Resultado desses eventos, a discussão sobre Internet das Coisas ganhou destaque internacional, com novos olhares e aplicações, impactando diversos governos. Desde essa nova visão, a *RFID* não seria a única aplicação explorada, mas sim qualquer objeto poderia ser conectado por meio de sensores, rede de sensores sem fio, sistemas embarcados e nanotecnologia. Além disso, novas preocupações como as relacionadas com a padronização,

privacidade, segurança, compatibilidade eletromagnética, associadas às questões de caráter ético, começaram a surgir (FREITAS DIAS, 2016).

Concomitantemente, a comercialização de produtos começou a ser mais bem explorada com essas novas tecnologias. Ainda em 2005, surgiu o primeiro dispositivo inteligente que utilizava dos conceitos de *IoT* fora da indústria. O Nabaztag (coelho em armênio), desenvolvido na França por Rafi Haladjian e Olivier Mével, e fabricado pela empresa Violet, foi o primeiro objeto interativo a se comunicar com um humano, sendo muito parecido com os assistentes virtuais atuais, porém mais limitado. Ele era capaz de tocar músicas, avisar seu dono sobre a chegada de e-mails, falar sobre a previsão do tempo, entre outras coisas (SINGER, 2012).

Figura 1 - Nabaztag



Fonte: Mancini, 2018, p.3.

Na Figura 1, podemos visualizar o referido produto Nabaztag em sua versão final. Como, foi o primeiro produto comercializado com essa tecnologia, movimentou a indústria, culminando no conceito atual de assistentes virtuais.

O Brasil, por sua vez, sediou o primeiro evento em Internet das Coisas, no I Congresso de Tecnologia, Sistemas e Serviços com *RFID*, em Salvador, no ano de 2010. Em 2011, foi criado o Fórum Brasileiro de Internet das Coisas, cuja missão é tratar da atuação nacional nesse cenário, discutindo a importância e a aplicabilidade da *IoT* para a sociedade e no uso das novas tecnologias. Em 2015, ocorreu a fundação da ABINC, a Associação Brasileira em Internet das Coisas, com a função de representar o mercado frente a Anatel, o Ministério das Comunicações, autoridades e outros órgãos reguladores setoriais ou de fomento de pesquisa (ABINC, 2017; MANCINI, 2018).

2.1.2 A Internet das Coisas (*IoT*) na Indústria 4.0

Um dos principais pilares desse novo arranjo industrial é a ideia de que tudo possa estar conectado, como em um grande cérebro, onde cada neurônio possa receber, interpretar e levar a informação adiante. Partindo desse pressuposto, a *IoT* é a grande engrenagem que faz todo esse sistema funcionar. Ela é responsável por fazer com que cada parte de um todo esteja conectada *online*, coletando informações (ROMANO, 2017).

Enquanto na *Internet* convencional os usuários comunicadores são seres humanos, na Internet das coisas estes são objetos. Ou seja, ao invés da Internet ser um espaço onde somente pessoas conversam entre si, torna-se ambiente onde equipamentos podem estabelecer uma comunicação e trocar informações. Um exemplo deste novo modelo, pode ser de um sensor de temperatura instalado em uma cozinha, que coleta e envia dados para um *datacenter*, que por sua vez os trata e exibe para alguém ou, automaticamente, aciona o alarme de incêndio e liga para os bombeiros em caso de necessidade. Assim sendo, um sistema, de forma autônoma, pode tomar decisões que antes eram de alçada somente de seres humanos (SANTOS et. al., 2016).

Desde uma macrovisão do alcance deste sistema, a *IoT* tem potencial para revolucionar o modo como enxergamos e gerenciamos as atividades. Segundo Sacomano et. al. (2018), essa tecnologia pode criar cidades inteligentes, nas quais os elementos urbanos estariam interligados por sistemas que poderiam eliminar congestionamentos, melhorar o transporte público, gerenciar a geração e distribuição de energia, acionar a emergência ou a polícia em casos necessários etc.

O que se pode observar ao longo do tempo é que a internet das “coisas” está se tornando a Internet da “gestão de dados”. Como suas aplicações evoluíram muito dentro das indústrias e residências, evoluiu, concomitantemente, a geração de dados. Desse modo, fica evidente que, cada vez mais, a eficiência no tratamento e gestão dessas informações está ditando diferenciais estratégicos (SANTOS, et. al., 2016).

2.1.3 O papel dos sensores

Em meio ao novo modelo de produção, atrelado à automação industrial, fica clara a importância da interpretação de dados para a tomada de decisões, pois são eles que fornecerão as métricas capazes de tornar todo o processo mais eficiente e assertivo. Todavia, a obtenção de dados pressupõe um importante agente: o sensor. É ele o encarregado de coletar e fazer com que as informações cheguem até seu destino (ARIAS, 2020).

Segundo Franck (2003), as Redes de Sensores Sem Fio (RSSFs) são projetadas para detectar eventos ou fenômenos físicos, coletando, processando, e transmitindo dados e informações obtidas para os respectivos interessados. São constituídas de dispositivos chamados “nós de sensores” e por algum ponto capaz de permitir a comunicação, chamado de estação base. Esses nós podem ser equipados com um ou mais sensores, que monitoram o ambiente conforme um objetivo. Além disso, podem ser distribuídos em determinada área a qual se deseja monitorar, utilizando de tecnologia sem fio para desempenhar suas funções.

Com o advento da Internet e a melhora na tecnologia de comunicação *wireless*, as RSSFs passaram a ter maior potencial. Os ambientes industriais, em sua maioria, não dependem mais de sensores “com fio” que apresentam custos com cabeamento e manutenção, além de possuir dificuldade de implementação em áreas de difícil acesso, incompatibilidade de protocolos e alta taxa de falhas em conectores (FREITAS, et. al., 2007).

Segundo a Voz da Indústria (2018), muitas podem ser as aplicações dos sensores na referida área, dependendo somente da intenção e necessidade de cada implementação. Dentro de uma empresa, podem estar instalados nos maquinários, paredes, portas, veículos e, até mesmo, em EPIs (Equipamento de Proteção Individual) de funcionários. Assim, podem proporcionar mais produtividade, impedir acidentes e introduzir novas percepções sobre a forma de trabalho. Desse modo, os sensores se desvinculam da tecnologia em si mesma, abrindo maior espaço para o uso da criatividade em sua implementação.

2.2 *IoT* e seu potencial de mercado

Segundo Magrani (2018), a *IoT* pode se tornar um dos principais componentes econômicos nas próximas décadas. As projeções indicam que, até 2025, esse mercado irá girar mais de 11 trilhões de dólares. Já diretamente no Brasil, segundo uma pesquisa realizada pela Accenture, prevê que a economia digital dará um salto de 21,3% para 24,3%, valendo cerca de 446 bilhões de dólares, ainda em 2020.

Mesmo com essas projeções, o Brasil ainda ocupa a 57^a posição no *ranking* de competitividade mundial, o *World Competitiveness Yearbook*, de 2016. Essa colocação é medida pela comparação do desempenho entre 63 países e com base em mais de trezentos critérios, divididos entre diversos aspectos. Dentre eles, o Brasil tem um *déficit* considerável nas categorias competitividade e inovação. Desse modo, o que se pode entender é que o país ainda tem grande espaço para a evolução neste âmbito. Valendo-se da *IoT*, poderia aumentar sua produtividade, criar mercados, além de incentivar a inovação com a infraestrutura necessária (MAGRANI, 2018).

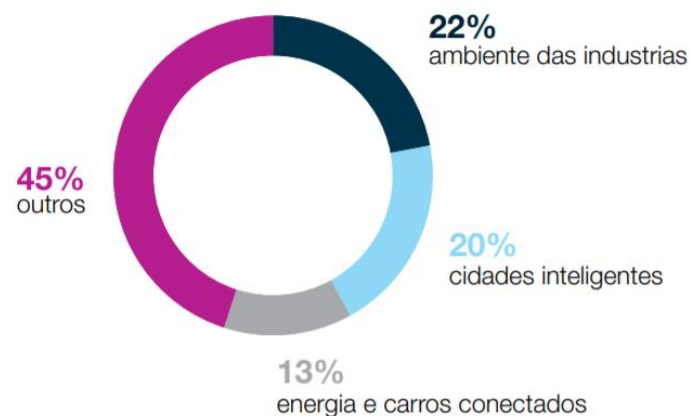
Frente a essas situações, o governo tem tomado algumas atitudes para reverter esse cenário. Com a iniciativa do Ministério das Cidades e do Ministério de Ciências, Tecnologias, Inovações e Comunicações (MCTIC), já existem planos nacionais para o emprego das novas tecnologias. Dentre eles, o Ministério das Cidades está cogitando um projeto-piloto chamado Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos (SINIAV), no qual, veículos nacionais e importados receberão uma *tag* de identificação por radiofrequência, facilitando a fiscalização, além de ter controle sobre o roubo de veículos e cargas (MAGRANI, 2018 apud TI RIO 2015).

Além do SINIAV, existe a ideia, construída em parceria entre o MCTIC e o BNDES, que defendem que a *IoT* seja empregada na promoção de um novo modelo de desenvolvimento de setores como o automobilístico, o agropecuário e o urbanístico no país. Diante destes fatos, em 2017, o governo brasileiro propôs novas políticas de implementação e regulamentação dessas tecnologias. A ideia central é a construção de um conjunto de normas capazes de suportar à inovação, ao mesmo tempo que protege os direitos fundamentais dos cidadãos (MAGRANI, 2018 apud TI RIO 2015).

Contudo, com a implementação desses novos dispositivos, tão elementares no processo produtivo econômico, eclode a problemática da privacidade, segurança e direitos do consumidor, atrelada à questão ética. O aumento do volume de dados de usuários disponibilizados entre máquinas e dispositivos, leva as instituições a preocuparem-se com a segurança dos mesmos, de modo a gerar maior confiança e estabelecer um diferencial positivo em seus serviços prestados (MAGRANI, 2018).

As áreas em que essas tecnologias mais são empregadas, estão assim distribuídas: 22% dos projetos de *IoT* são voltados para o ambiente da indústria; um quinto, para cidades inteligentes e 13%, para o setor de energia e carros conectados. Além disso, a região com a maior aplicação desse tipo de tecnologia é a América do Norte, seguida da Europa e, por fim, da Ásia e Oceania (MAGRANI, 2018).

Figura 2 - Áreas de emprego da *IoT*



Fonte: Magrani, 2018, p.7.

A Figura 2 apresenta uma clara visualização das áreas em que estas tecnologias são empregadas.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Juntamente com o crescimento exponencial da *IoT* ao passar dos anos, vieram a existência propostas e ferramentas que possam vir a facilitar as suas mais diversas aplicações. Desde o advento dos microcontroladores, em especial o Arduino, em 2005, cada vez mais pessoas buscam por programar e gerenciar suas aplicações de forma autônoma. Além disso, como citado anteriormente, o gerenciamento desses dados é um diferencial mercadológico (THOMSEN, 2014).

Por outro lado, grande parte dos sistemas até então construídos estão destinados a essas comunidades autônomas, não suprimindo demandas empresariais. Além disso, em sua maioria são sistemas de código aberto, construídos de forma a compartilhar e limitar dados armazenados em seus bancos de dados, gerando certa preocupação com segurança e privacidade.

Assim, surge a necessidade de avaliar os sistemas já existentes no mercado e propor uma solução específica para empresas, nesse caso específico, do ramo energético, onde se possam conectar sensores compatíveis, tratar seus dados e exibi-los em um *dashboard* tão amigável quanto as soluções já existentes. Para servir de ponto de partida, entre as várias possibilidades de sistemas semelhantes, podemos visualizar as seguintes:

3.1 Blynk

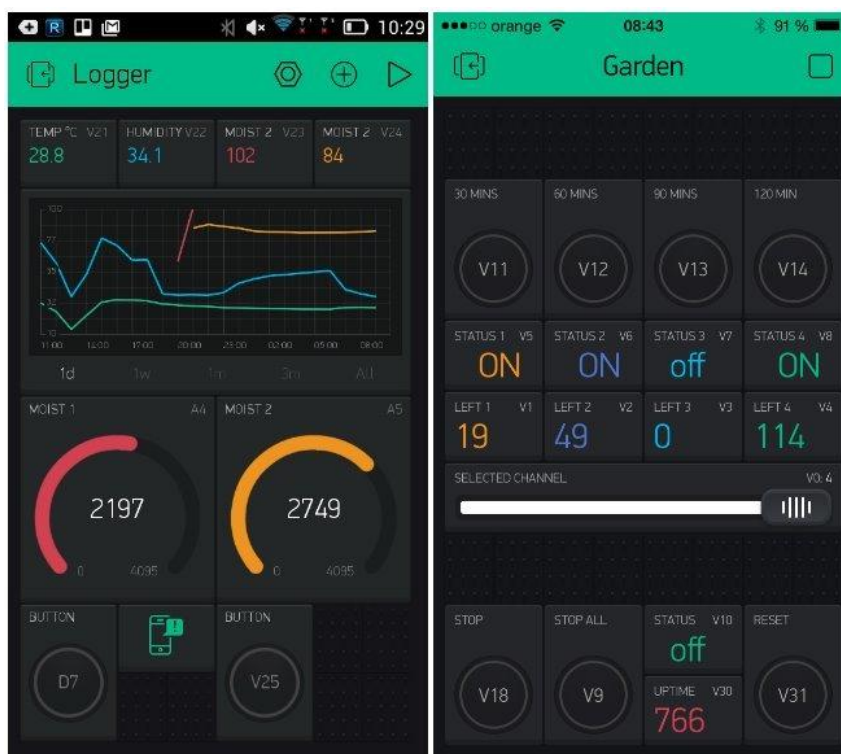
Com a grande atenção que a automação residencial vem ganhando nos últimos anos, a ferramenta Blynk surge para aqueles usuários que buscam tornar algumas de suas atividades cotidianas mais práticas e conectadas. Ele é, basicamente, um aplicativo que serve como plataforma de integração de dispositivos microcontrolados. Através dele, usuários podem conectar diversos sensores e relés capazes de serem controlados remotamente, somente com o uso de um *smartphone* (SERRANO, 2018).

Segundo Serrano (2018), o sistema é baseado em uma plataforma de limitada código aberto, ou seja, o usuário pode desempenhar algumas funções gratuitamente, mas, dependendo o nível de complexidade e número de equipamentos conectados, precisará pagar pela utilização. Este nível de complexidade é avaliado através do custo de cada funcionalidade do aplicativo, determinado pelo uso de uma moeda fictícia, recebida logo após a criação de conta.

Ainda segundo Serrano (2018), a composição do sistema se baseia em três frentes: o App Blynk, o Servidor Blynk e as Bibliotecas Blynk. O App possibilita a criação de interfaces de forma simples, apenas arrastando os *widjets* e fazer sua configuração na tela. O Servidor Blynk, por sua vez, é responsável por realizar as comunicações entre o dispositivo móvel e a plataforma. Já as Bibliotecas Blynk possibilitam a integração com as mais diversas plataformas, tornando o sistema compatível.

Apesar de sua facilidade de utilização e implementação, o sistema apresenta grandes limitações, pois está focado em visualização de dados e interação com equipamentos, impossibilitando a geração de relatórios e a comparação com outros dispositivos. Seu foco é a comunidade de *makers*, que optam por fazer por si próprios a automação residencial.

Figura 3 - Visualização das telas do Blynk



Fonte: Site dobitaabyte¹

Um modelo de *dashboard* construído com a aplicação pode ser visto na Figura 3. Nele, é possível observar diversos dados dispostos em gráficos e contadores, além de botões que podem ser programados para executarem ações.

¹ Disponível em <<https://www.dobitaabyte.com.br/controles-do-blynk-com-esp32/>>. Acesso em 12 de março de 21.

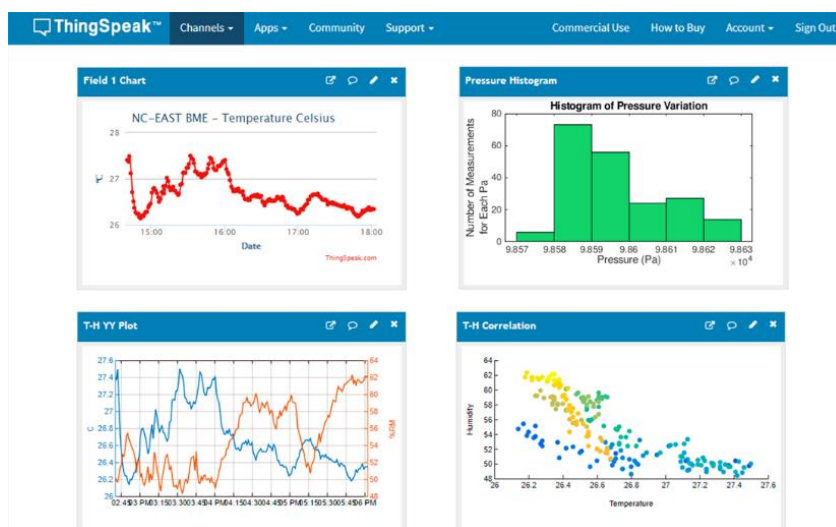
3.2 ThingSpeak

Uma plataforma que poderia sanar as limitações aderentes ao sistema Blynk é o *ThingSpeak*. Sua interface também é calçada na resolução e integração de aplicações relacionadas a *IoT*, permitindo o envio de dados numéricos, os quais serão visualizados na forma de gráficos. Desse modo, a aplicação permite monitorar grandezas numéricas (umidade, temperatura, pressão, luminosidade etc.) à distância, via *Internet* (BERTOLETI, 2020).

Todavia, mesmo com maior disponibilidade de envio de dados e funcionalidades, a ferramenta ainda possui limitações em sua forma gratuita, além de não poder ser utilizada para uso comercial. Além disso, assim como na ferramenta Blynk, os dados estariam sendo enviados e armazenados em servidores externos à sua aplicação, podendo acarretar maior vulnerabilidade de dados. Outro fator que pode ser limitante é que a plataforma permite o envio de dados apenas de 15 em 15 segundos. Conseqüentemente, utilizações que necessitem de visualização em tempo real já não poderão ser atendidas pela ferramenta (BERTOLETI, 2020).

Bertoleti (2020) ressalta que um dos seus fatores positivos é a possibilidade da análise dos dados coletados com *softwares* matemáticos, tendo um suporte específico para MatLab. Permite o envio de notificações e alertas aos usuários, além de ser acessada de qualquer navegador, desde que exista uma conexão com a *Internet*, possibilitando uma maior compatibilidade.

Figura 4 - Dashboard do *ThingSpeak*



Fonte: Blog da Tecmer²

² Disponível em <<https://blogdatecmer.blogspot.com/2018/10/thingspeak.html>>. Acesso em 12 de março de 2021.

Na Figura 4, pode-se observar alguns modelos de gráficos fornecidos pela interface do ThingSpeak. Eles podem ser dispostos conforme a necessidade do usuário.

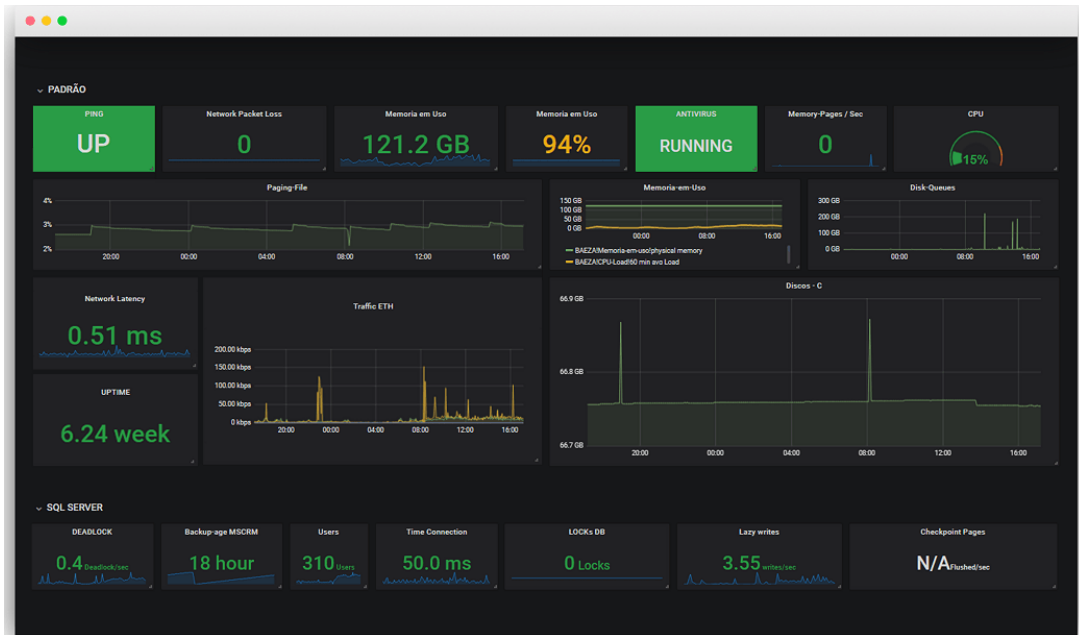
3.3 Grafana

O foco da ferramenta Grafana é a utilização empresarial. Nela, é possível acompanhar, de forma *online* as métricas, gráficos e outras informações. Seu diferencial está na grande versatilidade e capacidade de personalização, permitindo organizar dados de diversas fontes diferentes em um mesmo *dashboard*, ao mesmo tempo que tem suporte para diferentes tecnologias e bancos de dados (SILVA, 2018).

Sendo uma solução gratuita e de código aberto para gestão de métricas e indicadores, vem ganhando cada vez mais adeptos, pois sua estrutura permite *multi data source*, ou seja, que vários bancos de dados estejam interligados, oferecendo suporte para soluções conhecidas, como Zabbix, MySQL, GLPI, PostgreSQL, GoogleCalendar, InfluxDB etc., possuindo uma comunidade ativa e *software* documentado, de modo a tornar a resolução de problemas mais eficiente (SILVA, 2018).

A aplicação também permite o compartilhamento *online* das informações, de modo que o gerenciamento possa ser feito em equipe e de forma remota. Cada uma das métricas, ainda, pode ser editada e adaptada para cada tipo de dado, partindo de modelos pré-estabelecidos, possibilitando análises mais específicas para cada dado. Contudo, talvez não seja a melhor opção para quem busca enviar comandos ou informações a sensores remotos, pois por mais que o *software* seja muito versátil, ele é direcionado para a análise e não envio de informações (GOMES, 2019; SILVA, 2018).

Figura 5 - Dashboard no Grafana



Fonte: Site OPservices³

Na

³ Disponível em <<https://www.opservices.com.br/grafana/>>. Acesso em 12 de março de 2021.

Figura 5, pode-se visualizar a interface gráfica do Grafana, assim como alguns dos seus gráficos e representações numéricas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos nesse trabalho é preciso dividir a construção do sistema em algumas etapas, compreendendo a necessária integração de cada uma delas. Primeiramente o sensor, no caso um microcontrolador, precisa ser programado de modo a permitir o envio de dados e seu armazenamento em um banco de dados, que, por sua vez, precisa receber os dados e acomodá-los, possibilitando a uma interface realizar as buscas em seu armazenamento. Essas buscas serão feitas por usuários com um auxílio de um *dashboard*, ferramenta essa que permitirá, além da visualização de dados, a geração de relatórios e funções administrativas.

4.1 Descrição da solução proposta

O sistema será projetado para que possa ser acessado de forma remota, de qualquer lugar e em tempo real, desde que haja conexão com a Internet. A interface gráfica consiste em um *dashboard* que mostrará os dados coletados por sensores. Esses dados, para serem mostrados, receberão o tratamento de uma aplicação *backend*, que fará operações matemáticas para ampliar a gama de informações dispostas na visualização. Cada usuário terá níveis de acesso de visualização diferentes, que serão controlados pelo administrador. Assim, será um sistema personalizável e adaptativo, levando em conta a necessidade de cada cliente. Todo o sistema estará hospedado em um servidor com suporte para o banco de dados, sendo que as informações necessárias para seu funcionamento estarão armazenadas nesse servidor.

4.2 Materiais

Para que a aplicação execute as funções descritas, faz-se necessária a escolha de ferramentas que possibilitem sua construção. Partindo desse princípio, cada uma das etapas apresentará tecnologias específicas, que levem em conta, dentre os mais diversos aspectos, compatibilidade e praticidade. Atualmente, como existem diversas ferramentas para uma mesma aplicação, existe um certo grau de liberdade nas suas escolhas. Assim sendo, passamos a descrever cada uma das tecnologias escolhidas, assim como seu papel no sistema proposto.

4.2.1 Banco de Dados e MySQL

Para entender um banco de dados, pode-se utilizar de um dos móveis mais comumente encontrados em escritórios: o armário de arquivos. Dentro desse móvel são armazenados diversos dados de clientes e funcionários, além de informações da empresa. Quando é preciso realizar uma consulta, por exemplo um número de telefone de “João”, é preciso abrir o fichário e procurar pela letra “J”, visualizando nome por nome, até encontrar a informação buscada. Contudo, a velocidade de busca é muito lenta e o volume de informações armazenadas pela empresa pode ser muito grande. Pensando nisso, surgiu a necessidade de criar sistemas capazes de armazenar todas essas informações e tornar essa busca mais eficiente (QUESADA et al., 2001).

Assim, surgem os bancos de dados: uma espécie de “fichário virtual”. A sua organização deve ser significativa e conter uma coerência lógica entre os dados armazenados, tendo em vista que sua utilização sempre estará associada a um real interesse dos usuários (QUESADA et al., 2001).

Para que todos esses dados possam ser manipulados, faz-se necessária a utilização de ferramentas. Pois, como afirma Bittencourt (2004 apud Chu [1983]), “um banco de dados é um conjunto de arquivos relacionados entre si.” Essas ferramentas são conhecidas como SGBDs, ou Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, sendo gama de aplicações que permitem ao usuário definir, construir e manipular, com diversas finalidades, um Bancos de Dados. Portanto, são sistemas capazes de inserir, excluir, relacionar e alterar dados, além de criar ou manipular bancos e suas informações (MEIRA, 2013).

Entre os mais diversos tipos de Bancos de Dados (hierárquico, orientado ao objeto, em redes), optamos por um banco de dados relacional, chamado MySQL. O conceito “relacional” significa que os dados contidos em um Banco de Dados estarão representados por relações, sendo que cada relação é uma tabela e cada tabela tem um número de colunas com nomes únicos. Cada uma delas será criada e manipulada através da linguagem SQL (*Structured Query Language*, ou Linguagem de Consulta Estruturada), utilizada para acessar os dados utilizando o SGBD (QUESADA et al., 2001; BITTENCOURT, 2004).

Segundo Portal Educação (2015), o surgimento do MySQL está atrelado a necessidade de utilização de mecanismos que permitissem a conexão de tabelas criadas pela linguagem SQL. Uma companhia suíça começou a buscar alternativas para operar com uma grande quantidade de dados rapidamente, sem exigir plataformas caras de *hardware*. Inicialmente,

utilizaram o mSQL, mas notaram que essa ferramenta não tinha a velocidade necessária para suprir suas necessidades. Como forma de solução, optaram por criar um SGBD próprio, então marcando o início do MySQL.

Ainda conforme o Portal da Educação (2015), em 1995 foi lançada a primeira versão do MySQL, desenvolvida por Michael Widenius, sendo atualizada e utilizada até os dias de hoje por um grande número de pessoas. Atualmente, após passar pela Sun Microsystems, agora é gerenciada pela Oracle Corporation, que comprou a Sun em 2010.

Esse SGBD foi desenvolvido para lidar com bancos de dados grandes, de maneira muito mais rápida que as soluções existentes, e tem sido usado de forma eficiente. É considerado, além de rápido, confiável e fácil de utilizar, possuindo uma gama de recursos construídos com o auxílio dos próprios usuários, determinando a sua grande adaptabilidade, além de se valer de características como conectividade, velocidade e segurança (QUESADA et al., 2001; BITTENCOURT, 2004).

Este modelo se baseia no conceito de cliente/servidor, que consiste em um servidor SQL multitarefa que suporta diferentes acessos, com diversos programas, clientes, bibliotecas, ferramentas administrativas e interfaces de programação (API's). Conta com suporte para diferentes plataformas (Windows, Linux, FreeBSD, Unix) e múltiplos processadores, além de um *software* de código aberto, permitindo ao usuário modificar o programa e adequá-lo as suas necessidades (QUESADA et al., 2001).

4.2.2 O PHP e sua Utilização

O PHP é um acrônimo para *Hypertext Preprocessor*, sendo uma linguagem de código aberto amplamente utilizada no desenvolvimento WEB, principalmente por sua praticidade de integração com HTML. Sua utilização permite, por exemplo, coletar dados de formulário, gerar páginas de forma dinâmica ou enviar e receber *cookies*, utilizados para identificar visitantes. Além dessas funções, cabe destacar que oferece suporte para diferentes bancos de dados, como dBase, mySQL, Oracle, PostgreSQL etc., entre outras funções, como suporte a outros protocolos (MARQUES, 2020).

Como é uma linguagem que se comunica com o HTML, pode mesclar código HTML com código PHP em um mesmo documento. Contudo, cada uma das linguagens fica responsável por uma parte do desenvolvimento, sendo o HTML pela visualização e o PHP pelo lado do servidor, ou seja, o *back-end*. A linguagem não tem ligação direta com o *layout*, eventos

ou relações com a aparência da página Web, sendo a maior parte do código invisível ao usuário final. Se um usuário visualizar uma página escrita em PHP, não conseguirá distinguir se foi ou não escrita em HTML, justamente pelo resultado visual do PHP ser o HTML (SIQUEIRA, 2015).

Segundo Siqueira (2015), a história da construção dessa linguagem partiu da ideia de um engenheiro de *software*, membro da equipe Apache, Rasmus Lerdorf, que em 1994 buscava desenvolver uma aplicação capaz de monitorar os acessos ao seu site pessoal. Pela demanda de usuários que passaram a utilizar seu trabalho, Rasmus, no ano seguinte, montou um pacote chamado *Personal Home Page Tools* (também conhecido como *PHP Construction Kit*). Logo em seguida uma segunda versão foi lançada, dando suporte para analisar sintaticamente consultas SQL.

Em 1997, Zeev Suraski e Andi Gutmans, programadores israelenses, reestruturaram os códigos do PHP e lançaram o *PHP 3*, mudando o nome de *Personal Home Page*, para *PHP Hypertext Preprocessor*. Essa versão disponibilizou recursos de orientações a objetos pela primeira vez na linguagem. Ainda em 1997 o PHP já estava em uso em mais de 50 mil sites, necessitando de uma equipe para manter suas operações. Dois anos depois, a versão PHP 4 foi lançada, adicionando mais recursos e alcançando a marca de mais de 100 mil usuários. Um ano após, já havia passado a marca de um milhão de domínios (SIQUEIRA, 2015).

De acordo com Jackson (2021), mesmo com novas propostas e preferências de linguagens dentro do mercado de programação, o PHP ainda está presente em, praticamente, 80% de todos os sites da Internet. De acordo a *W3Techs*, PHP é usado por 78,9% de todos os websites que possuem uma linguagem de programação reconhecida pelo lado do servidor. Além disso, uma das plataformas mais utilizadas na construção de Sites é o Wordpress, devido a sua facilidade, sendo que sites construídos nessa plataforma, que é modelada em PHP, representam 34% de todos os *websites* na Internet.

4.2.3 HTML e CSS

Todo conteúdo mostrado na internet, seja ele texto, vídeo ou imagem, depende de uma linguagem de organização padrão: o HTML (*HyperText Markup Language*). Sendo uma linguagem de marcação originalmente proposta por Tim Berners-Lee no final da década de 1980, partiu da necessidade de os cientistas divulgarem seus artigos na *Internet* de forma simples. Assim, Berners-Lee desenvolveu uma linguagem utilizada apenas para estruturar e

exibir conteúdo, inicialmente textos, de forma coerente para usuários, sendo que os mesmos eram, majoritariamente, pessoas da comunidade científica (K19, 2013).

Mesmo assim, a linguagem acabou por se tornar um padrão da Internet, rompendo os muros da comunidade acadêmica, sendo mais implementada e testada. Todavia, com o passar dos anos, usuários sentiram a necessidade de um nível maior de personalização nesse conteúdo, transcendendo a visualização de somente textos. Só existia um problema: o HTML não mais suportava essa personalização. Assim, a solução foi a implementação de novas *tags*, ou seja, de novas entradas de dados (K19, 2013).

Contudo, essas entradas dificultavam a alteração em um site com muitas informações. Partindo do pressuposto que um *site* possua 100 páginas diferentes, cada página possui 10 *tags* de *link*, 10 *tags* de imagem e 50 *tags* de texto. Quando designers e desenvolvedores precisavam alterar o estilo de alguma dessas *tags*, precisavam entrar em cada página e editar, individualmente, cada uma delas, gerando enorme volume de trabalho. Assim, surge a necessidade de um recurso que possa facilitar e agilizar a personalização dessas páginas (DE MIRANDA, [s.d.]).

Assim, Håkon Wium Lie e Bert Bos propuseram o CSS (*Cascading Style Sheets*). O conceito era deixar a tarefa de estruturação dos sites com o HTML e toda a apresentação de *design* (estilos) com o CSS em um arquivo separado “.css” ou dentro do próprio código HTML. Desse modo, a W3C (*World Wide Web Consortium*), principal órgão de padronização da internet, adotou o CSS como padrão de personalização do HTML (DE MIRANDA, [s.d.]).

A composição do HTML é dada por elementos hierarquicamente organizados, ou seja, para inserir um elemento (texto, imagem, *link* etc.) em um documento HTML é preciso utilizar as *tags* correspondentes a esse elemento. O papel do CSS nisso tudo é “varrer” cada uma dessas *tags* e aplicar um estilo específico. Por exemplo: todas os títulos terão tamanho de 12 pixels, cor preta e estarão em negrito. Desse modo, ao invés de entrar em cada um dos títulos e aplicar a alteração, a linguagem permite aplicar os estilos em massa (DE MIRANDA, [s.d.]).

4.2.4 Sensores, microcontroladores e o ESP8266

Como citado anteriormente, sensores são responsáveis por mensurar dados de grandeza física, tais como temperatura, pressão, distância, entre outros. Contudo, nem sempre a medida, por si só, é suficiente: ela precede e exige uma ação correspondente. Quando estamos com febre, por exemplo, o termômetro, sendo ele de mercúrio ou digital, age como sensor,

apenas nos revelando uma grandeza para então concluirmos se estamos ou não febris e tomarmos as devidas providências. Da mesma forma, quando esse conceito é expandido para uma caldeira, por exemplo, não basta somente obtermos um valor de leitura e constatarmos superaquecimento, devemos tomar uma atitude que possa reverter a situação, ou a caldeira poderá ser danificada (OLIVEIRA, 2017).

Segundo Oliveira (2017), o que se pode concluir é que, nesse cenário, o fator humano é essencial para a tomada de decisões, avaliando os dados e decidindo qual melhor atitude tomar. Nesse cenário, entra também em jogo a velocidade na tomada de ação e a possibilidade de erro na mesma. Como o volume de informações disposto pela indústria é incomensurável, impossibilitando ao fator humano avaliar a todo instante cada atividade de forma simultânea, surge a necessidade de um ator capaz de inserir novas variáveis ao processo, interpretando os dados e apontando quais são as melhores e mais eficientes decisões a serem tomadas.

Então, o microcontrolador aparece como proposta de solução para esse problema. Desenvolvido por dois engenheiros da *Texas Instruments*, Gary Boone e Michael Cochram, em 1971, inicialmente foi somente utilizado em calculadoras da própria empresa (O incrível Mundo Nerd, 2014). Contudo, com o avanço tecnológico e a maior capacidade e volume de processamento, agora é utilizado em sistemas mais robustos, sendo capaz de coletar, processar e enviar dados por sensores, representando uma alternativa eficiente na tomada de decisões (OLIVEIRA, 2017).

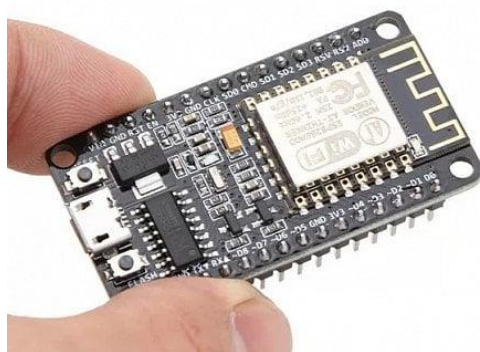
Microcontroladores são usados principalmente no mercado atual em processos de automação, seja pela comunidade dos *makers* ou pelas demandas empresariais, estando cada vez mais presentes em nossa vida tanto nos celulares, quanto nos televisores, torradeiras ou luminárias. Estes, quando combinados com sensores, podem agir de forma autônoma, tomando atitudes para as quais foram programados. Um microcontrolador é capaz de, por exemplo, indicar a uma cafeteira se está na hora de fazer café, podendo fazer isso sem a ajuda direta do fator humano (claro que levando em conta sua programação) (OLIVEIRA, 2017; CURVELLO, 2015).

Quando se pode juntar um microcontrolador com sensores e fazer com que esse arranjo se conecte com a internet, além dos processos serem agilizados, eliminam-se as barreiras físicas, fazendo com que o sistema possa ser, além de autônomo, móvel. Esse fato só é possível caso existam ferramentas capazes de processar o volume de dados necessário, além de fornecer uma conexão estável com a Internet. Atendendo a essas necessidades, o ESP8266, da *Espressif Systems*, aparece como uma boa opção (CURVELLO, 2015).

Esse microcontrolador possui um sistema de comunicação WiFi próprio – o que não é comum nesses dispositivos –, sendo até mesmo utilizado como módulo WiFi para outros microcontroladores, como o Arduíno. Pode ser utilizado em diversas aplicações, munindo-se de variadas linguagens de programação (O incrível Mundo Nerd, 2014). A fabricante também disponibiliza o código fonte do *firmware*, podendo ser modificado conforme a necessidade do usuário. Uma possível vantagem de implementação é seu baixo custo, que costuma variar entre 20 e 50 reais (CURVELLO, 2015).

Dispositivos como os microcontroladores podem ser vistos como minicomputadores, capazes de realizar ações para as quais foram programados. Dispositivos como Arduíno ou Raspberry Pi Pico costumam ser amplamente difundidos, com uma comunidade ativa nas mais diversas áreas. As aplicações e dispositivos são inúmeros, mas, valendo-se principalmente da conectividade WEB e do baixo custo, o ESP8266 se torna mais interessante ao escopo desse projeto. O dispositivo pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 - ESP8266



Fonte: Site Root.cz⁴

O dispositivo ESP8266 pode ser perfeitamente visualizado na Figura 6.

⁴ Disponível em <<https://www.root.cz/clanky/nodemcu-a-jeho-verzie-doska-s-wi-fi-cipom-esp8266/>>. Acesso em 12 de março de 2021.

4.3 Métodos

Para que o sistema possa ser desenvolvido de forma eficiente, é preciso elencar todo o processo, tendo como objetivo levantar o máximo de características pertinentes a sua construção. Desse modo, pode-se atingir os objetivos de forma mais assertiva e levar ao consumidor final um produto que esteja dentro de suas expectativas. Para tanto, nessa seção serão levantados todos os requisitos, além dos diagramas de caso de uso, de classes e de sequência. Desse modo, pode-se fazer uma validação de quais foram as necessidades atendidas (PROJETO ACADÊMICO, 2019).

4.3.1 Requisitos funcionais e não-funcionais

Podemos entender requisitos funcionais e não funcionais como todas as tarefas a serem executadas com o objetivo de gerar um produto. Com base neles, o desenvolvedor poderá se guiar e delimitar as melhores estratégias, sem esquecer de características fundamentais. (CUNHA, 2020). Tendo isso claro, passamos a apresentar estes requisitos.

Primeiramente, estão descritas as funcionalidades oferecidas pelo sistema de monitoramento. Esses requisitos são todas as necessidades que devem ser atendidas e resolvidas no processo construtivo, sejam elas funções ou serviços (FIGUEIREDO, [s.d.]). A

Tabela 1, apresentada a seguir, lista os serviços a serem oferecidos pelo sistema na sua versão inicial.

Tabela 1 - Requisitos Funcionais

Função	Descrição
1. Coletar Dados	<i>O sistema deverá coletar dados através de sensores.</i>
2. Tratar Dados	<i>O sistema deverá converter os dados coletados em informações amigáveis.</i>
3. Imprimir Relatório	<i>O sistema permitirá a geração de relatórios a partir dos dados coletados pelos sensores</i>
4. Visualizar Dashboard	<i>Os dados deverão estar dispostos em um dashboard.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Já os requisitos não-funcionais, descritos na Tabela 2, estão relacionados à forma com que esses objetivos propostos serão alcançados, ou seja, enquanto os requisitos funcionais se atentam no que será feito, os requisitos funcionais descrevem como serão feitos. Os requisitos que descrevem os aspectos não-funcionais, para fins de visualização, foram divididos em três categorias: processo, produto e externos. Eles são apresentados na sequência (CUNHA, 2020).

Tabela 2 – Requisitos Não-funcionais

Identificação	Descrição	Casos de Uso Relacionados
1. Linguagem de Programação	<i>O sistema será desenvolvido utilizando a linguagem de programação PHP.</i>	Todos
2. Modelagem	<i>Todo o sistema deverá ser modelado utilizando a linguagem UML.</i>	Todos
3. Tempo de Resposta	<i>O tempo de resposta às requisições dos usuários não deverá exceder 1 segundo.</i>	Todos
4. Acessos Simultâneos	<i>O sistema deverá suportar acessos simultâneos.</i>	Todos
5. Taxa de Atualização	<i>O sistema deverá atualizar automaticamente a página de visualização uma vez a cada segundo.</i>	Todos
6. Segurança de dados	<i>Todos os dados armazenados no servidor serão criptografados.</i>	Todos
7. Mensagens de Erro	<i>O sistema deverá exibir mensagens de erro instrutivas e de fácil compreensão.</i>	Todos
8. Interface do Sistema	<i>A interface deverá ser limpa e intuitiva, contendo todos os dados dispostos de forma a facilitar a visualização.</i>	Todos
9. Acessibilidade	<i>O sistema deverá ter a possibilidade de utilização por deficientes visuais e auditivos.</i>	
10. Tempo de Desenvolvimento	<i>O tempo do desenvolvimento do sistema não poderá ultrapassar um ano.</i>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.3.2 Diagrama de caso de uso

Com o objetivo de demonstrar cada uma das formas com as quais o usuário irá interagir com o sistema, surge a necessidade do diagrama de casos de uso. Nele, cada usuário é chamado de ator e cada um desses atores pode realizar tarefas específicas. É um objeto que auxilia na visualização do sistema como um todo e no qual cada um dos atores pode estar relacionado e influenciando na aplicabilidade (DA SILVA FILHO, 2009).

Primeiramente, devemos definir os atores. Nesse sistema, serão 3, chamados de: administrador, cliente e sensor. O administrador representa um funcionário da empresa responsável por atividades administrativas; o cliente representa os clientes da empresa; e o sensor representa o equipamento que fará o monitoramento e a coleta de dados no sistema (DA SILVA FILHO, 2009).

Figura 7 - Atores do sistema



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Uma representação desses atores pode ser vista na Figura 7.

O diagrama de casos de uso, assim como cada atividade realizada pelos atores, pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 - Diagrama de casos de uso



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 8, as funções de coleta e envio de dados ficam sob a responsabilidade do sensor. Os administradores, por sua vez, podem, além de gerenciar sensores e clientes, cadastrar novos administradores e ainda gerar relatórios com os dados coletados e armazenados no banco de dados. Já os clientes, através de uma autenticação, poderão visualizar relatórios e sensores gerenciados pelo administrador. Toda a interface gráfica estará relacionada com o *dashboard*.

4.3.3 Especificação dos Casos de Uso

Realizada a idealização do diagrama de casos de uso, é preciso identificar como o sistema se comportará em cada momento do processo, função da especificação dos casos de uso. A mesma é uma técnica que descreve qual a sequência lógica de ações que o sistema realizará para chegar a uma interação e uma resposta adequada a cada ator. Cada uma das utilizações mencionadas está descrita a seguir, nos Quadros de 1 a 6. (DA SILVA FILHO, 2009).

Quadro 1- Autenticar usuário

1. Descrição Sumária O cliente e o administrador precisam passar pelo processo de autenticação para terem acesso ao sistema.
2. Atores O cliente e o administrador precisam passar pelo processo de autenticação para terem acesso ao sistema.
3. Prioridade <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
4. Entradas 1. Login; 2. Senha.
5. Pré-condições 1. O usuário não está logado; 2. Há um usuário cadastrado com o login e a senha.
6. Saídas 1. Nenhuma.
7. Pós-condições 1. O usuário está logado.
8. Fluxo de Eventos <i>Fluxo Básico</i> 1. O usuário informa o seu login e sua senha; 2. O sistema verifica se existe algum usuário com a senha e o login fornecido; 3. O usuário é autenticado no sistema e esse é redirecionado para sua interface correspondente (essa interface depende do nível de acesso do ator que está “logando”). <i>Fluxos Alternativos</i> <i>Login desconhecido ou senha incorreta</i> Se no passo 2 o login ou a senha que o usuário informou estiver inválido ou não preenchido: 1. Uma mensagem de erro é exibida; 2. Volta ao passo 1 do fluxo básico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 2 - Cadastrar administradores

<p>1. Descrição Sumária Permite que um administrador inclua mais administradores no sistema.</p>
<p>2. Atores Administrador.</p>
<p>3. Prioridade <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável</p>
<p>4. Entradas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nome; 2. Data de nascimento; 3. CPF; 4. RG; 5. Endereço (rua, número, complemento, bairro, cidade, CEP); 6. Login; 7. Senha; 8. Telefone; 9. Celular; 10. E-mail.
<p>5. Pré-condições</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O login e a senha só contêm letras e números; 2. Não há cliente cadastrado com o mesmo login; 3. Nome, CPF, endereço, login, senha e e-mail são campos obrigatórios.
<p>6. Saídas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nenhuma.
<p>7. Pós-condições</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O cliente está cadastrado no sistema.
<p>8. Fluxo de Eventos</p> <p><i>Fluxo Básico</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O administrador escolhe a opção cadastrar novo administrador; 2. O administrador insere os dados necessários para o cadastro do novo usuário; 3. O sistema valida as entradas e cadastra o administrador. <p><i>Fluxos Alternativos</i></p> <p><i>Dados inválidos</i></p> <p>Se no passo 3 alguns dos dados obrigatórios não estiverem preenchidos ou o login ou senha estiverem com formato inválido (não contiverem letras, números e um algarismo especial):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Uma mensagem de erro é exibida relatando os campos inválidos ou não preenchidos; 2. Volta ao passo 2 do fluxo básico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 3 - Cadastrar novo sensor

<p>1. Descrição Sumária Permite que o administrador cadastre um novo sensor no sistema.</p>
<p>2. Atores Administrador.</p>
<p>3. Prioridade <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável</p>
<p>4. Entradas 1. Número de Série; 2. Modelo; 3. Localização.</p>
<p>5. Pré-condições 1. O usuário está logado; 2. Deve possuir autorização para adicionar sensores.</p>
<p>6. Saídas 1. Nenhuma.</p>
<p>7. Pós-condições 1. Um novo sensor será reconhecido pelo sistema.</p>
<p>8. Fluxo de Eventos</p> <p><i>Fluxo Básico</i></p> <ol style="list-style-type: none"> O usuário escolhe a opção de cadastrar novo sensor; O usuário informa as entradas necessárias para inserir um sensor; O sistema valida as entradas e cadastra o novo sensor. <p><i>Fluxos Alternativos</i></p> <p><i>Dados inválidos</i></p> <p>Se no passo 3 alguns dos dados obrigatórios (número de série e modelo) não estiverem preenchidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Uma mensagem de erro é exibida relatando os campos inválidos; Volta ao passo 2 do fluxo básico. <p><i>Sensor já cadastrado</i></p> <p>Se no passo 3 o sistema verificar que existe outro tipo de sensor cadastrado com o mesmo nome:</p> <ol style="list-style-type: none"> Uma mensagem de erro é exibida; Volta ao passo 2 do fluxo básico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 4 - Gerenciar usuários

<p>1. Descrição Sumária Permite que o administrador cadastre novos clientes.</p>
<p>2. Atores Administrador.</p>
<p>3. Prioridade <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável</p>
<p>4. Entradas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Código; 2. Nome; 3. Endereço; 4. Diretor; 5. CNPJ/CPF; 6. Informações adicionais.
<p>5. Pré-condições</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário está logado; 2. Código, CNPJ/CPF e nome são campos obrigatórios.
<p>6. Saídas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nenhuma.
<p>7. Pós-condições</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A empresa está cadastrada no sistema.
<p>8. Fluxo de Eventos</p> <p><i>Fluxo Básico</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário escolhe a opção de cadastrar cliente; 2. O usuário informa as entradas necessárias para cadastrar a empresa; 3. O usuário informa quais os dados que o cliente pode acessar; 4. O sistema valida as entradas e cadastra o usuário. <p><i>Fluxos Alternativos</i></p> <p><i>Dados inválidos</i></p> <p>Se no passo 3 alguns dos dados obrigatórios (código, CNPJ/CPF e nome) não estiverem preenchidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Uma mensagem de erro é exibida relatando os campos não preenchidos; 2. Volta ao passo 2 do fluxo básico. <p><i>Cliente já cadastrado</i></p> <p>Se no passo 3 o sistema verificar que existe um cliente cadastrado com o mesmo código:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Uma mensagem de erro é exibida relatando a duplicidade de código; 2. Volta ao passo 2 do fluxo básico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 5 - Gerar relatório

<p>1. Descrição Sumária Permite que o usuário visualize relatórios dos dados coletados em um período determinado.</p>
<p>2. Atores Administrador ou cliente.</p>
<p>3. Prioridade <input type="checkbox"/> Essencial <input checked="" type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável</p>
<p>4. Entradas 1. O tipo de relatório a ser exibido; 2. Período em que o usuário deseja visualizar os dados (de – até).</p>
<p>5. Pré-condições 1. Estar logado no sistema.</p>
<p>6. Saídas 1. O relatório.</p>
<p>7. Pós-condições 1. Nenhuma.</p>
<p>8. Fluxo de Eventos <i>Fluxo Básico</i> 1. O usuário escolhe a opção de gerar relatório; 2. O usuário seleciona quais os sensores que deseja inserir no relatório; 3. O usuário escolhe de que dia até que dia deseja comparar os dados; 4. O sistema gera o relatório; 5. O sistema exibe o relatório gerado.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 6 - Gerenciar acesso aos sensores

<p>1. Descrição Sumária Permite que o administrador gerencie quais usuários podem ver determinados sensores.</p>
<p>2. Atores Administrador.</p>
<p>3. Prioridade <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável</p>
<p>4. Entradas 1. Nome de Usuário; 2. Sensores que pode acessar.</p>
<p>5. Pré-condições 1. O usuário está logado.</p>
<p>6. Saídas 1. Nenhuma.</p>
<p>7. Pós-condições 1. Um determinado usuário pode acessar determinados sensores.</p>
<p>8. Fluxo de Eventos</p> <p><i>Fluxo Básico</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário escolhe a opção definir sensores para clientes; 2. O usuário informa os dados necessários para gerenciar os sensores; 3. O sistema valida as entradas e define quais sensores o usuário pode acessar. <p><i>Fluxos Alternativos</i></p> <p><i>Dados inválidos</i></p> <p>Se no passo 3 alguns dos dados não estiverem preenchidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Uma mensagem de erro é exibida relatando os campos não preenchidos; 2. Volta ao passo 2 do fluxo básico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

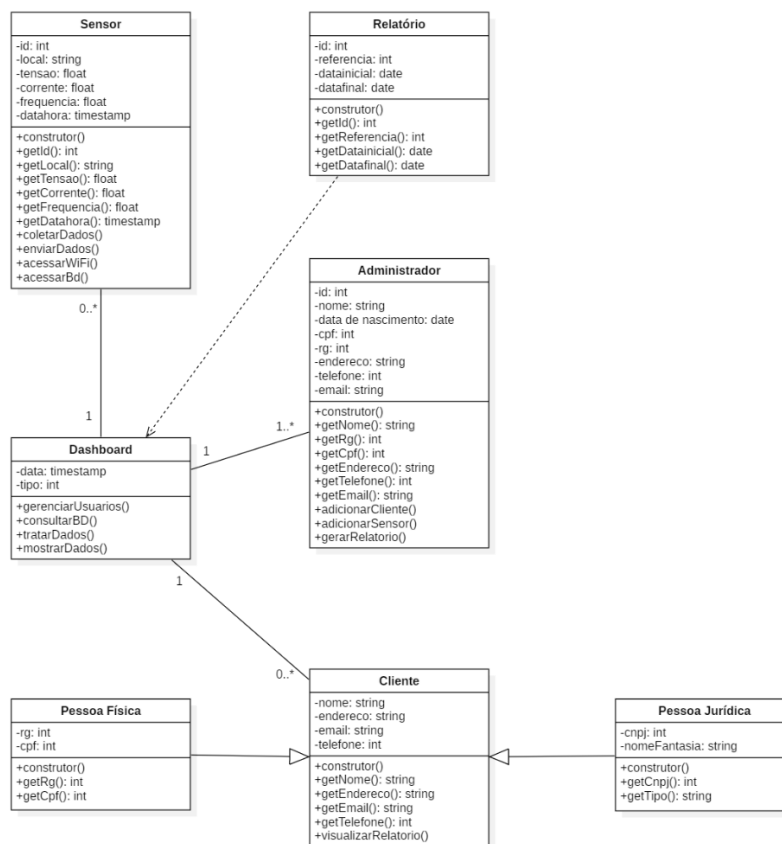
4.3.4 Diagrama de Classes

Dentre os diagramas mais úteis dentro da UML (*Unified Modeling Language*), linguagem padrão para a estrutura de projeto de *software*, está o diagrama de classes. Ele tem como objetivo mapear, de forma clara, a estrutura de um determinado sistema, modelando suas classes, atributos, operações e relações entre objetos, apresentando sua estrutura estática. Um sistema pode apresentar um ou mais diagramas, dependendo do seu grau de complexidade (LUCIDCHART, [s. d.]).

Cada classe pode se relacionar com outra de diversas formas, entre as quais: a associação conecta classes entre si; a dependência mostra que uma classe depende da outra para existir; a especialização diz que uma classe é especialização de outra (possui características que só dizem respeito àquela classe); já os pacotes agrupam classes por características similares. Todos estes relacionamentos são evidenciados no diagrama de classes junto com as suas respectivas estruturas internas: os atributos e as operações (LUCIDCHART, [s. d.]). O diagrama de classes do sistema proposto pode ser visualizado na

Figura 9.

Figura 9 - Diagrama de classes

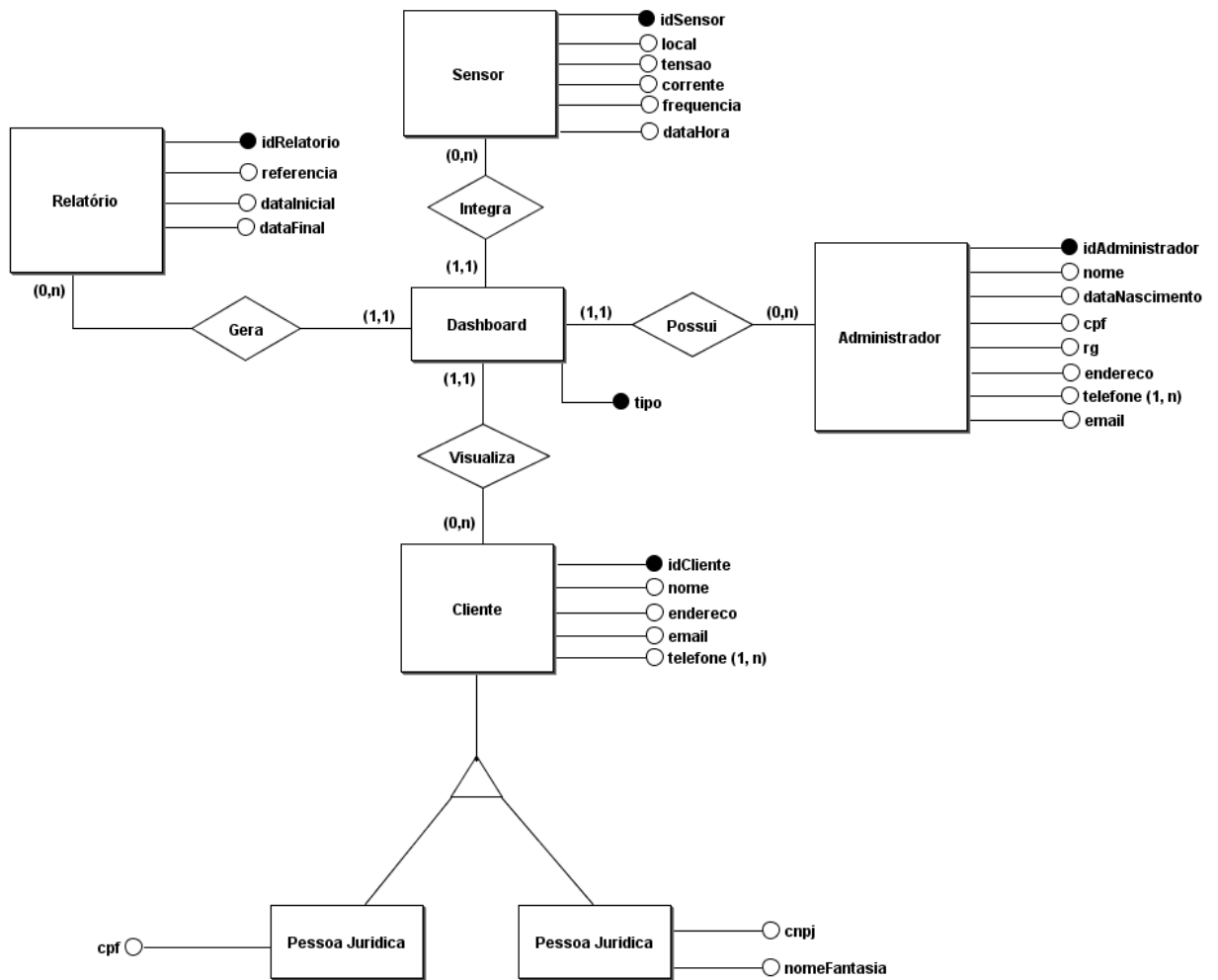


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.3.5 Diagrama de Banco de Dados

Antes de partir para a implementação, é preciso descrever formalmente a estrutura de um Banco de Dados. Essa descrição formal é chamada modelo conceitual, sendo responsável por organizar a estrutura do BD independente da linguagem ou SGBD escolhidos. Para essa representação, costuma-se utilizar um modelo conceitual partindo da abordagem entidade–relacionamento (ER) (MEIRA, 2013). De acordo com Rodrigues (2014), através dela, pode-se descrever os objetos (entidades), com suas características (atributos) e como elas se relacionam entre si (relacionamentos). Assim, valendo-se desses conceitos, foi possível modelar o diagrama entidade-relacionamento conforme a Figura 10.

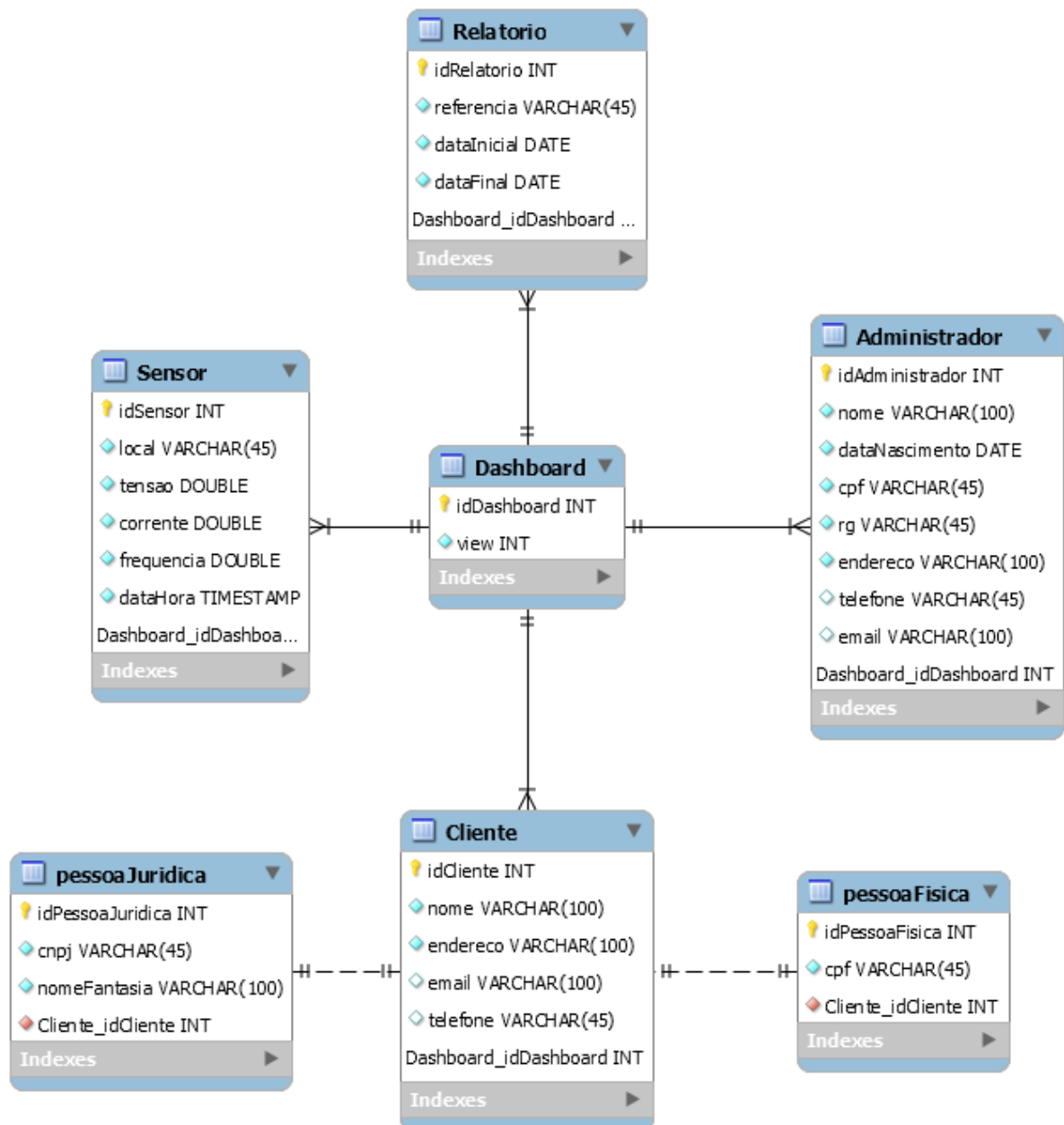
Figura 10 – Diagrama Conceitual do Banco de Dados



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A partir do diagrama conceitual foi possível elaborar o diagrama físico, sendo que o mesmo possibilita uma melhor visão de como cada uma das tabelas do banco interagem entre si, além de cada tipo de dado utilizado. O modelo físico do banco de dados pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Modelo Físico do Banco de Dados

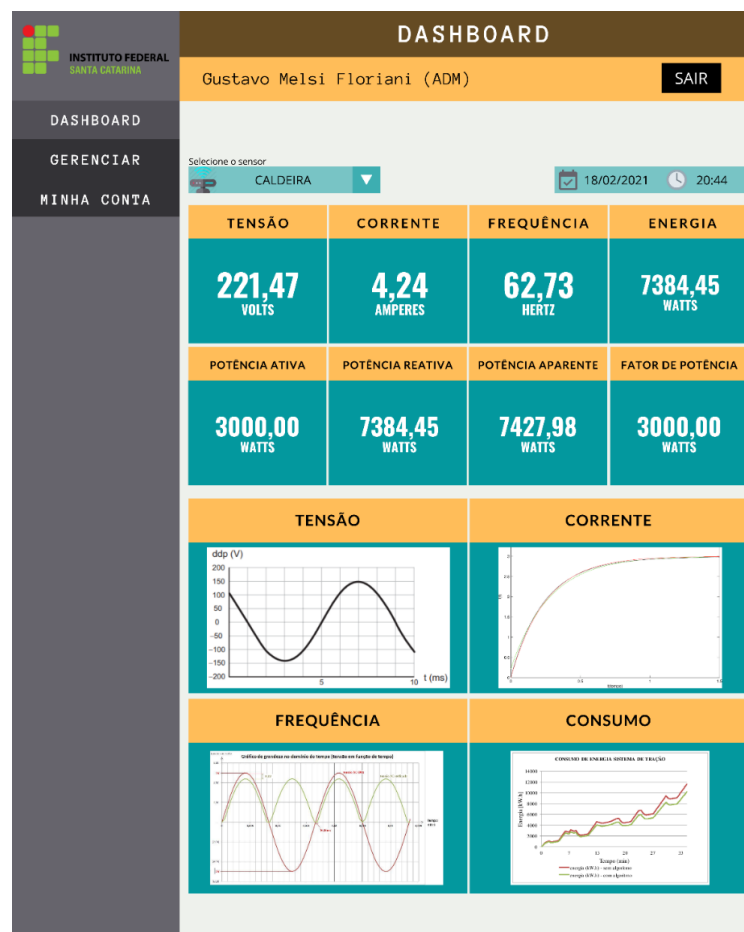


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.3.6 Prototipagem

De modo a se obter uma pré-visualização da totalidade do sistema, utiliza-se o recurso da prototipagem, ainda que, atualmente, não se tenha uma convicção do aspecto visual final a ser atingido. Uma possível idealização pode ser vista na Figura 12.

Figura 12 - Dashboard



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A Figura 12 descreve alguns dados (potência ativa, reativa, aparente etc.) dispostos para o usuário, assim como alguns gráficos. O menu lateral apresenta as opções que podem ser implementadas, como configuração de conta (em ‘Minha Conta’), gerenciamento de sensores e usuários (em ‘Gerenciar’) e a disposição dos dados coletados pelos sensores (em ‘Dashboard’). O sensor a ser visualizado pode ser selecionado no menu ‘caldeira’ e, no canto superior direito, data e hora podem ser vistos.

4.4 Validação

O processo avaliativo irá ocorrer diretamente com o cliente, obtendo seu *feedback*. Quanto mais o cliente participar do processo de criação, maiores serão as chances de entregar um produto que atenda suas reais expectativas. Além disso, cada funcionalidade essencial será discutida com o mesmo, podendo agilizar prazos e processos, bem como valer-se de metodologias ágeis, tornando o desenvolvimento modular e mais assertivo. Segundo a RDC 17/2010, a validação deve conter todas as etapas do sistema, compreendendo planejamento, especificação, programação, teste, documentação, operação, monitoramento, manutenção e mudança ou descontinuidade (DE VALÉCIO, 2017).

Esse método avaliativo será realizado através de testes de funcionalidade com o cliente, que poderá avaliar cada uma das ferramentas desenvolvidas. Além disso, o sistema será implementado, de modo experimental, em uma empresa, sendo os sensores conectados em alguns equipamentos da mesma. Através dessa ação, poder-se-á avaliar, além da capacidade autoexplicativa do sistema, suas falhas, potenciais melhorias e o quanto ele realmente pode ser efetivo na resolução da problemática. Após um período de 30 dias de utilização, uma conversa com os usuários será realizada, onde cada um dos pontos mencionados será elencado. Através disso, será possível adaptar o sistema para que atenda a todas as necessidades.

Tendo em vista a realidade de aplicação do projeto, o próprio desenvolvedor poderá realizar testes prévios, antes de apresentar as aplicações ao cliente. Isso pode evitar retrabalho e aumentará as chances de uma melhor aceitação do consumidor. Outro fator a ser empregado, é garantir que o sistema cumpra suas funções de forma segura, considerando o impacto na qualidade e integridade dos dados, exatidão dos seus registros e tempo de disponibilidade.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Através desse projeto se espera desenvolver um sistema que integre diversos nós de sensores, coletando, tratando e armazenando os dados coletados, para que possam ser visualizados e comparados. Desse modo, poder-se-á atender a um setor da indústria que busca por monitorar seus equipamentos e processos, de modo a gerar uma automatização de atitudes, redução de paradas produtivas, economia e competitividade de mercado.

Espera-se que o sistema seja intuitivo e modular, fazendo com que o usuário possa gerenciar seus clientes, administradores e, claro, os próprios sensores envolvidos no processo. Além desse gerenciamento, efetuado através de um *dashboard*, a geração e comparação de relatórios por um período determinado é pertinente. Os dados serão dispostos, em tempo real, através de gráficos e contadores da interface gráfica, além de existir a possibilidade de observar quais sensores estão ativos ou inativos no momento da visualização.

Os sensores, administradores e clientes poderão ser adicionados ou removidos pelo sistema, conforme o nível de acesso. Cada um desses níveis poderá exibir informações diferentes na tela, adaptando-se a cada realidade. Se uma empresa contrata um serviço de fresa, por exemplo, pode disponibilizar dados para o cliente que mostrem o consumo energético e o tempo de operação de máquina, podendo ser uma justificativa na elaboração do preço e da qualidade de serviço.

5.1 Aspirações Futuras

O sistema, em meio a *IoT*, tem o potencial para ser um agente na tomada de decisões. Quando um equipamento está prestes a ser danificado, por exemplo, poderá emitir um sinal para equipe de manutenção e essa, por sua vez, realizar os procedimentos necessários para que não ocorra uma parada na linha produtiva. Todavia, esse processo demanda tempo e recursos ainda não disponíveis na fase atual dos estudos, podendo ser futuramente desenvolvido.

O envio de comandos aos sensores também seria um fator pertinente, haja vista o fato da empresa poder querer mudar o tempo de aquisição de dados ou, simplesmente, desligar o sensor remotamente, não podendo fazê-lo. A solução desta demanda exigiria tempo não cabível no desenvolvimento desse projeto.

REFERÊNCIAS

A VOZ DA INDÚSTRIA. **O papel dos sensores inteligentes na Indústria 4.0**. 2018. Disponível em <<https://avozdaindustria.com.br/ind-stria-40-totvs/o-papel-dos-sensores-inteligentes-na-ind-stria-40>>. Acesso em 09 de março de 2021.

ARIAS, Alexandre Peres. **A Nova Agenda Da Grande Indústria: Uma Análise Da Indústria 4.0 Com Base Em Documentos E Materiais De Divulgação Do Projeto Alemão *Plattform Industrie 4.0***. 2020. 82 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020. Disponível em <<http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/5099/1/projetoalemaoplattformindustri e.pdf>>. Acesso em 08 de março de 2021.

BERTOLETI, Pedro. **Envie dados do temperatura e umidade relativa do ar para o ThingSpeak com o ESP8266**. 2020. Disponível em <<https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-com-thingspeak/>>. Acesso em 09 de março de 2021.

BITTENCOURT, Rogério Gonçalves. **Aspectos Básicos de Bancos de Dados**. 2004. Disponível em <<https://www.marilia.unesp.br/Home/Instituicao/Docentes/EdbertoFerreira/BD%20-%20Aspectos%20Basicos.pdf>>. Acesso em 09 de março de 2021.

CUNHA, Fernando. **Requisitos funcionais e não funcionais: o que são?**. 2020. Disponível em <<https://mestresdawe.com.br/fabrica-de-software/requisitos-funcionais-e-nao-funcionais-o-que-sao/>>. Acesso em 10 de março de 2021.

CURVELLO, André. **Apresentando o módulo ESP8266**. 2015. Disponível em <<https://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>>. Acesso em 10 de março de 2021.

DA SILVA FILHO, Antonio Mendes. **Artigo Engenharia de Software 11 - Especificação de Casos de Uso**. 2009. Disponível em <[DE MIRANDA, Bruno Santos. **CSS**. Disponível em <\[https://cdn.goconqr.com/uploads/media/pdf_media/13326328/ac6b6c41-355b-4c88-be23-b8d920bd9a03.pdf\]\(https://cdn.goconqr.com/uploads/media/pdf_media/13326328/ac6b6c41-355b-4c88-be23-b8d920bd9a03.pdf\)>. Acesso em 10 de março de 2021.](https://www.devmedia.com.br/artigo-engenharia-de-software-11-especificacao-de-casos-de-uso/12210#:~:text=apresentada%20e%20exemplificad a.-,Especifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20Casos%20de%20Uso,caso%20de%20uso%20e%20ator.>>. Acesso em 10 de março de 2021.</p></div><div data-bbox=)

DE VALÉCIO, Marcelo. **Como Realizar A Validação De Sistemas Computadorizados**. 2017. Disponível em <<https://www.ictq.com.br/industria-farmaceutica/684-como-realizar-a-validacao-de-sistemas-computadorizados>>. Acesso em 10 de março de 2021.

DEORAS, S. *First ever IoT device – the internet toast*. 2016. Disponível em: <<http://iotindiamag.com/2016/08/first-ever-iot-device-the-internet-toaster/>>. Acesso em: 08 de março de 2021.

FIGUEIREDO, Eduardo. **Requisitos Funcionais e Requisitos Não Funcionais**. s.d. Disponível em <https://homepages.dcc.ufmg.br/~figueiredo/disciplinas/aulas/req-funcional-rnf_v01.pdf>. Acesso em 10 de março de 2021.

FIRJAN. Indústria 4.0: Internet das Coisas. Rio de Janeiro: panorama da inovação, 2014.

FRANCK, R. *Understanding Smart Sensors*, 2a Ed., London: Artech House, 2003.

FREITAS DIAS, R. R. Internet das coisas sem mistérios: uma nova inteligência para os negócios. São Paulo: Netpress Books, 2016.

FREITAS, Lilian C.; BRAMATTI, Norberto; CAVALCANTE, André M.; COSTA, João C. W. A.; FRANCÊS, Renato. **Redes de Sensores Sem Fio em Ambientes Industriais: Estudo de Caso em uma Subestação de Energia Elétrica**. In: XXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, 2007. Recife, 2007.

GOMES, Pedro César Tebaldi. **O Que É E Como Funciona O Grafana? Entenda Aqui!**. 2019. Disponível em <<https://www.opservices.com.br/grafana/>>. Acesso em 09 de março de 2021.

JACKSON, Brian. **O PHP Morreu? Não! Pelo Menos de Acordo com Essas Estatísticas de Utilização de PHP**. 2021. Disponível em <<https://kinsta.com/pt/blog/o-php-morreu/>>. Acesso em 10 de março de 2021.

K19 Treinamentos. Desenvolvimento Web com HTML, CSS e Javascript. 2013. Disponível em <<https://profsalu.files.wordpress.com/2014/11/k19-k02-desenvolvimento-web-com-html-css-e-javascript.pdf>>. Acesso em 10 de março de 2021.

LEME, Murilo Oliveira. **Metodologia De Manutenção Preditiva Para Motores Elétricos Baseada Em Monitoramento De Variáveis Físicas E Análise Multicritério**. 2017. 94 f. Tese (Doutor em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2905/1/PG_PPGEP_D_Leme,%20Murilo%20Oliveira_2017.pdf>. Acesso em 08 de março de 2021.

LUCIDCHART. **O que é um diagrama UML?**. Disponível em <<https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-uml>>. Acesso em 10 de março de 2021.

MAGRANI, Eduardo. **A Internet das Coisas no Brasil: Estado da arte e reflexões críticas ao fenômeno**. Instituto Igarapé – *a think and do tank*. n. 37, novembro. 2018. Disponível em <<https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2018/11/A-Internet-das-Coisas-no-Brasil-Estado-da-arte-e-reflexo%CC%83es-cri%CC%81ticas-ao-feno%CC%82meno-Eduardo-Magrani.pdf>>. Acesso em 09 de março de 2021.

MANCINI, M. Gerenciamento de Projetos. In: VASQUES, Edmir; SOUZA, César (Orgs.). Fundamentos sistemas de informação. São Paulo: Editora Elsevier, 2014. 23.

MANCINI, Monica. **Internet das Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios**. 2018. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/326065859_Internet_das_Coisas_Historia_Conceitos_Aplicacoes_e_Desafios>. Acesso em 08 de março de 2021.

MARQUES, Rafael. **O que é PHP: entenda de forma descomplicada**. 2020. Disponível em <<https://www.homehost.com.br/blog/tutoriais/php/o-que-e-php/>>. Acesso em 10 de março de 2021.

MEIRA, Regilan. **Banco de Dados**. 2013. Disponível em <<http://www.regilan.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Apostila-Banco-de-Dados.pdf>>. Acesso em 09 de março de 2021.

NETO, Anis Assad; PEREIRA, Gustavo Bernardi; DROZDA, Fabiano Oscar; SANTOS, Adriana de Paula Lacerda. **A busca de uma identidade para a indústria 4.0**. Brazilian Journal of Development. Curitiba, v. 4, n. 4, pag. 1379-1395, 2018.

PORTAL EDUCAÇÃO. **História do MySQL**. 2015. Disponível em <<https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/informatica/historia-do-mysql/66679>>. Acesso em 09 de março de 2021.

O INCRÍVEL MUNDO NERD. **A História dos Microcontroladores**. 2014. Disponível em <<http://oincrivelmundonerd.blogspot.com/2014/03/a-historia-dos-microcontroladores.html>>. Acesso em 10 de março de 2021.

OLIVEIRA, Ricardo Rodrigues. **Uso Do Microcontrolador Esp8266 Para Automação Residencial**. 2017. 18 f. Dissertação (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019583.pdf>>. Acesso em 10 de março de 2021.

POSTSCAPES. **Internet of Things (IoT) History**. 2017a Disponível em: <<http://www.postscapes.com/internet-of-things-history/>>. Acesso em 09 de março de 2021.

PROJETO ACADÊMICO. **Materiais e Métodos do Trabalho Acadêmico: exemplos e nossas dicas**. 2019. Disponível em <<https://projetoacademico.com.br/materiais-e-metodos/>>. Acesso em 10 de março de 2021.

QUESADA, Aparecido; TOSTA, Adriana; DOURADO, Eder Moura; DOS SANTOS, Simone Leal; RIBEIRO, Thyago Akira de Moraes; DE SOUZA, Yuri Robinson. **Apostila de MySQL**. Disponível em <http://www.telecentros.sp.gov.br/saber/apostilas/antigas/apostila_sql.pdf>. Acesso em 09 de março de 2021.

RODRIGUES, Joel. **Modelo Entidade Relacionamento (MER) e Diagrama Entidade-Relacionamento (DER)**. 2014. Disponível em <<https://www.devmedia.com.br/modelo-entidade-relacionamento-mer-e-diagrama-entidade-relacionamento-der/14332>>. Acesso em 10 de março de 2021.

ROMANO, Matheus. **Entenda o que é IoT na indústria 4.0 e porque isso é uma aposta que vai revolucionar o mercado industrial**. 2017. Disponível em <<https://www.logiquesistemas.com.br/blog/iot-na-industria-4-0/>>. Acesso em 08 de março de 2021.

SACOMANO, José Benedito; GONÇALVES, Rodrigo Franco; DA SILVA, Márcia Terra; BONILLA, Silvia Helena; SÁTYRO, Walter Cardoso. **Indústria 4.0 – conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SANTOS, Bruno P.; SILVA, Lucas A. M.; CELES, Clayson S. F. S.; BORGES NETO, João B.; PERES, Bruna S.; VIEIRA, Marcos Augusto M.; VIEIRA, Luiz Filipe M.; GOUSSEVSKAIA, Olga N.; LOUREIRO, Antonio A. F. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. 2016. Disponível em <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>>. Acesso em 09 de março de 2021.

SERRANO, Tiago Medicci. **Introdução ao Blynk App**. 2018. Disponível em <<https://www.embarcados.com.br/introducao-ao-blynk-app/>>. Acesso em 09 de março de 2021.

SILVA, Kedson. **Gestão de indicadores com Grafana**. 2018. Disponível em <<https://medium.com/simplificando-ti/gest%C3%A3o-de-indicadores-com-grafana-d167a0172166>>. Acesso em 09 de março de 2021.

SINGER, T. Tudo conectado: conceitos e representações da internet das coisas. SIMSOCIAL – II Simpósio em tecnologias digitais e sociabilidade – 11 e 12 de setembro 2012.

SIQUEIRA, Bruno Rodrigues. **Apostila de PHP**. 2015. Disponível em <http://www.etelg.com.br/paginaete/downloads/informatica/apostila_php.pdf>. Acesso em 10 de março de 2021.

TI RIO (2015). **Governo adia, mais uma vez, megapiloto de Internet das Coisas no país**. TI RIO. Disponível em <<https://www.ti.rio/info/35868/governo-adia-mais-uma-vez-megapiloto-de-internet-dascoisas-no-pais>>. Acesso em 09 de março de 2021.

THOMSEN, Adilson. **O que é Arduino?**. 2014. Disponível em <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em 09 de março de 2021.