

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

FERNANDO BACIC MENDES

**SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE TEMPERATURA, UMIDADE
E CO2 COM ACESSO REMOTO VIA *INTERNET***

SANTOS/SP
2017

FERNANDO BACIC MENDES

**SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE TEMPERATURA, UMIDADE
E CO2 COM ACESSO REMOTO VIA *INTERNET***

Dissertação apresentada a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. Maurício Conceição Mário e co-orientação do Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho.

SANTOS/SP

2017

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

621.3678 Mendes, Fernando Bacic.
M492S Sistema de Controle e Monitoramento de Temperatura Úmida e CO2 Com Acesso Remoto Via Internet / Fernando Bacic Mendes. - 2017
72 p.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Conceição Mario
Coorientador: Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2017.

1. Sistema de automação. 2. Alertas. 3. Microcontrolador ESP8266. 4. Monitoramento remoto. 5. Sensor CO2.

I. Mario, Mauricio Conceição. II. Da Silva Filho, João Inácio. III. Sistema de Controle e Monitoramento de Temperatura Úmida e CO2 Com Acesso Remoto Via Internet/Fernando Bacic Mendes.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas – Unisanta

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à mulher da minha vida, minha esposa Luísi por todo carinho, incentivo e apoio, e às minhas filhas Júlia e Bruna por toda compreensão que foi primordial para que eu superasse essa importante etapa de minha vida. Amo muito vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter colocado em meu caminho todas as provações e dificuldades na medida certa. Assim, fui preparado ao longo do tempo para hoje ser, capaz de superar mais essa importante etapa da minha vida.

À Luisi, minha esposa, a pessoa que acredita em mim e sempre me incentiva a superar as dificuldades e com quem eu amo estar todos os dias. Às minhas filhas Júlia e Bruna pelos momentos inesquecíveis que ficarão, para sempre, guardados em minha memória.

Aos meus pais Fernando e Venca que proporcionaram valores como educação, honestidade e humildade que considero dos mais importantes que um ser humano pode ter.

Ao meu orientador, Professor Dr. Mauricio Conceição Mario, pela dedicação, conhecimentos e paciência durante todo o processo de orientação. Sou grato pelas aulas das sextas-feiras momentos de culto à beleza da eletrônica, e que foram fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Professor/Amigo/Sogro Jorge Luiz Chiara pelas eternas aulas e por me proporcionar e incentivar a minha carreira como professor. À Ana Christina minha sogra pelo carinho e incentivo.

Aos amigos Alexandre Stuchi, Davi Reis, Joseffe Barroso, Mario Rocha e Tertuliano Paulo, pela amizade, compartilhamento do conhecimento, apoio e incentivo, e a todos os amigos que contribuíram de alguma forma para o êxito do trabalho.

Os meus agradecimentos também a todos os amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse estudo.

RESUMO

O presente trabalho visa propor uma solução de automação para aferir condições atmosféricas de um ambiente controlado remotamente Via *internet*. Os objetivos da aplicação são registrar as quantidades de CO₂, temperatura e umidade no ambiente, e oferecer controle manual e automático, auxiliando na manutenção de condições ideais para ambientes com condições simuladas. O sistema de automação foi elaborado a partir de um protótipo baseado na utilização de um microcontrolador, que possui módulo de rede sem fio. Com a conexão na *WEB*, o módulo disponibiliza em um servidor externo todas as informações registradas pelos sensores. Em termos práticos, o usuário final poderá acessar os dados e acompanhar o monitoramento e controlar o ambiente, remotamente, a partir da aplicação. As informações são disponibilizadas no formato de gráficos e em uma *interface* intuitiva, que monitora e recebe alertas. Caso a aplicação receba valores fora dos limites configurados, aciona automaticamente um dispositivo que promova a manutenção das condições ideais para o local. É possível ainda, um usuário da aplicação controlar um equipamento, manualmente, para evitar desequilíbrio no recinto monitorado. O projeto ofereceu uma forma simples e rápida para acompanhar os níveis de concentração de CO₂ e níveis de umidade e temperatura em recinto fechado, enviando alertas em tempo real, além de responder de maneira precisa, nos momentos que houve variação no ambiente, acionando dispositivos de controle que evitam a instabilidade das condições requeridas. A solução uniu recursos computacionais a uma infraestrutura composta por sensores, capazes de enviar registros em curtos intervalos para os servidores elevando o controle do usuário e por vezes auxiliando na tomada de decisão.

Palavras Chave: Sistema de automação. Alertas. Microcontrolador. Monitoramento de Ambiente Remoto. Sensor CO₂.

ABSTRACT

The present paper aims to propose an automation solution to measure the atmospheric conditions of a controlled environment remotely by *internet*. The application's objective is to record the amount of CO₂, temperature and humidity in the environment, helping to maintain good conditions for environments with simulated conditions. The automation system was developed from a prototype based on the use of the microcontroller, with wireless network module. With WEB connection, the module makes available on an external server all the information registered by sensors. In practical terms, users can access the data whenever he wants using any device with *internet* access. Information will be available in graphical form and in a friendly interface, which can also monitoring and schedule the alerts. For example, in case of some monitored value exceeds the limit amount, the application will prevent imbalance in the monitored environment. The application design's provides a simple and fast way to control the CO₂'s air concentration levels, indoor humidity and temperature levels. After the desired configuration, the meter will follow levels continuously, generating updated and historical information, helping decision making. The solution is a computational resource to an infrastructure composed by sensors, which send the records in real time to the servers.

Keywords: Automation system. Alerts. Microcontroller. Remote Environment Monitoring. CO₂ sensor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição dos sistemas de produção.....	19
Figura 2 - Fluxo do sistema de apoio à produção.....	20
Figura 3 - Fluxo do sistema de apoio à produção.....	23
Figura 4 - Fluxo do sistema de apoio à produção.....	28
Figura 5 - Sensor MG811.....	29
Figura 6 - Sequência de pinos.....	30
Figura 7 - Sequência de pinos.....	30
Figura 8 - Relé.....	31
Figura 9 - Placa <i>Wemos</i> D1 R2 (Frente).....	32
Figura 10 - Placa <i>Wemos</i> D1 R2 (Verso).....	32
Figura 11 - Arquitetura do sistema desenvolvido.....	38
Figura 12 - Componentes DHT22, MG811 e ESP8266 conectados.....	40
Figura 13 – Esquema elétrico do protótipo.....	41
Figura 14 - Painel de controle do banco de dados MySQL.....	43
Figura 15 - Estrutura de um das tabelas criadas no banco MySQL.....	43
Figura 16 - Registros coletados na tabela.....	43
Figura 17 - Tela de entrada do sistema.....	44
Figura 18 - Valores limites configurados e maiores leituras.....	45
Figura 19 - Medidor da última leitura realizada.....	46
Figura 20 - Tabela de alertas de eventos.....	46
Figura 21 - Menu de opções para alteração de limites.....	47
Figura 22 - Opção de configuração de alerta para 1 sensor.....	47
Figura 23 - Opção de configuração de alertas para 2 sensores.....	48
Figura 24 - Opção de configuração de alertas para 3 sensores.....	48
Figura 25 - Dados salvos na tabela configura_alertas.....	50
Figura 26 - Menu de opções para alteração de limites.....	52
Figura 27 - Tela de configuração de valores limites.....	53
Figura 28 - Tela de acionamento de dispositivo remoto.....	54
Figura 29 - Parametrização feita na tela de acionamento de dispositivo remoto.....	54
Figura 30 - Conteúdo Json do arquivo light.json.....	55
Figura 31 - Estado atual do relé apresentado pela aplicação.....	55
Figura 32 - Painel de controle do sistema de automação.....	56
Figura 33 - Quadro de mensagens de alerta em 27/01/2017.....	59
Figura 34 - <i>LED</i> da placa em estado desligado.....	60
Figura 35 - Quadro de última leitura sinalizando ambiente normal.....	60

Figura 36 - Quadro de alertas de leitura.	61
Figura 37 - Quadro de última leitura apontando valor acima do limite.....	61
Figura 38 - <i>LED</i> sinalizando acionamento do relé.	62
Figura 39 - Seleção de sensores para nova configuração de alertas.....	63
Figura 40 - Quadro de última leitura com valores fora dos limites.....	63
Figura 41 - Tela de controle do relé com status ligado.	64
Figura 42 - <i>LED</i> aceso sinalizando o relé ligado.....	64
Figura 42 - Tela demonstrando o relé ligado.	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico histórico da média das leituras.	45
Gráfico 2 - Alteração do parâmetro de temperatura com históricos de alteração.....	53
Gráfico 3 - Média da umidade em 24/01/2017, limite superior.	57
Gráfico 4 - Média da umidade em 16/01/2017, limite inferior.	57
Gráfico 5 - Média da temperatura em 21/01/2017, limite inferior.....	58
Gráfico 6 - Quadro de valores limites de umidade em 26/01/2017.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classe das variáveis por características físicas.....	24
Tabela 2 - Parâmetros técnicos de operação.....	29
Tabela 3 - Disposição de portas <i>Wemos</i> D1 R2.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Pontos fortes entre humanos e máquinas.....	22
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO2	Dióxido de Carbono
Wi-Fi	Rede de dados sem fios
CIM	Manufatura Integrada por Computador
WWW	World Wide Web
GPIO	General Purpose Input/Output
SGBD	Sistema Gerenciado de Banco de Dados
SQL	Structured Query Language
LED	Light Emmiting Diode

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	17
1.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	17
1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA	17
1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 SISTEMAS DE CONTROLE	19
2.1.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO	19
2.1.2 INSTALAÇÕES	19
2.1.3 SISTEMAS DE APOIO À PRODUÇÃO	20
2.1.4 SISTEMAS AUTOMATIZADOS.....	21
2.1.5 SISTEMAS INTELIGENTES	21
2.1.6 SISTEMAS COMPUTADORIZADOS DE APOIO À PRODUÇÃO	22
2.1.7 RAZÕES PARA A AUTOMAÇÃO	22
2.2 SISTEMAS DE MEDIÇÃO	23
2.2.1 TRANSDUTORES E SENSORES.....	25
2.2.2 TRANSDUTORES AUTOGERADORES.....	26
2.2.3 TRANSDUTORES A PARÂMETROS VARIÁVEIS	26
2.2.4 VARIAÇÃO DE RESISTÊNCIA OU CAPACITÂNCIA	26
2.2.5 TRANSDUTOR RADIOATIVO	26
2.2.6 INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO.....	27
2.2.7 TERMISTORES	27
2.2.8 SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE DIGITAL	27
2.2.9 SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO	28
2.2.10 RELÉ.....	30
2.2.11 MÓDULO RELÉ	31
2.3 MICROCONTROLADOR	31
2.4 PLATAFORMA	33
2.4.1 AMBIENTE <i>WEB</i>	33
2.4.2 <i>HTML</i>	34
2.4.3 <i>CASCADING STYLE SHEET</i>	34
2.4.4 <i>JAVASCRIPT</i>	35
2.4.5 <i>PHP</i>	35
2.4.6 BANCO DE DADOS	36
2.4.7 <i>MYSQL</i>	36
2.4.8 <i>JAVASCRIPT OBJECT NOTATION - JSON</i>	36
3. MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	39
3.2 LADO SENSORES	42
3.3 LADO SERVIDOR	42
3.4 LADO CLIENTE	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1 DISCUSSÃO	65
5. CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS.....	71

1. INTRODUÇÃO

A instrumentação é definida como a ciência que estuda, desenvolve e aplica instrumentos de medição e controle de processos. É utilizada em processos mais elementares como controle de temperatura em uma residência até o controle de processos críticos como reatores de usinas nucleares (FRANCHI, 2015).

O sensoriamento tem papel importante na automatização do controle das variáveis que um ambiente em condições emuladas requer. Variações de temperatura, umidade e concentração de CO₂, precisam ser acompanhadas afim de auxiliar a tomada de decisão ou alertar em caso de o ambiente apresentar condições que possam colocar em risco a produção e ou operação de uma indústria por exemplo (GOLNARAGHI, 2012).

A obtenção de medidas precisas, confiáveis e com o menor custo possível do instrumento empregado depende fundamentalmente da qualificação do usuário e do tratamento matemático que as medições sofrem. Assim, para o emprego de instrumentos e a interpretação correta dos seus resultados é primordial que a pessoa encarregada da tarefa entenda os princípios de medição dos instrumentos para que as mesmas sejam confiáveis e estejam dentro das faixas possíveis e características do instrumento utilizado (FRANCHI, 2015).

Em controle de processos o objetivo básico é manter uma determinada variável em um valor desejado mesmo quando ela for submetida a perturbações externas (FRANCHI, 2015).

Atualmente os sistemas de controle têm assumido um papel cada vez mais importante no desenvolvimento e avanço da civilização moderna e da tecnologia. Os sistemas inteligentes têm auxiliado continuamente o desenvolvimento de novos materiais, com foco em redução de perdas de energia, impactos ambientais e produtivos (GOLNARAGHI, 2012).

Afim de alcançar a manutenção das condições de um ambiente, é necessário que o monitoramento disponha de captura de dados do ambiente continuamente, facilidade no acesso às informações, tanto no local quanto remotamente, dispositivos bem calibrados, eficientes na leitura dos dados do ambiente (GOLNARAGHI, 2012).

Para que a automação seja viável, alguns fatores são determinantes, como

dispor de sensores que sejam adaptáveis às condições do ambiente monitorado, integrar os sensores um dispositivo que possa enviar os dados coletados para que esses sejam interpretados e armazenados, e conseqüentemente auxiliar na tomada de decisão que pode ser manual ou automática (GOLNARAGHI, 2012).

As aplicações dos sistemas de controle têm aumentado significativamente com o desenvolvimento de novos materiais, os quais oferecem oportunidades únicas para o projeto de atuadores e sensores, reduzindo, em consequência, as perdas de energia e os impactos ambientais. Em princípio, o estado da arte relacionado com os atuadores e sensores pode ser implementado em qualquer sistema, inclusive em propulsão biológica; locomoção; robótica; manuseio de materiais; biomédico, cirúrgico e endoscópico; aeronáutico; naval, e das indústrias de defesa e espacial (GOLNARAGHI, 2012).

O Dióxido de Carbono(CO₂) também conhecido como gás carbônico é um composto químico gasoso, essencial à vida no planeta Terra, por ser necessário para a fotossíntese. Contudo o aumento do CO₂ no meio ambiente pode desequilibrar o efeito estufa. Quando em desequilíbrio no meio ambiente, os gases de efeito estufa(GEE) provocam alterações como o aquecimento global (LINKE, 2017).

O CO₂ pode ser emitido por fontes naturais como a fotossíntese e a respiração dos seres vivos. Contudo a maior parte do CO₂ produzido é oriundo da atividade fabril, tendo como grandes responsáveis as indústrias de energia, siderurgia, cimentos, transportes (LINKE, 2017).

Muitos segmentos industriais adotaram políticas para reduzirem a produção de CO₂ em seus processos de produção. Como por exemplo a Associação Brasileira da Indústria Química) vem desde 1992 emitindo relatórios que contém indicadores de sustentabilidade ambiental, onde são avaliados a gestão dos resíduos sólidos são aqueles relativos à intensidade de geração de resíduos perigosos e não perigosos(ABIQUIM, 2017).

Com leis federais específicas à política nacional de mudanças climáticas, baseadas no protocolo de Kyoto, Essa associação incentiva as indústrias a ela associadas, a implementarem ações voluntárias para controle dos gases de efeito estufa, onde a mensuração de gases como o CO₂ é necessária para a o controle e mitigação de processos que sejam mais poluentes(ABIQUIM, 2017).

1.1 Objetivos

O intuito do trabalho é prover o monitoramento de um ambiente remoto, e fornecer meios de controle do dispositivo de maneira manual e automática através de um sistema de automação. Esse sistema tem a característica de medir as condições do ambiente, através de sensores de temperatura, umidade e dióxido de carbono (CO₂), automatizar ações e oferecer controle manual ao usuário. Os dados coletados são exibidos através de gráficos interativos com dados históricos e as intervenções ao ambiente podem ser feitas tanto pelo sistema, quanto pelo usuário manualmente, dependendo da configuração definida e variação dos dados verificados.

O sistema tem como meio de utilização a *internet*, sempre através de um navegador.

1.2 Objetivos Secundários

A aplicação dispõe de funções para exibir históricos de médias das leituras realizadas de determinado período, alertas em caso de variação indesejada, possibilidade de configuração de valores limites dedicados para cada sensor, oferece ainda um painel de configuração por sensor que viabiliza controle automático ou manual, acessando remotamente o microcontrolador, para acionamento de um relé que pode ligar ou desligar outro equipamento que seja eficaz para o controle da condições ideais do ambiente, como por exemplo um ar condicionado para resfriar o ambiente, ou até mesmo uma lâmpada para sinalizar, a quem está próximo ao local, que está havendo uma variação no ambiente.

1.3 Justificativa e Relevância do Tema

Atualmente o controle de fatores do ambiente onde será construído o controle é realizado de maneira manual ou com dispositivo fixo no local. Em ambas utilizações, não há uma forma simples de acesso aos dados históricos e também não existe nenhum tipo de alerta que sinalize ao responsável quando houver variação das condições do ambiente e todo e qualquer ação é manual não havendo nenhuma intervenção automatizada.

Derivada das situações apresentadas acima, a justificativa desta pesquisa

embasa a proposição de um sistema de controle que monitore e ofereça controles de atuadores de forma automatizada, com alertas em tempo real sinalizando fatores divergentes com a configuração específica do ambiente, otimizando o tempo de resposta na tratativa de problemas e no acesso aos equipamentos que mantêm as condições ideais de um ambiente.

1.4 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada em capítulos que serão descritos a seguir.

No capítulo 2 é feita a fundamentação teórica dos sistemas de controle e automatizados, bem como os componentes tecnológicos utilizados no trabalho.

No capítulo 3 são expostos os materiais e métodos necessários para a elaboração do sistema e as etapas que compuseram a base desse estudo, organizando programação, elementos eletrônicos e requisitos funcionais pertinentes ao estudo de caso abordado.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussões, demonstrando as ações ocorridas durante o funcionamento do protótipo ao longo de 3 meses. Os resultados são evidenciados em gráficos, alertas, e fotos que demonstram a automação implementados no sistema, através dos dados gerados em um ambiente fechado.

Ainda no capítulo 5 é contemplada a conclusão sintetizando uma análise dos pontos relevantes observados na trajetória desse trabalho. É sugerida continuação para esse estudo a título de novas pesquisas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica aborda os sistemas de controle e as tecnologias envolvidas no desenvolvimento de uma aplicação e de um protótipo para controle e monitoramento remoto de um ambiente.

2.1 Sistemas de Controle

Os aspectos dos sistemas de manufaturas ou de produção têm grande relevância atualmente. Com o passar do tempo os processos ganharam em complexidade, derivado da evolução dos produtos (GROOVER, 2011).

Os componentes descritos como básicos nos sistemas de controle são: objetivos do controle, componentes do controle e os resultados e saídas (GOLNARAGHI, 2012).

2.1.1 Sistemas de Produção

Um sistema de produção é estabelecido pela associação de pessoas, equipamento e procedimentos organizados, para a realização das operações para a produção de um produto. Os sistemas de produção são classificados em 2 níveis, sendo instalações e sistemas de apoio à produção (GROOVER, 2011).

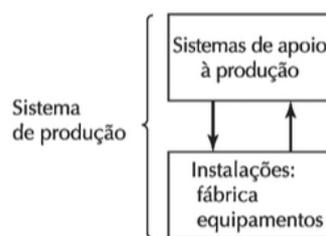


Figura 1 - Composição dos sistemas de produção.
Fonte: (GROOVER, 2011).

2.1.2 Instalações

Nos sistemas de produção, as instalações representam as fábricas, as ferramentas, as máquinas, os equipamentos de inspeção e os sistemas computadorizados para controle da produção (GROOVER, 2011).

Os equipamentos têm sua organização, normalmente, em grupos lógicos que são operados por trabalhadores e assim denominados como sistema de

produção (GROOVER, 2011).

2.1.3 Sistemas de Apoio à Produção

Sistemas de apoio à produção são o conjunto de procedimentos utilizados pela empresa no gerenciamento da produção e na solução de problemas técnicos e logísticos encontrados na encomenda de materiais na movimentação de trabalho pela fábrica e na garantia de que os produtos atenderão aos requisitos de qualidade (GROOVER, 2011).

Os sistemas de produção são divididos em três categorias básicas: sistemas de trabalho manual, sistemas trabalhador-máquina e sistemas automatizados (GROOVER, 2011).

As instalações de produção deve estar organizada afim de projetar os processos e equipamentos, visando atender aos requisitos de qualidade e custos de produção. A maior parte dos sistemas de apoio à produção não trata do produto diretamente (GROOVER, 2011).

O apoio à produção é composto de um ciclo de atividades de processamento de informação, conforme está ilustrado na figura 2 a seguir (GROOVER, 2011).

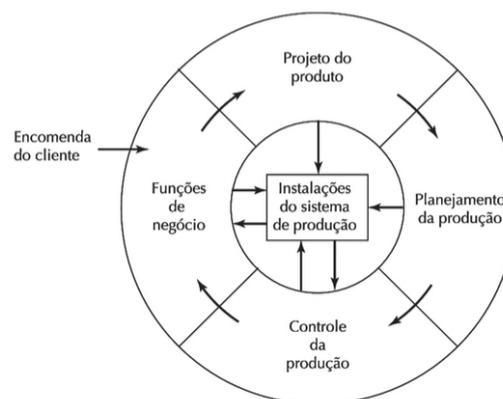


Figura 2 - Fluxo do sistema de apoio à produção.

Fonte: (GROOVER, 2011).

2.1.4 Sistemas Automatizados

São aqueles nos quais um processo é realizado por uma máquina e sem a intervenção direta de um trabalhador. A automação é feita por meio de uma série de instruções combinadas a um programa de controle que executa as instruções. É preciso energia para conduzir o processo e operar o programa e o sistema de controle. Nem sempre existe diferença clara entre os sistemas trabalhador-máquina e os sistemas automatizados pois muitos sistemas trabalhador-máquina funcionam com algum grau de automação (GROOVER, 2011).

Os níveis de automação podem ser classificados de 2 maneiras: semi-automatizados e totalmente automatizados, sendo uma máquina considerada semi-automatizada, quando esta faz apenas uma parte do ciclo de trabalho, sob algum tipo de controle do programa. Para ser tida como totalmente automatizada, a máquina deve apresentar a capacidade de operar por períodos mais longos sem a intervenção humana (GROOVER, 2011).

2.1.5 Sistemas Inteligentes

As aplicações dos sistemas de controle têm aumentado significativamente com o desenvolvimento de novos materiais, os quais oferecem oportunidades únicas para o projeto de atuadores e sensores, reduzindo, em consequência, as perdas de energia e os impactos ambientais. Em princípio, o estado da arte relacionado com os atuadores e sensores pode ser implementado em qualquer sistema, inclusive em propulsão, biológico, locomoção, robótica, manuseio de materiais, biomédico, cirúrgico e endoscópico, aeronáutico, naval, e das indústrias de defesa e espacial (GOLNARAGHI, 2012).

Em relação às competências de humanos e máquinas é apresentada a tabela 1.

Quadro 1 – Pontos fortes entre humanos e máquinas.

Pontos fortes: Humanos	Pontos fortes: Máquinas
Percebem estímulos inesperados.	Executam tarefas repetitivas de forma consistente.
Desenvolvem novas soluções para os problemas.	Armazenam grandes volumes de dados.
Lidam com problemas abstratos	Recuperam dados da memória de forma confiável.
Adaptam-se às mudanças	Executam tarefas simultaneamente
Generalizam a partir de observações	Aplicam muita força e potência
Aprendem com a experiência	Executam cálculos simples com rapidez
Tomam decisões difíceis com base em dados incompletos	Tomam decisões rotineiras rapidamente.

Fonte: (GOLNARAGHI, 2012)

2.1.6 Sistemas computadorizados de apoio à produção

A automação dos sistemas de apoio à produção tem o objetivo de reduzir o volume de esforço manual e burocrático. Os sistemas mais modernos de apoio à produção são implementados por meio de computadores. O termo manufatura integrada por computador (CIM) aborda a utilização dos sistemas computadorizados em etapas como projeto de produto, planejamento da produção controle das operações e execução de diversas funções de processamento de informações presentes durante a produção de uma empresa (GROOVER, 2011).

2.1.7 Razões para a automação

As empresas adotam os conceitos de sistemas de apoio à produção e de manufatura integrada por computador pelos fatores a seguir (GROOVER, 2011):

- a) Aumentar a produtividade: a automação dos processos eleva a taxa de produção e de produtividade no trabalho, sendo possível verificar uma maior produção em um mesmo período de tempo (GROOVER, 2011);
- b) Reduzir os custos de trabalho: a automação é justificada, economicamente, através da substituição das operações manuais, pelo fato de a operação manual ser mais dispendiosa em relação ao computador (GROOVER, 2011);
- c) Reduzir e/ou eliminar tarefas manuais e administrativas: existe uma necessidade de automatização das tarefas que têm características rotineiras, tediosas, desgastantes e possivelmente irritantes (GROOVER,

2011);

- d) Segurança do trabalhador, a automação assumiria o papel arriscado da tarefa principal e o foco do trabalhador seria o de monitorar o sistema de apoio (GROOVER, 2011);
- e) Melhor qualidade do produto final, a automação resulta não só em taxas maiores de produção, mas também em taxas de qualidade maiores, por controlar com maior rigor que as condições de conformidades (GROOVER, 2011);
- f) Diminuição dos tempos de produção, como consequência direta do aumento de produtividade, é percebida uma redução no tempo de produção do produto (GROOVER, 2011);

2.2 Sistemas de Medição

A instrumentação é a necessidade de medir grandezas em todo e qualquer processo. Um exemplo prático da instrumentação, está na simples medida de tensão elétrica de uma residência (110 V ou 220 V). A instrumentação tem a sua base na medição, sendo um fator decisivo no processo experimental. (BALBINOT; 2011).

A medição de grandezas físicas é fundamental, seja em uma pesquisa, em uma linha de produção ou em um processo que deve ser monitorado. As técnicas experimentais evoluíram nos últimos anos devido ao surgimento de instrumentos eletrônicos e controladores inteligentes de processos (BALBINOT; 2011). A proposta de organização dos sistemas pode ser vista na figura 3.

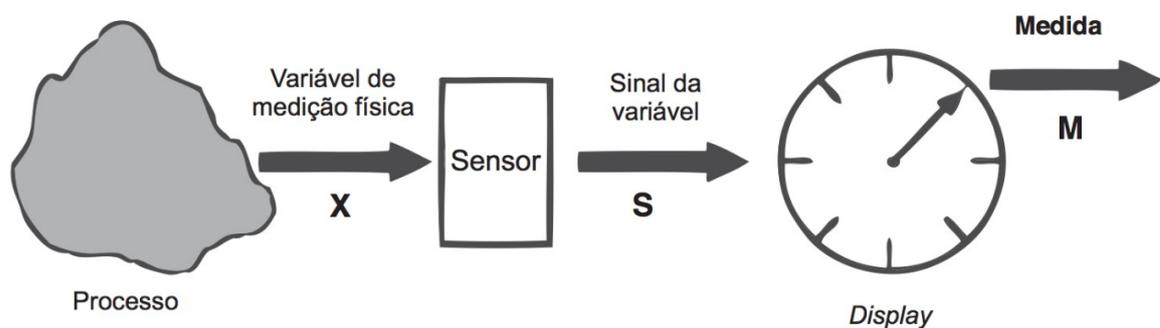


Figura 3 - Fluxo do sistema de apoio à produção.

Fonte: (GOLNARAGHI, 2011).

As grandezas físicas são as quantidades a serem medidas. Essas variáveis podem ser os objetivos diretos ou indiretos de uma medida. Ainda de acordo com o Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM),

grandeza é a propriedade de um fenômeno, de um corpo ou substância que se pode expressar quantitativamente sob a forma de um número e de uma referência. Valor de uma grandeza representa a expressão quantitativa de uma grandeza específica, geralmente sob a forma de uma unidade multiplicada por um número (BALBINOT; 2011).

Tabela 1 - Classe das variáveis por características físicas

Classe das variáveis	Exemplos
Variáveis térmicas	Temperatura, temperatura diferencial, calor específico, entropia, entalpia
Variáveis de propriedades físicas	Densidade, umidade, viscosidade, consistência, dureza, plasticidade
Variáveis de composição químicas	Medidas quantitativas de CO ₂ , CO, H ₂ S, NO _x , S, SO _x , C ₂ H ₂ , pH, qualidade do ar, e vários solventes químicos.
Variáveis elétricas	Tensão, corrente, resistência, condutância, indutância, capacitância, impedância.

Fonte: (BALBINOT; 2011)

A medição consiste em um conjunto de operações, que tem como objetivo determinar um valor de uma grandeza, e a metrologia é a ciência da medição. A metrologia abrange todos os aspectos teóricos e práticos referente às medições (BALBINOT; 2011).

Para efetuar uma medição são necessários conhecimentos sobre os fenômenos físicos como por exemplo:

- a) Efeito termoelétrico, utilizado para a medição da temperatura.
- b) Efeito Josephson, utilizado para medir a diferença de potencial elétrico.
- c) Efeito Doppler, utilizado para detecção de velocidade.
- d) Efeito Raman, utilizado para medição do número de ondas das vibrações das moléculas.

Os métodos de medição são constituídos por descrições genéricas com sequências lógicas de operações adotadas na execução das medições, e o procedimento de medição é uma descrição detalhada de uma medição de acordo com um ou mais princípios de medição, baseando-se em um modelo de medição (BALBINOT; 2011).

O objeto da medição é a grandeza específica submetida a essa medição, e é classificado com mensurando. O mensurando pode requerer informações de outras grandezas como tempo, temperatura ou pressão. As grandezas que possam afetar a leitura de medição de um mensurando são denominadas grandezas de influência (BALBINOT; 2011).

2.2.1 Transdutores e Sensores

Todo e qualquer sensor é um conversor de energia, pois sempre existirá transferência de energia entre o objeto medido e o sensor (BALBINOT; 2011).

Transdutor é o dispositivo capaz de transformar uma energia em outra (AGUIRRE, 2013). Os transdutores podem ser diferenciados se convertem o sinal de variação (de entrada) em sinal elétrico (de saída) correlacionando com a grandeza física (STEVAN JUNIOR, 2015), ou ainda, quando convertem um sinal em uma forma física para um sinal correspondente em outra forma física (BALBINOT; 2011).

Os transdutores podem ser classificados por alguns fatores, e um deles é tipo de sinal elétrico por ele desenvolvido. Um transdutor pode ser digital ou analógico. Os transdutores são projetados para distintos princípios de trabalho, sendo divididos em duas classes, ativo e passivo (BHUYAN, 2013). Os transdutores transformam uma grandeza não elétrica em uma grandeza elétrica.

Tendo a instrumentação elétrica e o sistema de medição apresentam dois tipos de transdutores, de entrada e de saída. Os transdutores de saída são conhecidos como atuadores. Os transdutores ou sensores apresentam são reconhecidos por suas qualidades, onde os sensores clássicos (convencionais) são identificados como burros, enquanto que os transdutores inteligentes são dotados de funcionalidades mais elaboradas (BHUYAN, 2013).

Os sensores inteligentes são classificados em subgrupos, como por exemplo, óptico, pneumático, mecânico, magnético, de radiação ou biológicos (BHUYAN, 2013).

2.2.2 Transdutores autogeradores

Transdutores autogeradores possuem essa denominação por desenvolver uma tensão quando o seu material é exposto a estímulos externos. Alguns exemplos desses transdutores são cristal piezelétrico, termopar, eletrodo de PH, sensores radioativos, fotocélulas, eletromagnéticos e de corrente parasita (BHUYAN, 2013).

2.2.3 Transdutores a parâmetros variáveis

Diferentemente do transdutor autogerador o de parâmetros variáveis não desenvolve tensão sozinho, contudo um parâmetro elétrico do componente varia na proporção física aplicada. A mudança desse parâmetro elétrico pode ser, resistência ou condutância, capacitância ou propriedades magnéticas (BHUYAN, 2013).

2.2.4 Variação de resistência ou capacitância

Esses sensores exploram a variação da resistência de um material, sejam as configurações geométricas ou molecular, fazendo a resistência variar, proporcionalmente, quando expostos a uma variável física (BHUYAN, 2013).

A variação da resistência é convertida em uma variação de tensão utilizando um circuito resistivo. O circuito utiliza uma fonte de tensão separada para a geração do sinal. Exemplos de transdutores resistivos e as variáveis físicas que podem ser, por exemplo, potenciômetro, *Strain Gauge*, termômetro resistivo, sensor higroscópico etc. (BHUYAN, 2013).

2.2.5 Transdutor radioativo

O nível de profundidade ou o padrão de absorção dos raios radioativos liberados em um meio por radioisótopos, de um elemento, como Co, Cs, Ir, etc.

Os raios radioativos liberados por um radioisótopo são α , β e γ e radiações de nêutrons. As características, mais importantes para a instrumentação, são os raios radioativos, como poder de penetração, meia-vida, meia distância (BHUYAN, 2013).

2.2.6 Instrumento de medição

Segundo o VIM, um instrumento de medição consiste em um artefato capaz de realizar uma medição individualmente ou em conjunto com outros dispositivos auxiliares (BALBINOT, 2011).

Um instrumento de medição pode ser um sistema mecânico, eletromecânico, ou até eletrônico que integra um ou mais sensores, ou ainda um ou mais transdutores a dispositivos que possuam funções específicas (BALBINOT, 2011).

Exemplos de instrumentos de medição:

- a) Paquímetro: instrumento para usado para medições dimensionais.
- b) Amperímetro: instrumento utilizado para medições de correntes elétricas.
- c) Termômetro: instrumento utilizado para medições de temperatura.
- d) Medidor de pH: instrumento utilizado para caracterização da acidez, alcalinidade e neutralidade de soluções.

2.2.7 Termistores

São dispositivos em que a resistência é dependente da temperatura. São fabricados de materiais cerâmicos semicondutores, o que resulta em durabilidade e resistência muito elevadas. Dependendo do óxido semiconductor, podem apresentar um coeficiente de temperatura positivo (PTC) ou negativo (NTC). Um termistor PTC tem sua resistência aumentada com o aumento da temperatura; por outro lado, um termistor NTC tem sua resistência reduzida pelo aumento de temperatura (STEVAN JUNIOR, 2015).

2.2.8 Sensor de temperatura e umidade digital

O dispositivo DHT22, é um sensor de temperatura digital, cujo componente possui um termistor do tipo NTC e o sensor do tipo HR202, que já dispõe de calibração realizada pelo fabricante, com coeficientes armazenados em uma memória interna. Converte internamente o valor para o sinal para o formato digital com 8 bits, propiciando assim uma resolução máxima de 0.1%(com uma precisão de aproximadamente 2°C), e um tempo de resposta na ordem de 2s (STEVAN JUNIOR, 2015).

Este sensor também é conhecido como RHT03 operando com faixa de valores de -40°C a 80°C e com precisão de 0.5°C , para temperatura, e 0 a 100%, com precisão de 2%, para umidade (STEVAN JUNIOR, 2015).

O consumo de corrente é de $500\mu\text{A}$ a $2,5\text{mA}$, com uma faixa de alimentação de 3 a 5v, conforme ilustrado na figura 3 (STEVAN JUNIOR, 2015).

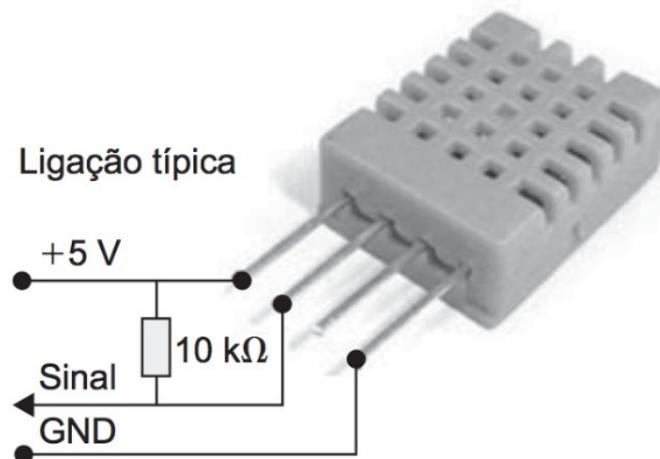


Figura 4 - Fluxo do sistema de apoio à produção.
Fonte: (STEVAN JUNIOR, 2015).

Este sensor utiliza um protocolo de comunicação pré-definido - internamente em suas bibliotecas - que transmite um conjunto de bits, onde o bit 1 é definido por um pulso largo (de $80\mu\text{s}$ de duração) e o bit 0 é definido por um bit mais estreito (de $24\mu\text{s}$) Esse protocolo concentra 5 bytes de informação, sendo após a identificação de transmissão e início do pacote (STEVAN JUNIOR, 2015):

- a) Parte inteira da umidade;
- b) Parte decimal da umidade;
- c) Parte inteira da temperatura;
- d) Parte decimal da temperatura;
- e) Checksum(avaliação e validação do pacote).

2.2.9 Sensor de Dióxido de Carbono

Existem inúmero sensores de gás que se classificam pelo tipo de gás. Foi adotado o sensor MG 811 que apresenta alta sensibilidade para o Dióxido de Carbono (CO_2). Este sensor opera na faixa de 0 à 10000ppm (DATASHEET MG811).



Figura 5 - Sensor MG811.

O sensor MG811 tem um princípio para detecção de partículas de CO₂ no ar, atuando na faixa de 10000 ppm (partículas por milhão) (DATASHEET MG811).

Dentre outras funcionalidades estão:

- a) Dupla saída de sinal (saída analógica e saída de nível TTL) (DATASHEET MG811);
- b) Resposta rápida e de alta sensibilidade, resposta só precisa de 2-5 minutos (DATASHEET MG811);
- c) CO₂ aquisição de processamento de amplificação de sinal, a faixa pode escolher: 0-2 V ou 0-4 V, navio padrão é 0-2 V (DATASHEET MG811);
- d) Tensão de funcionamento: DC 6 V (DATASHEET MG811);
- e) Saída TTL sinal eficaz é baixo nível, pode ser conectar diretamente microcontrolador (DATASHEET MG811);

Tabela 2 - Parâmetros técnicos de operação.

Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
V _H	Heating Voltage	6.0±0.1 V	AC or DC
R _H	Heating Resistor	30.0±5% Ω	Room Temperature
I _H	Heating Current	@200mA	
P _H	Heating Power	@1200mW	
T _{ao}	Operating Temperature	-20—50	
T _{as}	Storage Temperature	-20—70	
? E?M F	Output	30—50mV	350—10000ppmCO ₂

Fonte: (Datasheet MG811).

Este sensor dispõe de três pinos que são colocados em nível lógico alto (5V), um pino aterrado, outro utilizado para estabelecer a referência de acordo com a calibração do gás detectado e um pino para saída lógica que pode ser interpretado por um microcontrolador, conforme apresentado na figura 6 (DATASHEET MG811).

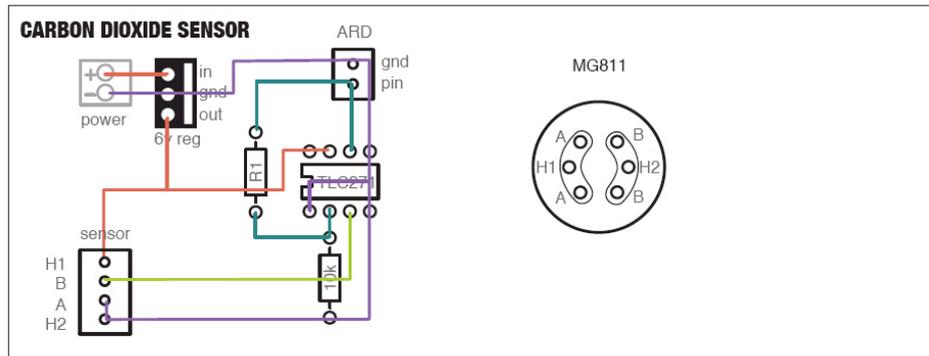
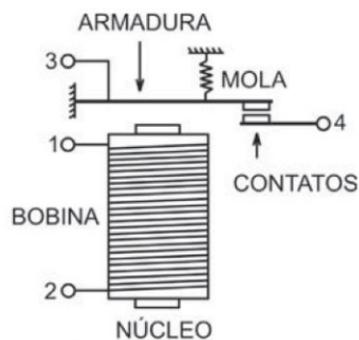


Figura 6 - Sequência de pinos.

Fonte: (Datasheet MG811).

2.2.10 Relé

O Relé é tido como um dos mais antigos componentes elétricos, cuja história remonta à primeira metade do século XIX, com as primeiras pesquisas feitas por Joseph Henry, na construção de eletroímãs. O relé é composto por uma bobina responsável pela formação do campo magnético, em ambas as tensões tanto alternada quanto contínua, que tem a função de atrair a armadura para o fechamento dos contatos, deslocando o contato móvel em direção ao contato fixo (FERNANDES FILHO, 2014).



1 e 2: Terminais da bobina
3 e 4: Terminais dos contatos

Figura 7 - Sequência de pinos.

Fonte: (FERNANDES FILHO, 2014).

Entre as vantagens da utilização de um relé está a mudança da conexão de carga entre série e paralelo, e ambos podem trabalhar com corrente contínua e corrente alternada. Inverter a rotação de um pequeno motor em corrente contínua. (FERNANDES FILHO, 2014).

2.2.11 Módulo Relé

O módulo relé um canal funciona com tensão de 5V, e pode acionar cargas de até 250 VAC ou 30 VDC, suportando uma corrente máxima de 10A. Possui *LED* (Light Emmiting Diode), indicador de energia, dois pinos de energia e um de controle (FILIPEFLOP, 2016).



Figura 8 - Relé
Fonte: (FILIPEFLOP, 2016)

2.3 Microcontrolador

O ESP8266 é o nome de um microprocessador projetado pela *Espressif Systems*, empresa chinesa. O ESP8266 disponibiliza um módulo Wi-Fi sendo uma solução de rede que se oferece como uma ponte de microprocessadores existentes para WiFi como o Arduino por exemplo.

O ESP8266 pode executar códigos, na linguagem C internamente, de maneira nativa. Há uma variedade de placas disponíveis no mercado cada um atendendo a uma necessidade específica. Este trabalho adota a placa *Wemos D1 R2*, que é equipada com o ESP8266EX, por ser compatível com placas de expansão

do Arduino, visualizado nas figuras 9 e 10. A capacidade de processamento desse microcontrolador é de 80 Mhz, além de um baixo consumo de energia.

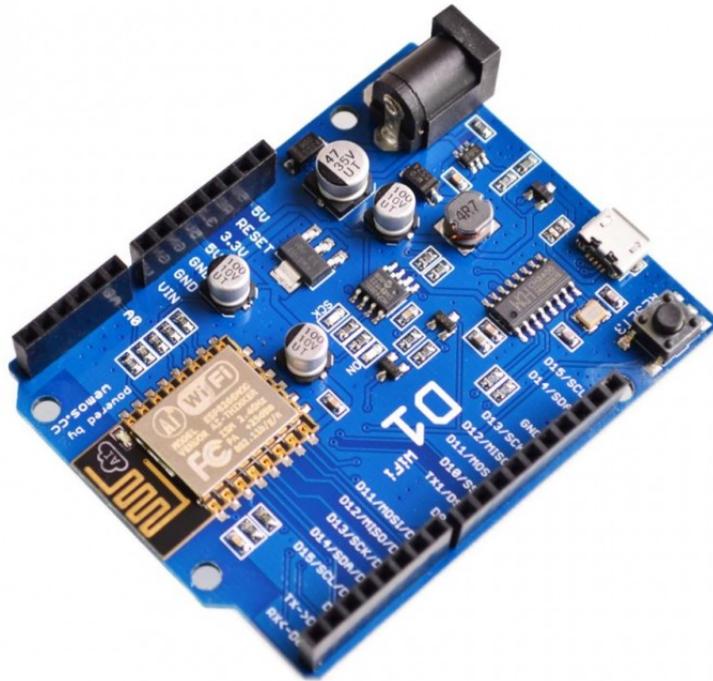


Figura 9 - Placa Wemos D1 R2 (Frente).
Fonte: (FILIPEFLOP, 2016)



Figura 10 - Placa Wemos D1 R2 (Verso).
Fonte: (FILIPEFLOP, 2016)

A relação a seguir, mostrada na tabela 3, elenca todas as portas e os tipos de entradas da que estão disponíveis na placa *Wemos*.

Tabela 3 - Disposição de portas Wemos D1 R2.

Name	Description
VCC	3.3V.
GPIO 13	Also used for SPI MOSI.
GPIO 12	Also used for SPI MISO.
GPIO 14	Also used for SPI Clock.
GPIO 16	
CH_PD	Chip enable. Should be high for normal operation. <ul style="list-style-type: none"> • 0 – Disabled • 1 – Enabled
ADC	
REST	External reset. <ul style="list-style-type: none"> • 0 – Reset • 1 – Normal
TXD	UART 0 transmit.
RXD	UART 0 Receive.
GPIO 4	Regular GPIO.
GPIO 5	Regular GPIO.
GPIO 0	Should be high on boot, low for flash update.
GPIO 2	Should be high on boot.
GND	Ground.

Fonte: (WEMOS, 2016).

2.4 Plataforma

Nesta etapa do trabalho são apresentadas as tecnologias que serviram de base para a confecção do sistema desenvolvido.

2.4.1 Ambiente web

O sistema de controle automatizado necessita de um ambiente para armazenar os dados coletados. Assim, foi desenvolvido um sistema que usa como meio a nuvem, ou *internet*, para receber, exibir e guardar os dados que são emitidos pelos sensores. Os sistemas são classificados em processamento local e processamento remoto (MILETTO, 2014).

A *Internet* é uma grande rede computadores interligados. O conceito de hipertexto, desenvolvido por Tim Berners-Lee, está baseado em uma nova forma de organização da informação, possibilitando percorrer um documento ou parte dele por meio de ligações ou palavras em negrito chamadas de *hiperlinks* ou *links* (MILETTO, 2014).

A *internet* é baseada em uma arquitetura denominada cliente-servidor, o que permite interligar qualquer computador ao redor do mundo. Nesse modelo o cliente solicita uma informação através de um “endereço virtual” a um servidor, que responde à sua solicitação (MILETTO, 2014).

O navegador é o *software* capaz de informar o “endereço virtual” para navegar na *internet*. A endereço virtual também é conhecido como URL (*Uniform Resource Locator*). A *internet* se baseia na utilização de protocolos e linguagens. O protocolo *HTTP* é responsável por estabelecer um meio para o envio e recepção das informações e as linguagens *PHP* e *HTML*, fazem a apresentação das informações no navegador (MILETTO, 2014).

2.4.2 HTML

A linguagem de marcação *HTML* ou *HyperText Markup Language*, é utilizada para a criação de páginas acessadas por um navegador. A principal característica do *HTML* é viabilizar a navegação entre as telas (MILETTO, 2014).

A linguagem se baseia na organização de elementos que são representados por comandos chamados *TAG*. Uma *TAG* é uma palavra específica definida em *HTML*, iniciada pelo sinal “<” e finalizada com o sinal “>”. Uma *TAG* é sempre utilizada em pares, sendo necessário uma *TAG* de abertura e outra para fechamento (MILETTO, 2014).

2.4.3 Cascading Style Sheet

No início da *internet* as páginas eram feitas com *HTML* e toda a parte de formatação da aparência era realizada por *TAGs HTML*. As folhas de estilo em cascata (ou *CSS – Cascading Style Sheets*) mudam a forma de organização das páginas.

O *HTML* passa a ser utilizado somente como elemento para estruturar as páginas, e o *CSS* é utilizado na formatação da aparência das páginas. Com o *CSS*, é possível definir em um único local a formatação que será utilizada em cada *TAG*. Com isso, apenas um arquivo é alterado, sendo que a mudança é automaticamente replicada em todas as páginas que compõem o *site* (MILETTO, 2014).

2.4.4 *Javascript*

A linguagem *Javascript* é muito usada na construção de páginas da *internet*, é baseada em objetos e orientada a eventos e apresenta tipagem dinâmica de suas variáveis (MILETTO, 2014).

Linguagens que desenvolvem *sites* podem ser classificadas em duas categorias, as que rodam no lado cliente e as que rodam do lado servidor. As linguagens executadas no lado cliente disponíveis até o momento (*HTML*, *CSS* e *Javascript*) são aquelas executadas utilizando apenas o navegador do computador do usuário. Uma vez carregadas, não necessitam de novas chamadas ao servidor *Web* (MILETTO, 2014).

2.4.5 *PHP*

Após o aparecimento da *internet*, houve uma necessidade de elevar o nível de interatividade entre os usuários e as páginas disponíveis em *HTML*. Dessa forma surgiu a *Web 2.0*, e as páginas da *internet* passaram a ser segmentadas entre estática e dinâmica.

Este trabalho explora o conceito de páginas dinâmicas, onde as páginas são processadas, primeiramente pelo servidor, antes de ser enviada ao usuário (BENTO, 2013).

No instante que um navegador solicita um conteúdo para uma página, esta será montada conseguindo informações consultando dados em um banco de dados. O sistema gerenciador de banco de dados armazena dados para posterior leitura (BENTO, 2013).

O *PHP* é uma linguagem que permite o pré-processamento de páginas *HTML*. Dentre as funcionalidades desempenhadas pelo *PHP*, está a captura de entrada de dados pelo usuário como por exemplo formulários, e outras formas de interação (BENTO, 2013).

Algumas das características do *PHP* destacadas, por Bento 2013, são:

- a) A facilidade da linguagem com os servidores *web*.
- b) Curva de aprendizado suave quando comparada a outras linguagens *web*.
- c) Tecnologia livre, não exigindo custos de licenciamento para a sua utilização.
- d) Grande oferta de servidores de hospedagem, inclusive gratuitos.

2.4.6 Banco de dados

Atualmente a escala de armazenamento de dados vem aumentando a cada dia e o valor dos dados vem se tornando um ativo valioso nas corporações. Para obter as informações que estão guardadas em complexos conjuntos de dados, os usuários necessitam de ferramentas que auxiliam no gerenciamento dos dados e na extração das informações úteis e necessárias. Um banco de dados é um conjunto de dados, descritos em uma organização (RAMARKRISHNAN, 2011).

Com o intuito de auxiliar nas operações envolvidas no armazenamento e recuperação dos dados, é utilizado um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) (RAMARKRISHNAN, 2011).

Entre vantagens de usar um banco de dados estão o acesso eficiente aos dados, a integridade e segurança dos dados e a redução no tempo de desenvolvimento de uma aplicação (RAMARKRISHNAN, 2011).

2.4.7 MySQL

O programa *MySQL* é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional que utiliza a linguagem de consulta estruturada *SQL (Structured Query Language)* tem características multitarefa e multiusuário (MANZANO, 2011).

O banco de dados *MySQL* é consumido por grandes empresas, pessoas e entidades por ser uma solução confiável, rápida e de fácil utilização. É adotado em muitas aplicações voltadas para a *internet*, devido a sua facilidade de integração com a linguagem de script *PHP* (MANZANO, 2011).

Apresenta ainda como benefícios rodar em várias plataformas computacionais, como *Linux, Windows, Macintosh*, Open BSD entre outros, além de ter compatibilidade com drivers *ODBC, JDBC* e *.NET*. É um *software* baseado na filosofia de *software* livre (MANZANO, 2011).

2.4.8 JavaScript Object Notation - JSON

A troca de dados entre aplicações passou por diversas tecnologias e arquiteturas. Atualmente existe um formato leve de troca de dados, baseado em modo texto, que integram sistemas através de um subconjunto da notação de objetos em *JavaScript*, denominado *JSON*. O *JSON* é uma alternativa à

XML(Extensible Markup Language) para a transmissão de dados entre cliente e servidor, onde cada objeto *JSON* é representado com uma lista de nome de propriedades e valores, contidos entre chaves (DEITEL, 2008).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema automatizado criado tem como arquitetura a plataforma clienteservidor, disponibilizando consulta aos dados pela *internet*, podendo utilizar um computador comum, com acesso à rede *www* (*World Wide Web*), ou através de um celular *smartphone*, sendo sempre necessária a utilização de um navegador para acessar a aplicação.

A arquitetura do sistema desenvolvido é distribuída, como mostrado na figura 11, ficando os sensores e o microcontrolador no local onde são feitas as medições, comunicando-se via rede sem fio (WI-FI), utilizando protocolo *HTTP*, com um servidor, onde são armazenados os dados para, posteriormente, serem consultados pelo usuário bem como controlar o atuador.

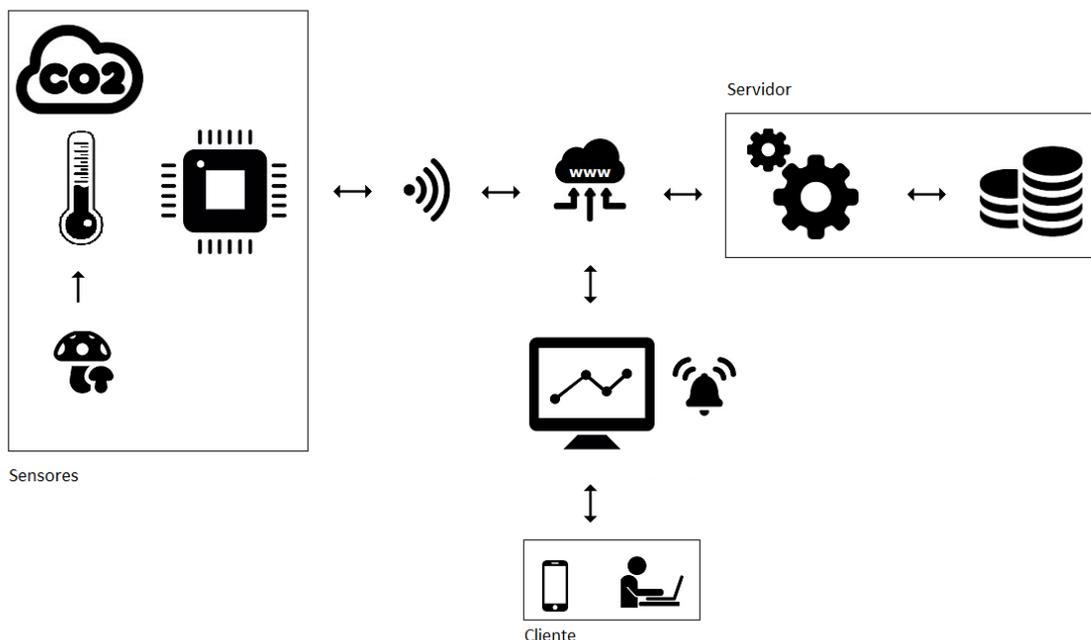


Figura 11 - Arquitetura do sistema desenvolvido.

Para que o estudo se concretizasse, uma sequência de etapas foi necessária. As etapas percorridas para a realização desse trabalho foram:

- a) Levantamento das necessidades em campo
- b) Viabilidade e escolha dos componentes eletrônicos
- c) Estudo de viabilidade da arquitetura
- d) Preparação do ambiente desenvolvimento
- e) Desenvolvimento da aplicação

- f) Teste dos equipamentos (sensores, atuadores e microcontrolador)
- g) Implantação dos sensores em campo
- h) Ajustes
- i) Monitoramento das ocorrências

A seguir são apontados detalhes de cada uma das etapas percorridas, visando explicar como foi elaborado este estudo.

O sistema construído atua com cinco funcionalidades, realizando a leitura dos sensores, promovendo o acionamento do atuador (relé), de forma automática ou manual, exibindo informações coletadas através de painel centralizado disponível na *internet* e gerando alertas, pelo sistema, quando os valores limítrofes não são observados.

3.1 Desenvolvimento do Protótipo

Para que o sistema de controle fosse viável foi necessário o desenvolvimento de um protótipo contendo os sensores de temperatura, umidade e dióxido de carbono (CO₂), e os dados por eles coletados, fossem enviados para a *internet*.

Tanto o sensor DHT22 que faz a medição da temperatura e da umidade quanto o sensor, MG811, que realiza a leitura dos níveis de partículas de CO₂, são ligados à placa do microcontrolador ESP8266, através das portas GPIO, como mostra a figura 12.

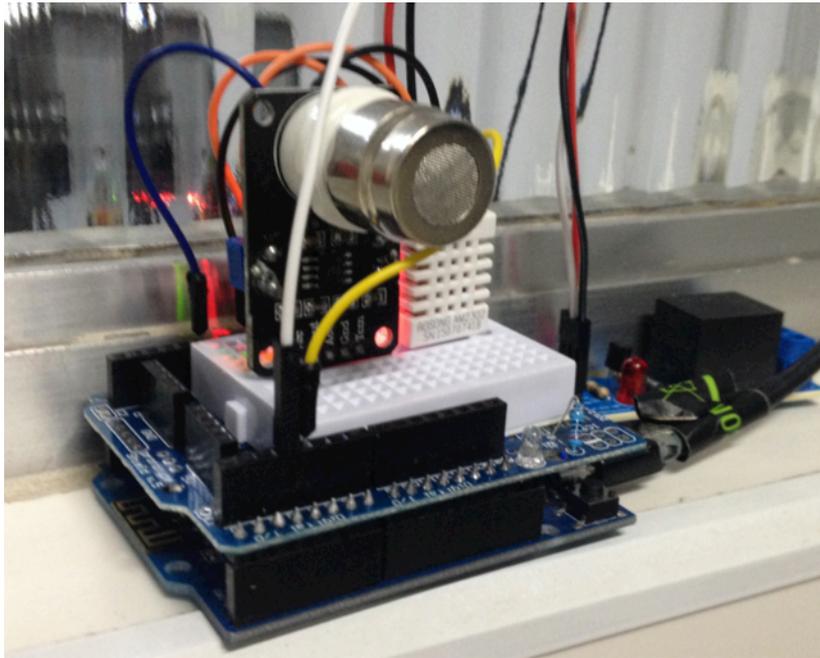


Figura 12 - Componentes DHT22, MG811 e ESP8266 conectados.

O desenvolvimento do sistema teve início com a seleção dos componentes, que deveriam possuir determinadas características. O sensor escolhido para aferir a temperatura e umidade, tinha como pré-requisito ser capaz de medir umidade acima de 90% e fosse autocalibrado, evitando assim leituras equivocadas por conta de falta de calibração. O baixo fator de variação, de 2%, também contou como diferencial para adoção desse sensor.

Em uma fase inicial, o protótipo contou com o sensor MHZ-14a, para medição de CO₂, contudo a dificuldade de compatibilidade com a placa *Wemos* e a alta complexidade do código para se obter os níveis de concentração das partículas, fez com que fosse adotado o sensor MG811, não havendo diferença de valores, pois ambos tinham custos aproximados de 50 dólares. A diferença de arquitetura foi determinante para a escolha do sensor MG811a, pois ele utiliza como tecnologia leitura através de infravermelho não dispersivo, que não oferece interferência de fatores externos, como temperatura e umidade. A durabilidade de 5 anos e o intervalo de leitura na casa de 90 segundos também contaram como diferencial positivo na decisão.

Para que os sensores consigam coletar os dados do ambiente é necessário que estes sejam conectados a um microcontrolador, com o intuito de processar essas informações para gravação em um banco de dados.

O componente escolhido foi a placa *Wemos D1 R2* que vem com o microcontrolador ESP8266 e possui a mesma sequência de pinos da placa Arduino, entre as inúmeras ofertas disponíveis no mercado para prototipação, este se destacou por seu baixo custo, boa capacidade de processamento, 80 MHz, podendo operar a 160MHz, conta ainda com 32KBytes de memória RAM para instruções, 96KBytes de memória RAM para os dados e 64KBytes de memória para inicialização.

O ESP8266 possui módulo de conexão WIFI integrado, facilitando assim o envio dos dados coletados pelos sensores. Apresenta-se como vantagem ainda, a facilidade de utilização com equipamentos acessórios do microcontrolador Arduino.

Também foi utilizado um relé para acionamento, tanto remota quanto automaticamente, pela aplicação. Para efeito de constatação, o relé aciona um *LED*, mas poderia ser utilizado um motor ou qualquer outro atuador.

Para que os sensores, o relé e o microcontrolador funcionem de forma coordenada, estes foram ligados a uma placa de ensaio chamada de matriz de contato ou protoboard.

A seguir é ilustrado, na figura 13, o esquema elétrico de todos os componentes utilizados no protótipo.

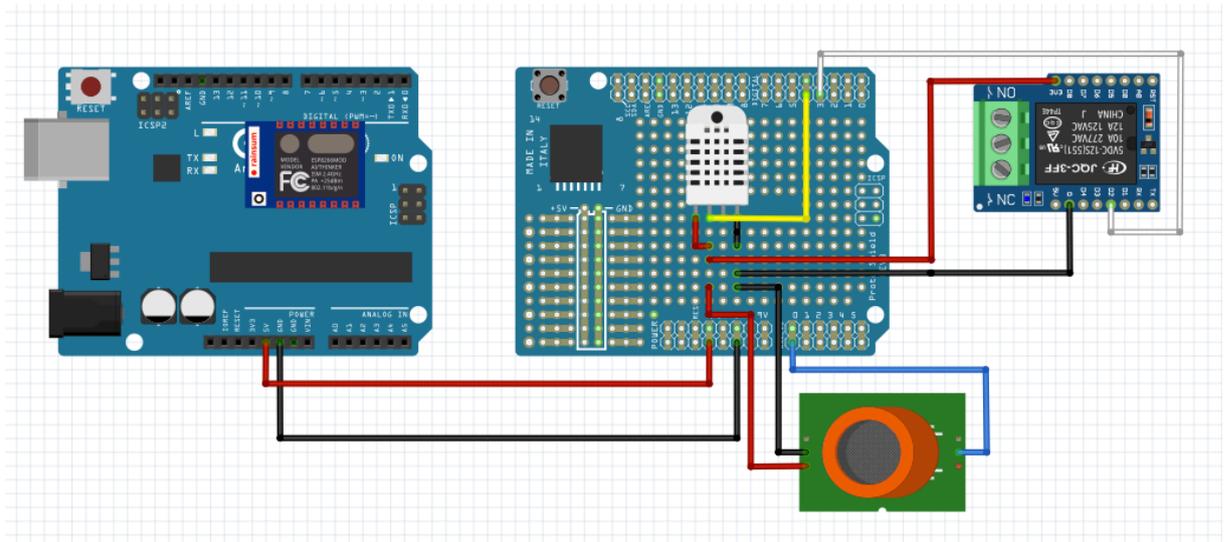


Figura 13 – Esquema elétrico do protótipo.

3.2 Lado Sensores

O microcontrolador requer programação através de uma linguagem nativa. No caso do ESP8266 é usada a linguagem C, para capturar as leituras realizadas pelos sensores.

Foi desenvolvido um programa e gravado no microcontrolador, com a finalidade de capturar os dados percebidos nos sensores utilizados e enviar para o servidor de banco de dados afim de armazenar os dados coletados.

Esse programa se divide em três partes, uma parte é responsável por ler a umidade e a temperatura, uma parte por coletar as partículas de CO₂, e uma terceira parte por concatenar os dados dos sensores, a um comando escrito na linguagem PHP, para que seja enviado ao servidor na *internet*, via rede sem fio, utilizando o método GET da linguagem.

Os dados são empacotados e encaminhados para o endereço na *internet* onde está o servidor que os receberá.

3.3 Lado Servidor

Os dados são empacotados pelo protocolo HTTP e encaminhados para o endereço `iot.sig-servers.com`, na *internet* onde está o servidor que os receberá.

Uma vez enviados, chegam ao servidor de destino, onde há um programa chamado `envia_dados.php`, que combina as linguagens PHP e SQL, e a parte da linguagem SQL, tem a função de armazená-los como novos registros nas tabelas do de banco de dados MySQL, para posterior consulta pela aplicação, sendo o código em PHP apenas necessário para ser o portador dos comandos SQL.

O código `envia_dados.php` também é responsável por gerar alertas no momento em que salva novos registros, verifica se os mesmos estão respeitando os valores limite, e em caso negativo faz uma inserção na tabela de alertas.

O sistema gerenciador de banco de dados escolhido foi o MySQL, para abrigar os dados coletados, por sua fácil integração, segurança e desempenho. A figura 14 apresenta o painel de administração do referido servidor de banco de dados.

3.4 Lado Cliente

Para o usuário acessar o sistema deve fazer uso de um navegador e entrar com o endereço na URL do navegador. É necessário possuir um usuário cadastrado, pois existe uma tela de autenticação para acesso ao sistema, como consta na figura 17.

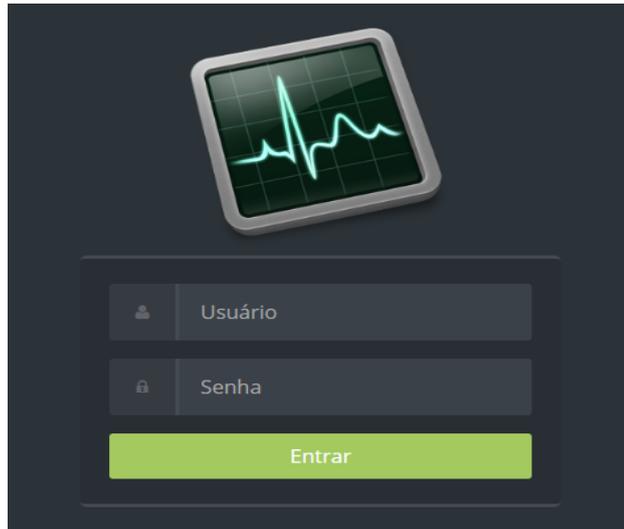


Figura 17 - Tela de entrada do sistema.

O sistema proposto tem a sua diagramação baseada em um painel de controles, onde são dispostas as funcionalidades, que serão listadas a abaixo.

- a) Gráfico de dados históricos com as médias, por horas, das leituras realizadas nos últimos 14 dias (temperatura, umidade e CO₂) e linhas de limites (inferior e superior) definidos pelo usuário.
- b) Quadro contendo valores dos limites inferiores e superiores, do dia atual e do dia anterior.
- c) Gráfico da última leitura realizada para cada variável (temperatura, umidade e CO₂).
- d) Quadro de mensagens de alertas para aviso de limites superados.
- e) Tela para configuração dos limites superiores para todos os sensores utilizados.
- f) Tela para controle manual para acionamento de dispositivo remoto.

Cada uma das funcionalidades acima será detalhada a seguir.

Uma necessidade identificada durante o desenvolvimento deste trabalho, foi a de exibir os dados coletados de forma sintetizada em um gráfico histórico, que

sumariza em médias as leituras compreendidas no período de uma hora. Foram agregadas ao referido gráfico, retas que representam os limites inferiores e superiores, para cada um dos transdutores. O gráfico 1 mostra o gráfico da umidade que apresenta as variações ocorridas dentro do período 02/01/2017 a 12/012017.



Gráfico 1 - Gráfico histórico da média das leituras.

O código produzido para gerar o gráfico de histórico, apresentado no gráfico1, foi desenvolvido utilizando as linguagens PHP para implementar a lógica requerida pelo sistema, a linguagem SQL para trazer os dados do banco de dados e o HTML e *Javascript* para promover a ilustração no navegador. O PHP é responsável por enviar o comando SQL que buscar os dados que são elementos utilizados pelo *Javascript* no momento de alimentar os gráficos, conforme figura 18.

HOJE	ONTEM
80	80
LIMITE SUPERIOR	LIMITE SUPERIOR
50	50
LIMITE INFERIOR	LIMITE INFERIOR
85	74
MAIOR LEITURA	MAIOR LEITURA

Figura 18 - Valores limites configurados e maiores leituras.

O quadro ilustrado na figura 18, exibe as configurações as atuais e do dia anterior e as maiores leituras realizadas no dia corrente e no dia anterior. Esse recurso foi escrito com PHP e SQL, como demonstra o código a seguir.



Figura 19 - Medidor da última leitura realizada.

Para sinalizar de forma rápida um dado importante, que pode ser a última leitura produzida pelo sensor de umidade, por exemplo, foi incluído ao programa em PHP uma rotina *Javascript*. O formato escolhido explora o apelo visual de cores de acordo com os limites estabelecidos demonstrado na figura 19.

Este trabalho desenvolveu uma funcionalidade, que pode ser verificada na figura 20, onde são registrados todos os momentos em que os limites de qualquer sensor, exibidos em ordem cronológica de forma a mostrar na tela os registros mais recentes para a ciência do usuário e também para a consultado exato momento em que o ambiente apresentou variação inapropriada.

ALERTA DE LIMITES			
Medição	Sensor	Tipo Alerta	Data Evento
0.00	CO2	Aviso	12/01/2017 14:22
0.00	CO2	Aviso	12/01/2017 14:21
0.00	CO2	Aviso	12/01/2017 14:20
0.00	CO2	Aviso	12/01/2017 14:19
0.00	CO2	Aviso	12/01/2017 14:18
0.00	CO2	Aviso	12/01/2017 14:17

Figura 20 - Tabela de alertas de eventos.

Foi necessário em PHP uma rotina que faz uma leitura no banco de dados para trazer os limites, inferiores e superiores, configurados para cada sensor do protótipo. De posse dos valores limites, são incluídas as medições. Existe uma consistência à cada inclusão que compara o novo valor medido, com os valores limites, e em caso de alguma nova medição estar em desacordo com os limites o código executa um trecho do código SQL que inclui um registro na tabela de alertas.

Para aumentar a possibilidade de configuração de alertas, no sistema, e ações automáticas através do relé do protótipo, é possível customizar quais sensores emitirão alertas, oferece ainda a combinação de sensores para a ação automática do sistema.

A figura 21 destaca no menu da aplicação a opção que deve ser escolhida para acessar a tela que informa sobre quais sensores e possibilidades existentes de configuração.



Figura 21 - Menu de opções para alteração de limites.

A configuração da ação automática por sensor envolve a problemática da combinação do número de sensores e condicionais como “E” e “OU”. Para permitir ao usuário atribuir uma ação automática, no ambiente, condicionada à variação conjunta de dois sensores é imprescindível essa configuração. Por exemplo, caso seja importante para o ambiente o acionamento de um exaustor, somente, quando a temperatura e a umidade atingirem limites superiores, ou ainda, caso ocorra a variação do CO2 ou da temperatura fora dos valores limites.

A figura 22 apresenta a tela de configuração de ação automática por sensor. Como existe a permutação do número de sensores combinados às opções condicionais “E” e “OU”, o usuário deve, primeiramente, escolher o número de sensores que acionarão o dispositivo em caso de leitura fora dos padrões limites, após a seleção, o mesmo deve fazer a escolha entre um dos sensores disponíveis, como demonstra a figura 22.

 A imagem mostra a interface de configuração intitulada "CONFIGURAÇÃO AUTOMÁTICA DOS SENSORES". O subtítulo indica "Definição dos sensores que acionarão o ambiente de forma automática." Abaixo, há uma seção "Opções de configurações" com o campo "NÚMERO DE SENSOR(ES):" e três opções de radio buttons: "1 SENSOR" (selecionada), "2 SENSORES" e "3 SENSORES". Abaixo disso, há um menu suspenso com o texto "Selecione o sensor" e uma lista de opções: "Selecione o sensor", "Temperatura", "Umidade" (destacada em azul) e "CO2".

Figura 22 - Opção de configuração de alerta para 1 sensor.

Caso a ação automática dependa de uma combinação de dados verificados por 2 sensores, existe a opção de configuração de 2 sensores. Em uma situação hipotética, para ilustrar a funcionalidade da tela, se houver uma situação que precise ligar automaticamente, um exaustor, pela aplicação no momento em que a temperatura e a umidade enviarem dados acima ou abaixo dos alertas estabelecidos.

Para que o ajuste seja efetivo é escolhido na primeira caixa de seleção um dos sensores disponíveis, logo abaixo é preciso a condição “E” na caixa de seleção e por fim escolher um outro sensor, na imagem 23 foi selecionado o sensor de umidade.

The screenshot shows a web interface titled "CONFIGURAÇÃO AÇÃO AUTOMÁTICA DOS SENSORES". Below the title, it says "Definição dos sensores que acionarão o ambiente de forma automática." and "Opções de configurações". Under "NÚMERO DE SENSOR(ES):", there are three radio buttons: "1 SENSOR", "2 SENSORES" (which is selected), and "3 SENSORES". Below this, there are three dropdown menus. The first dropdown is set to "Temperatura". The second dropdown is set to "E" and is circled in red. The third dropdown is set to "Umidade". At the bottom left, there is a "Salvar" button.

Figura 23 - Opção de configuração de alertas para 2 sensores.

A última configuração prevê a combinação dos 3 sensores que contemplam o escopo desse estudo, mais duas opções condicionais. A figura 24 demonstra a simulação de uma necessidade ação automática e alertas quando, a temperatura e o CO2 ou a umidade estiverem fora dos limites determinados.

The screenshot shows the same web interface as Figure 23, but with "3 SENSORES" selected. The dropdown menus are: "Temperatura", "E" (circled in red), "CO2", "OU" (circled in red), and "Umidade". The "Salvar" button is still present at the bottom left.

Figura 24 - Opção de configuração de alertas para 3 sensores.

Para um maior detalhamento da configuração automática de sensores, será

evidenciado como é feito esse capital recurso da aplicação. A tela de configuração tem um trecho de código, mostrado logo abaixo, que é responsável por capturar todas as seleções realizadas na tela, pelo usuário, e enviar para um outro programa chamado sensor.php.

```
<form action="sensor2.php" method="post">
    <Select required id="sensor1" name="sensor1" >
        <option value="" disabled selected>Selecione o
primerio sensor</option>
        <option value=$st_temp==0>Temperatura</option>
        <option value=$st_umidade==0>Umidade</option>
        <option value=$st_co2==0>CO2</option>
    </select> </br></br>
    <Select required id="condicao1" name="condicao1" >
        <option value="" disabled selected>Selecione uma
condição</option>
        <option value=&&>E</option>
        <option value=||>OU</option>
    </select> </br></br>
    <Select required id="sensor2" name="sensor2" >
        <option value="" disabled selected>Selecione o
segundo sensor</option>
        <option value=$st_temp==0>Temperatura</option>
        <option value=$st_umidade==0>Umidade</option>
        <option value=$st_co2==0>CO2</option>
    </select> </br></br>
    </br></br><input type="submit" id="submit" name="submit"
value="Salvar" style="margin-left: 10px;"></input></br>
```

O programa sensor2.php feito em PHP que recebe os dados emitidos pela tela de configuração, tem a função de traduzir os dados, ora em PHP, para a linguagem SQL para que os mesmos sejam gravados no banco de dados afim de efetivar essa configuração. Abaixo está o código do programa sensor2.php devidamente comentado para melhor entendimento.

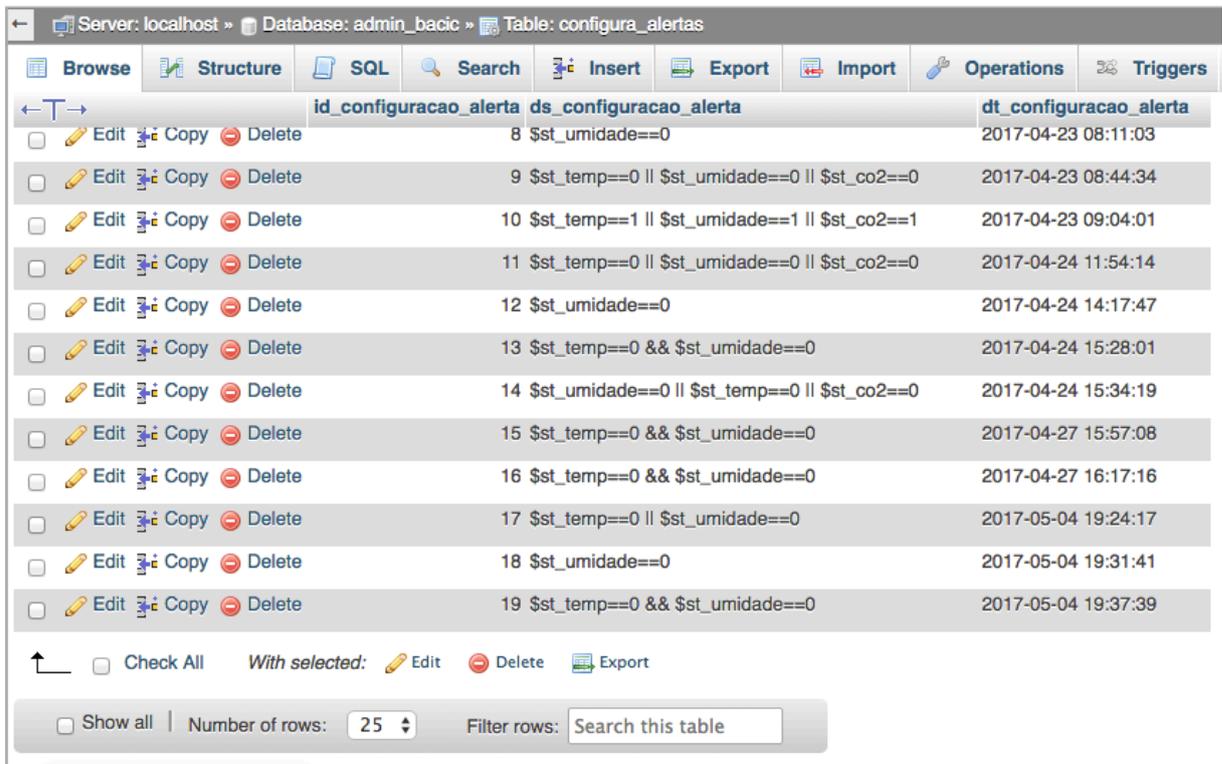
```
// recebe o valor do select e armazena na variavel
```

```

$sensor1 = $_POST["sensor1"];
// recebe o valor do select e armazena na variavel
$condicao1 = $_POST["condicao1"];
// recebe o valor do select e armazena na variavel
$sensor2 = $_POST["sensor2"];
// concatena as variaveis para montar o comando da
configuracao
$str_campo=$sensor1." ".$condicao1." ".$sensor2;
// monta o comando para inserir o novo valor
$sql_config_alerta = "INSERT INTO
admin_basic.configura_alertas (ds_configuracao_alerta,
dt_configuracao_alerta) VALUES ('$str_campo', '$dataLocal')";

```

O programa sensor2.php executa o comando SQL “insert into ...”, este por sua vez faz a gravação no banco de dados da aplicação, como é exibido na figura 25. Os dados gravados no banco são utilizados a cada vez que os dados dos sensores são enviados para aplicação.



id_configuracao_alerta	ds_configuracao_alerta	dt_configuracao_alerta
8	\$st_umidade==0	2017-04-23 08:11:03
9	\$st_temp==0 \$st_umidade==0 \$st_co2==0	2017-04-23 08:44:34
10	\$st_temp==1 \$st_umidade==1 \$st_co2==1	2017-04-23 09:04:01
11	\$st_temp==0 \$st_umidade==0 \$st_co2==0	2017-04-24 11:54:14
12	\$st_umidade==0	2017-04-24 14:17:47
13	\$st_temp==0 && \$st_umidade==0	2017-04-24 15:28:01
14	\$st_umidade==0 \$st_temp==0 \$st_co2==0	2017-04-24 15:34:19
15	\$st_temp==0 && \$st_umidade==0	2017-04-27 15:57:08
16	\$st_temp==0 && \$st_umidade==0	2017-04-27 16:17:16
17	\$st_temp==0 \$st_umidade==0	2017-05-04 19:24:17
18	\$st_umidade==0	2017-05-04 19:31:41
19	\$st_temp==0 && \$st_umidade==0	2017-05-04 19:37:39

Figura 25 - Dados salvos na tabela configura_alertas.

Com a configuração escolhida pelo usuário, esta é gravada no banco de dados, a aplicação consulta esses dados a cada envio de novos dados dos sensores onde o programa envia_dados.php dispõe de uma rotina para comparar se os dados

captados pelos sensores estão em situação de alerta quando parados com a configuração de alertas armazenada no banco de dados. O código a seguir demonstra a comparação dos dados enviados dos sensores com a configuração ajustada pelo usuário da aplicação. Em caso de alerta o arquivo light.json é alterado para acionar o relé.

```

// Solucao nova para configurar combinacao de alertas
// Busca no banco a ultima configuracao inserida pela administrador
    $sql_config_alerta=mysql_query("select
ds_configuracao_alerta from configura_alertas where
id_configuracao_alerta = (SELECT max(id_configuracao_alerta)
FROM configura_alertas)");
    $linha_config = mysql_fetch_array($sql_config_alerta);
    $str_principal=$linha_config['ds_configuracao_alerta'];
    echo $str_principal."\n";

    eval('$resultado=.'.$str_principal.(';');

    echo $resultado;

// O ambiente esta normal entao desliga rele quando as situacao do arquivo for
onA
    if ($resultado == 1) {
        // Abre o Arquivio no Modo r (para leitura)
        $arquivo = fopen ('light.json', 'r');
        // Lê o conteúdo do arquivo
        while(!feof($arquivo)){
            //recupera a linha do arquivo com a configuracao atual
            $linha = fgets($arquivo, 1024);
            if ($linha=='{"light": "onA"}') {
                $file = fopen("light.json", "w") or
die("can't open file");
                fwrite($file, '{"light": "off"}');
                fclose($file);
                echo "tinha que desligar para o Auto";
            }
        }
    }

```

```

        }
    }
} else {
// Abre o Arquivo no Modo r (para leitura)
$arquivo = fopen ('light.json', 'r');
// Lê o conteúdo do arquivo
while(!feof($arquivo)){
// Abre o Arquivo no Modo r (para leitura)
$linha = fgets($arquivo, 1024);
if ($linha=='{"light": "off"}') {
    $file = fopen("light.json", "w") or die("can't
open file");

    fwrite($file, '{"light": "onA"}');
    fclose($file);
    echo "tinha que ligar para o Auto";
}
}
}
}
}

```

Está no âmbito das necessidades do usuário a alteração dos valores limítrofes, definindo assim faixa de valores específicas que ambiente monitorado deve operar. Foi incluído no sistema uma funcionalidade para a configuração de valores limites, inferiores e superiores. O acesso à tela de configuração de limites está situado no menu de opções, à esquerda da tela da aplicação, como apontado na figura 26. As alterações têm efeito a partir do momento que o usuário grava os novos valores.



Figura 26 - Menu de opções para alteração de limites.

A figura 26 demonstra uma tela criada com base nas linguagens PHP e SQL. Onde a função do PHP é prover um canal de comunicação entre a tela do usuário e o banco de dados, já o SQL deve portar os dados preenchidos na tela afim

de gravar no banco de dados.

A tela, evidenciada na figura 27, possui uma rotina que promove a inclusão de uma nova configuração de limites para o sensor escolhido no combo de seleção. Após a inclusão da nova configuração, os valores anteriores têm os valores de estado para inativo ainda para compor o gráfico dos dados históricos.

ALTERA LIMITES DOS SENSORES

Os limites aqui configurados servem para disparar os eventos de alertas e mensagens.

Alteração de valores limites

ESCOLHA O TIPO DE SENSOR

Temperatura

LIMITE INFERIOR PARA O

35

LIMITE SUPERIOR PARA O

25

Salvar

Figura 27 - Tela de configuração de valores limites.

Para que não sejam perdidas as referências dos valores que figuravam antes da nova parametrização são mantidos os valores antigos para que o gráfico possa apontar qual foi o momento exato da alteração, apontando assim toda e qualquer ocorrência de variação dos dados. Como mostra o gráfico 2, no dia 12/01/2017

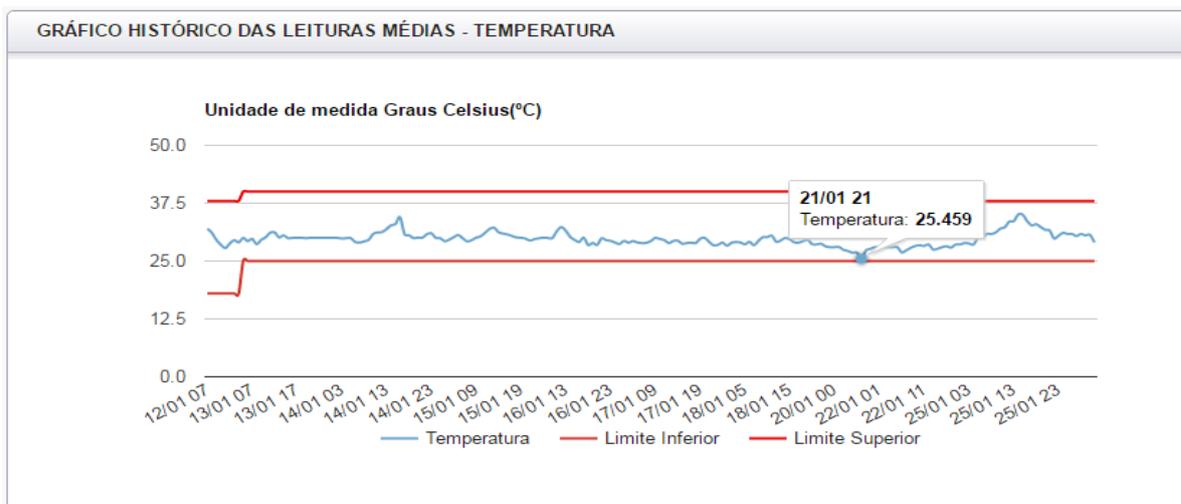


Gráfico 2 - Alteração do parâmetro de temperatura com históricos de alteração.

O programa `altera_limites.php` realiza inclusão e salva os novos limites

configurados pelo usuário, e como é necessário para a integridade dos gráficos inclusive, os valores antigos são inativados e não apagados da tabela do banco de dados.

A última funcionalidade do sistema, que é apresentada na figura 28, é uma tela que pode de forma manual, acionar um dispositivo remotamente. O dispositivo adotado nesse trabalho para ilustrar a funcionalidade em questão foi um relé com uma luz de *LED*. Essa funcionalidade é relevante para o usuário, pois lhe dá autonomia para acionar um equipamento mesmo estando remoto.



Figura 28 - Tela de acionamento de dispositivo remoto.

A tecnologia adotada neste trabalho, permite enviar, um comando ao protótipo, através de uma URL do servidor PHP, para ligar ou desligar o relé. Para que o funcionamento seja correto a informação sobre do estado do relé é guardada em um arquivo chamado `light.json`, e este arquivo se encontra no servidor *web*, afim de informação ao usuário. A figura 28 mostra o parâmetro sendo passado via URL e o estado do relé

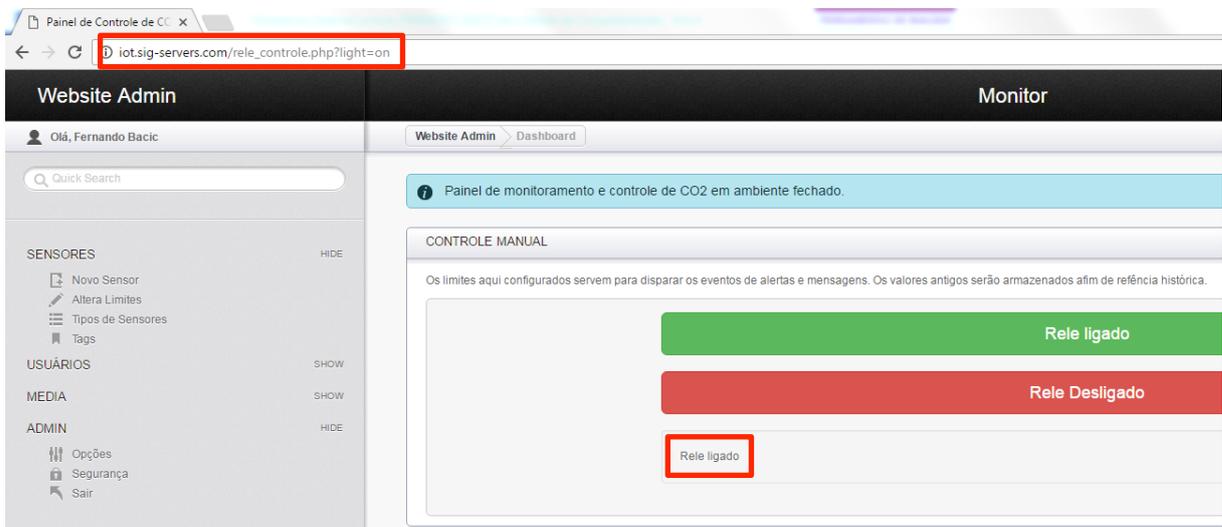
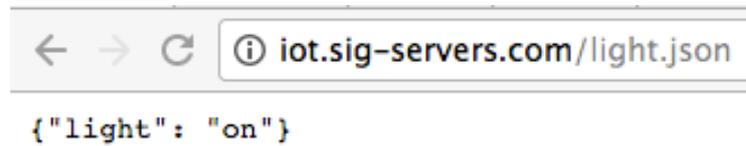


Figura 29 - Parametrização feita na tela de acionamento de dispositivo remoto.

O arquivo light.json obedece à um padrão chamado Json e este padrão pode ser observado na figura 30, que detalha o conteúdo do referido arquivo.



```
← → ↻ ⓘ iot.sig-servers.com/light.json  
{\"light\": \"on\"}
```

Figura 30 - Conteúdo Json do arquivo light.json.

São utilizados apenas os valores “ON” e “OFF” para alteração do acionamento do relé. O relé assumirá o estado que estiver salvo no arquivo light.json, a cada 1 minuto esse arquivo é consultado para definir o estado do relé. A aplicação pode ser acessada para identificar qual é o estado atual do relé, conforme é mostrado na figura 31.

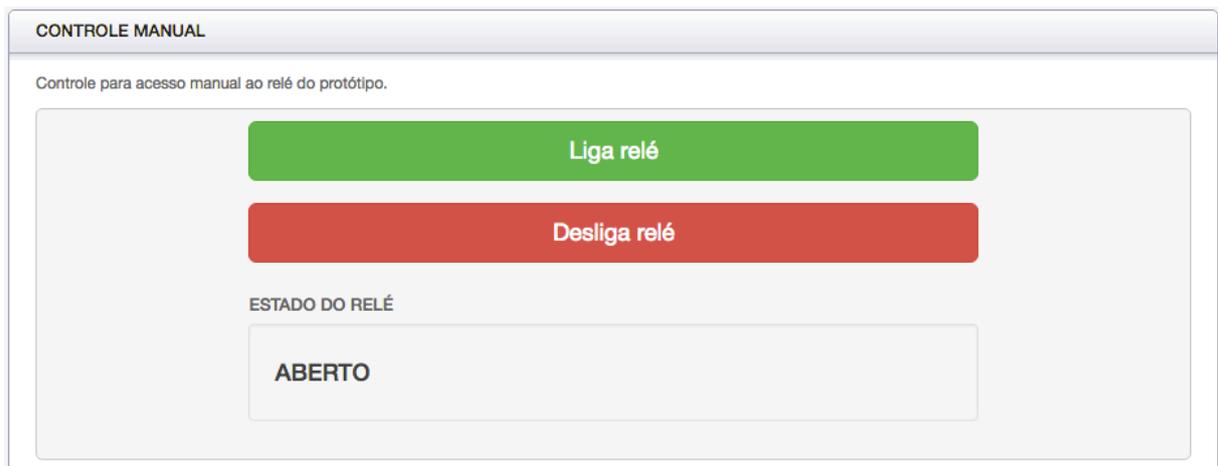


Figura 31 - Estado atual do relé apresentado pela aplicação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de automação, buscando facilitar e agilizar a interpretação dos dados armazenados, oferece uma identidade visual baseada em um painel de instrumentos, ou painel de controle, chamado de *Dashboard* como mostra a figura 32. O protótipo monitorou as intempéries de um ambiente fechado, coletando informações a cada um minuto e enviando para o sistema. Os dados coletados são apresentados através de gráficos e quadros de mensagens.



Figura 32 - Painel de controle do sistema de automação.

Com o gráfico de médias do CO2 foi possível identificar de maneira visual e sintetizada os dados coletados ao longo do tempo, nota-se também que é feita uma média com todas as leituras dos sensores adotados nesse trabalho. Os sensores coletam dados a cada minuto, as médias são sumarizadas no período de uma hora e o gráficos mostram médias dos últimos 14 dias, sendo possível uma identificação de alteração do ambiente em caso de períodos que não tenham acompanhamento efetivo de um usuário responsável.

Fazendo uma análise da funcionalidade do gráfico 3, foi notado o valor 74.714% de umidade relativa do ar, no dia 24/01/2017 no horário entre as 20:00 e 21:00, chegando essa média próxima do eixo que representa o limite superior para a umidade com valor 80%.

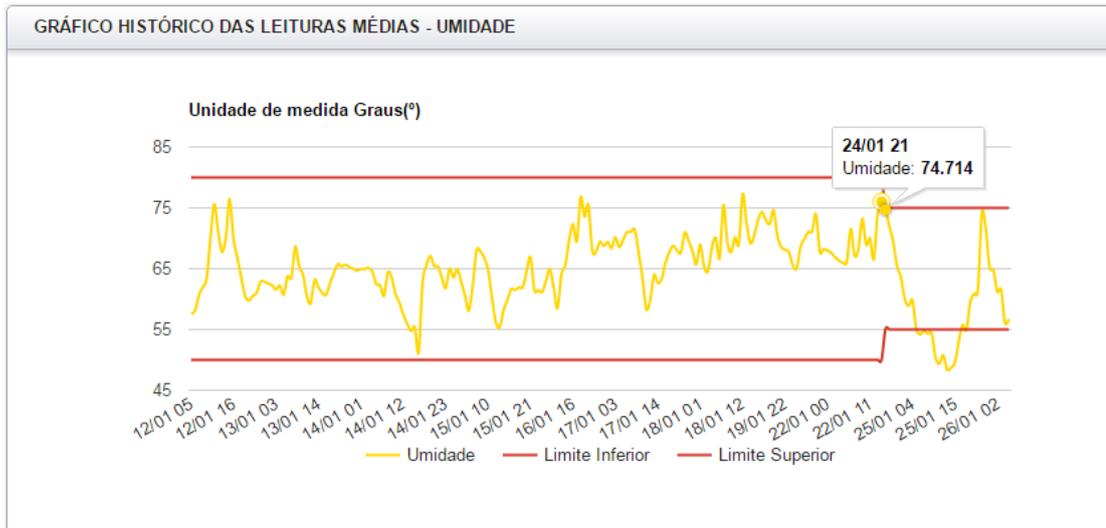


Gráfico 3 - Média da umidade em 24/01/2017, limite superior.

Como ilustrado no gráfico 4, as médias registradas possuem limites inferiores e superiores, onde é percebida uma média abaixo do valor do limite inferior na data de 25/01/2017 entre às 10:00 e 11:00 atingindo o valor médio de 49.357% de umidade, que pode ser conferido no gráfico 4.

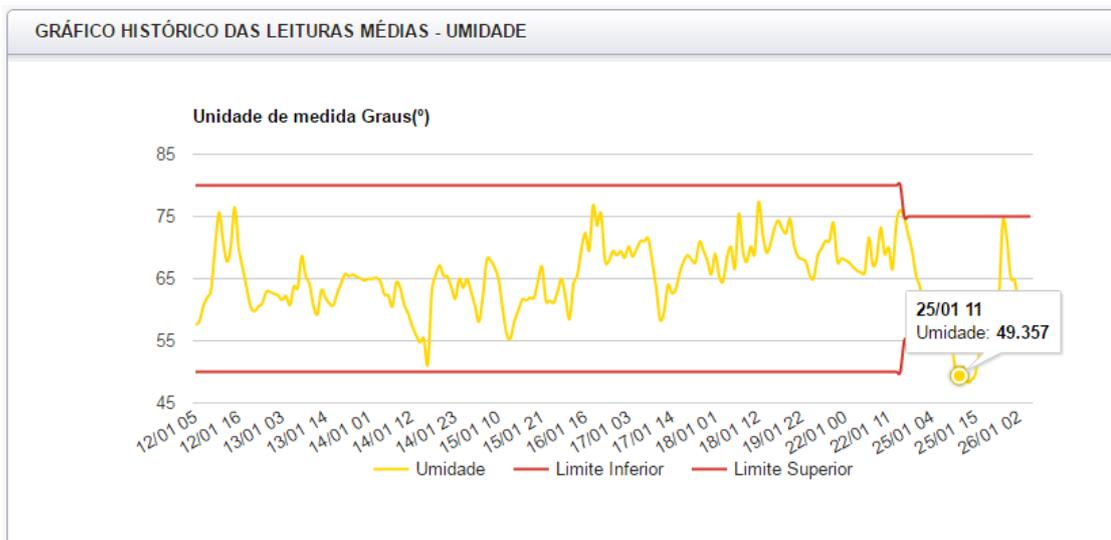


Gráfico 4 - Média da umidade em 25/01/2017, limite inferior.

Ainda explorando os resultados, no gráfico 5 de valores médios percebeu-se uma baixa média de temperatura de 25,459°C em 21/01/2017 no período compreendido entre 20:00 e 21:00, sendo o limite inferior de 50% de umidade.

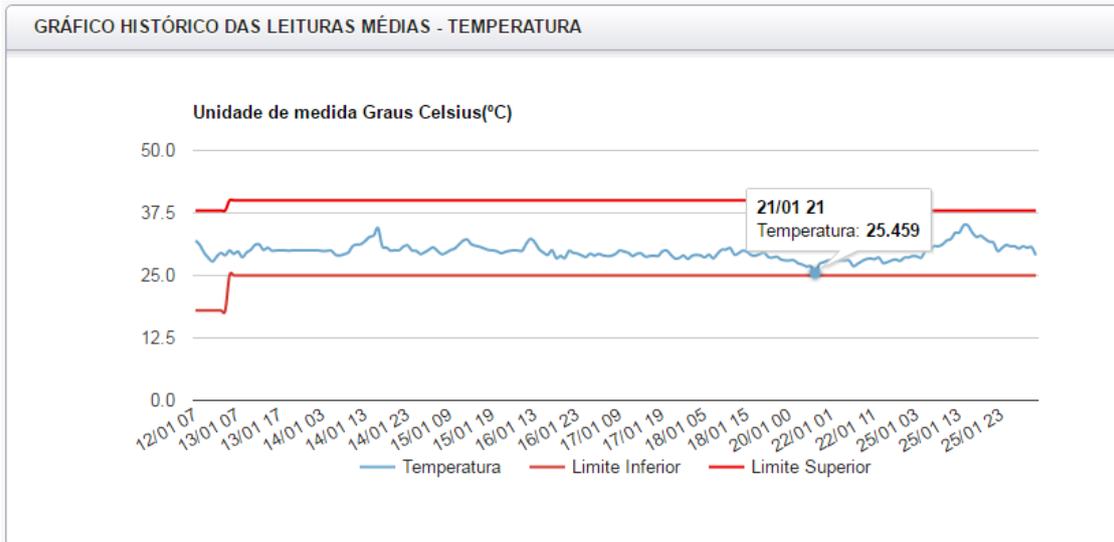


Gráfico 5 - Média da temperatura em 21/01/2017, limite inferior.

Para efeito de acompanhamento, em ocasiões em que a diferença seja muito grande entre o maior valor e o valor médio do período, o gráfico 6 demonstra o maior valor do dia e do dia anterior. No dia 25/01/2017 houve uma umidade média de 74.117% e a maior umidade anotada nesse dia foi 80%. Esse quadro se faz necessário para acompanhar a amplitude em relação aos valores medianos.

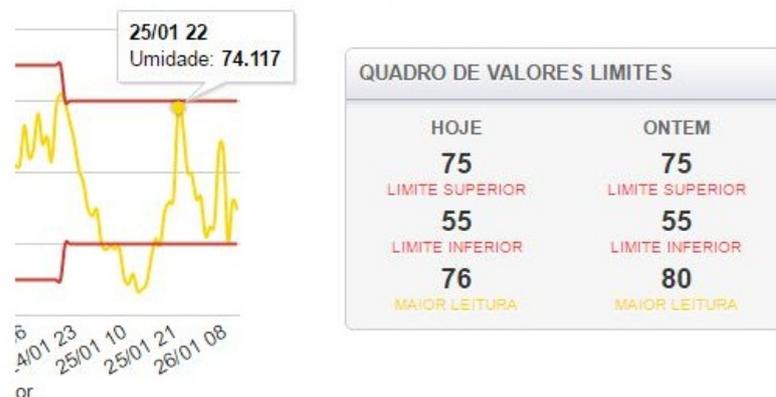


Gráfico 6 - Quadro de valores limites de umidade em 26/01/2017.

Os limites compõem os parâmetros para o gráfico 6, que corresponde ao quadro de mensagens de alerta, onde são emitidos, automaticamente, assim que são lidos os valores dos sensores. Em 27/01/2016, no período entre 21:00 e 22:00 houve uma média.

ALERTA DE LIMITES					
Tipo Alerta	Data Evento	Sensor	Limite Inferior	Valor Medido	Limite Superior
Urgente	27/01/2017 06:35	Umidade	55.00	77.00	75.00
Urgente	27/01/2017 06:22	Umidade	55.00	76.00	75.00
Urgente	27/01/2017 06:21	Umidade	55.00	76.00	75.00
Urgente	26/01/2017 09:38	Umidade	55.00	52.00	75.00
Urgente	26/01/2017 09:37	Umidade	55.00	53.00	75.00

Figura 33 - Quadro de mensagens de alerta em 27/01/2017.

A funcionalidade com maior apelo de automação é o acionamento do relé. No momento em que pode ocorrer de forma manual pelo usuário ou automática pela aplicação.

A ação automática tem como ponto de referência os dados enviados à aplicação. No momento em que é recebido um valor que excede os limites definidos configurados na aplicação, é gerado um alerta no sistema, sendo mostrado no quadro de alertas, nesse momento é alterado o arquivo no servidor que é lido pelo microcontrolador, para que esse por sua vez, acione o relé que é representado por um *LED* fixado ao lado do relé.

A sequência das figuras a seguir demonstra o processo total. Pode-se constatar a automatização proposta ocorrendo em três passos, o ambiente em condição normal, apresentando valores fora dos limites e o ambiente tornando a se estabilizar após sofrer intervenção do protótipo.

Na primeira fase, em que o ambiente se encontra normal, o sistema recebe valores dentro dos limites, apenas coletando novos dados, não emitindo mensagens de alerta na aplicação e o *LED* do dispositivo permanecendo apagado, com apresentado na figura 34 que exibe o *LED*, que sinaliza o relé desligado. Na segunda fase, se algum sensor apresentar valor fora dos limites, são geradas mensagens de alerta acionando o relé, e na terceira fase, assim que os sensores voltam a operar dentro de valores normais o relé é desligado.

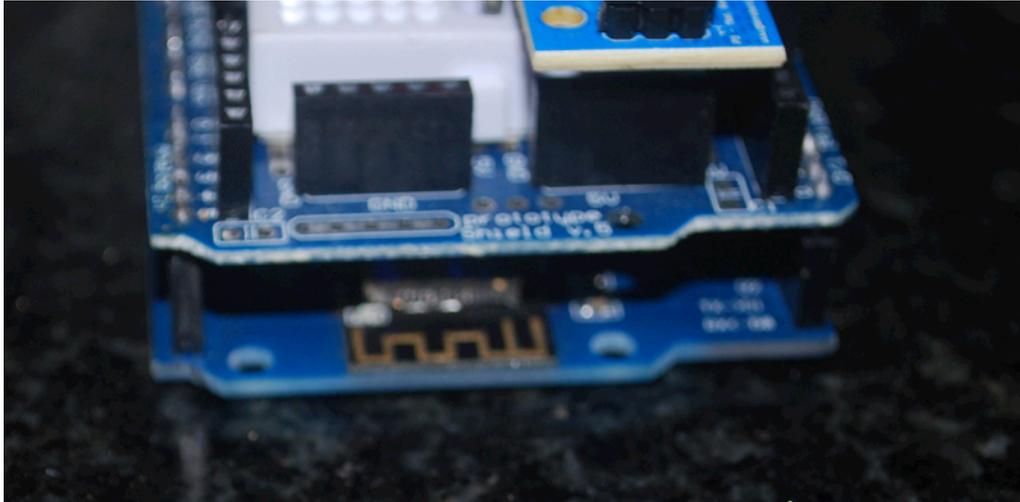


Figura 34 - LED da placa em estado desligado.

Quando a aplicação dados dos sensores, que reportam normalidade no ambiente, este altera o mostrador do gráfico da última leitura, posicionando o ponteiro na área verde do mostrador. Nesse quadro também é registrado o valor nominal obtido na última leitura, como demonstrado na figura 35, para informar o último valor lido pelo sensor no ambiente.



Figura 35 - Quadro de última leitura sinalizando ambiente normal.

O protótipo efetua leituras do ambiente uma vez por minuto, quando é notada qualquer alteração nos dados fornecidos pelos sensores, o sistema automaticamente registra a ocorrência no quadro de alertas, como exibe a figura 36, informando ao usuário qual o sensor está apontado leitura fora dos limites, o valor que ultrapassou, juntamente com a data, hora e os valores limites.

X Quadro de Mensagens - Urgente					
ALERTA DE LIMITES					
Tipo Alerta	Data Evento	Sensor	Limite Inferior	Valor Medido	Limite Superior
Urgente	14/03/2017 09:31	Umidade	40.00	75.00	70.00

Figura 36 - Quadro de alertas de leitura.

Juntamente com a mensagem incluída no quadro de alertas, é alterado o monitor no quadro de última leitura realizada, apresentando o ponteiro do medidor em uma área na cor vermelha, como pode ser visto na figura 37, sinalizando que o valor lido está em desacordo com os limites estabelecidos pelo administrador do ambiente.



Figura 37 - Quadro de última leitura apontando valor acima do limite.

Ao mesmo tempo em que o quadro de mensagens de alertas, e o medidor de última leitura são atualizados, a solução proposta aciona o *LED*, como mostra a figura 38, simulando um atuador no ambiente, que poderia ser um ventilador, ou até mesmo um ar condicionado no caso de o valor lido sendo superior ao limite superior, para manter temperatura baixa em caso de aquecimento, ou um umidificador no caso de baixa umidade no ambiente.

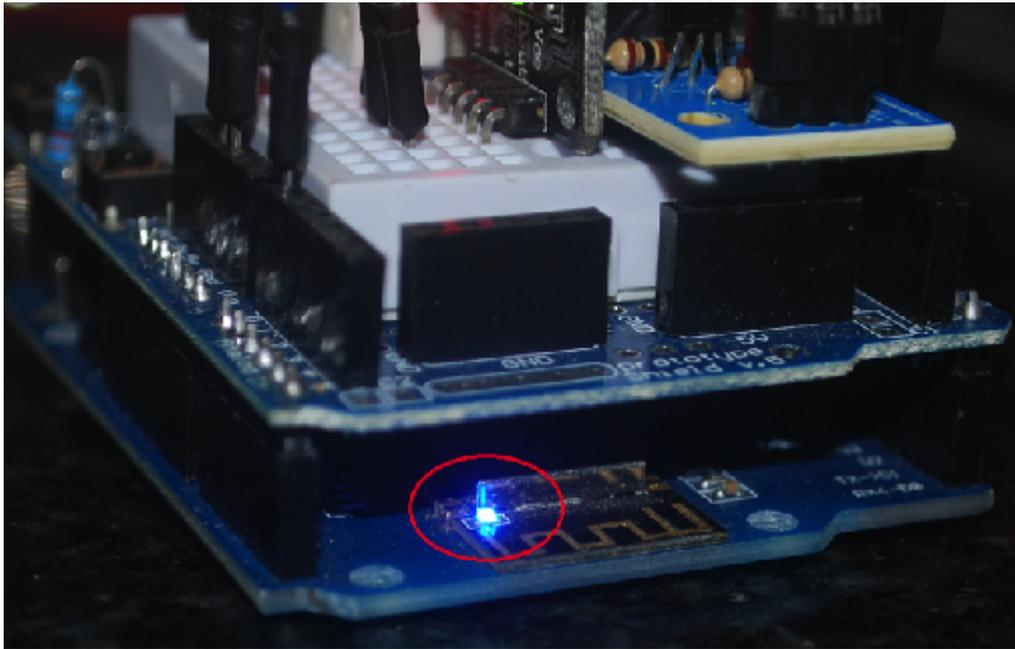


Figura 38 - *LED* sinalizando acionamento do relé.

Os alertas da aplicação são registrados enquanto durar o evento que causou o desequilíbrio do local, mantendo assim os atuadores em funcionamento para recuperar os parâmetros necessários do ambiente, a aplicação continua a monitorar para saber o momento que possa desligar o atuador, no caso do protótipo, apagar o *LED* na placa do microcontrolador.

O sistema também oferece uma forma de controle direto ao administrador, para evitar que o ambiente tenha um momento de criticidade, com valores fora dos recomendados. Para todo usuário cadastrado como administrador, é possível acessar uma tela com o controle do relé, assim como ilustrado na figura 39, o controle manual tem as opções ligar e desligar, uma vez ligado pelo administrador esse deve também desligar o relé.

A seguir serão contemplados dois exemplos simulando variação no parâmetros de leitura, para ilustrar a eficácia do sistema. Os experimentos exploram as funções automática e manual.

A primeira situação demonstra o acionamento automático. O início da simulação automática ocorre no momento em que é definida a combinação de sensores que emitirão alertas para a aplicação. Como mostra a figura 39, na tela de configuração de alertas será selecionado a opção de 2 sensores, juntamente com os campos de seleção. Os campos selecionados serão “Temperatura”, “E” e “Umidade”, respectivamente

Painel de monitoramento e controle de CO2 em ambiente fechado.

CONFIGURAÇÃO AUTOMÁTICA DOS SENSORES

Definição dos sensores que acionarão o ambiente de forma automática.

Opções de configurações

NÚMERO DE SENSOR(ES): 1 SENSOR 2 SENSORES 3 SENSORES

Temperatura

E

Umidade

Salvar

Figura 39 - Seleção de sensores para nova configuração de alertas.

A configuração proposta para o ensaio, está condicionada a variação da temperatura e da umidade, simultaneamente, em caso de variação de apenas uma das grandezas, não será acionado o relé.

Simulando as condições em um ambiente para apresentar, ao mesmo tempo, uma variação da temperatura e da umidade, pode-se comprovar na figura 40, que exibe os quadros de limites juntamente com o monitor de última leitura realizada quando os valores ultrapassam os limites.

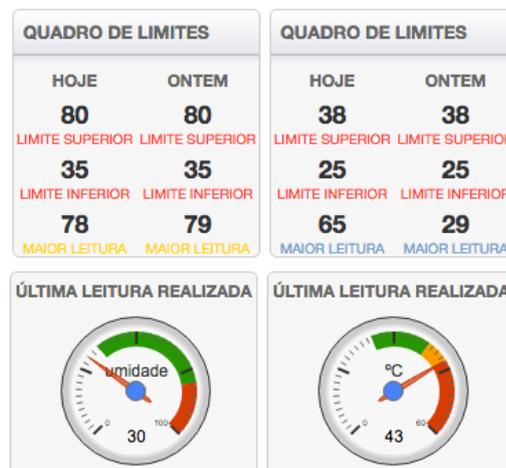


Figura 40 - Quadro de última leitura com valores fora dos limites.

Quando os valores geram alarmes, o sistema, de forma automática, liga o relé para que um equipamento possa reestabelecer a umidade e temperatura corretas para o ambiente.

No momento em que o relé é acionado, é possível identificar qual é o seu estado atual, na tela de opções, que pode acessado pelo menu lateral da aplicação,

a figura 41 exibe a tela com o estado do relé quando, que no momento do registro, esse se encontrava no estado “ligado”, justificando a simulação.



Figura 41 - Tela de controle do relé com status ligado.

A partir do momento que o sistema acusa alertas, e o relé é ligado, é possível perceber o estado em que se encontra o dispositivo, por um *LED* que acende quando está ligado, como mostra a figura 42.

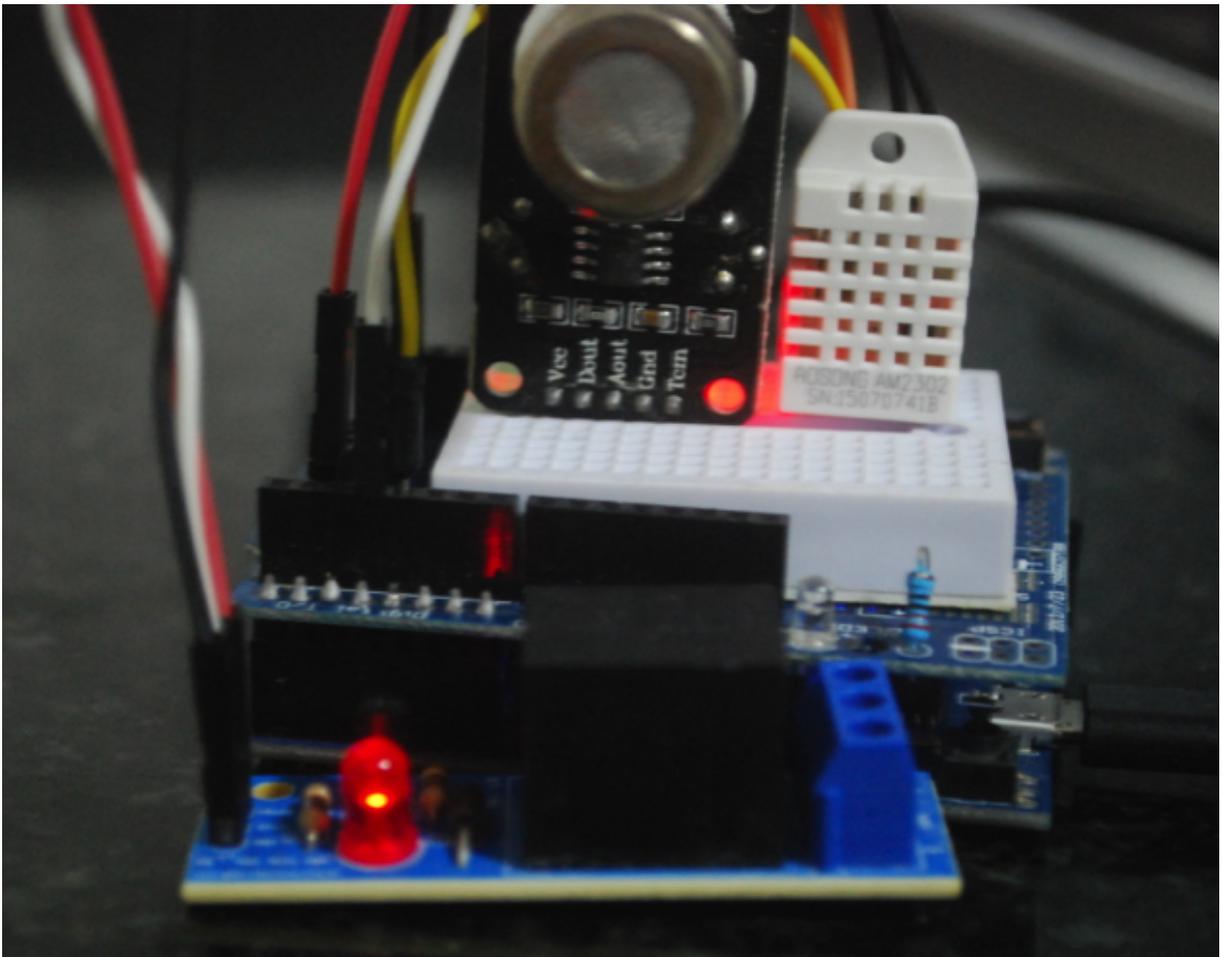


Figura 42 - LED aceso sinalizando o relé ligado.

Como a aplicação coleta dados do ambiente continuamente, o alarme a tela de controle e o *LED* permanecem atualizados até o instante que o parâmetros, neste caso a umidade e temperatura, voltem a figurar dentro dos níveis aceitáveis, quando são desligados.

O experimento de controle manual do relé é importante e necessário para a completude desse trabalho, pois como existe o monitoramento contínuo, há situações que se torna oportuno o acionamento de um dispositivo para evitar uma situação de alarme.

A tela de controle de relé, apresentada na figura 42, foi acionada para averiguar a efetividade da aplicação quando colocada em conflito entre suas formas de controle, manual e automática. Uma vez que não houve um alerta efetivo e o relé não foi acionado automaticamente, foi acionado de maneira manual e mesmo que a haja a tentativa de desligamento do relé, este permanece com o estado ligado, até o que usuário desligue o relé, retornando assim ao modo automático.



Figura 42 - Tela demonstrando o relé ligado.

4.1 DISCUSSÃO

No presente estudo foi desenvolvido um método para solução baseada em um sistema automatizado que utilizou uma infraestrutura tecnológica, através de uma arquitetura de uma plataforma *WEB*, para permitir a consulta dos dados registrados. As informações cadastradas podem ser visualizadas em qualquer dispositivo com acesso à *internet*, desde que se utilize um navegador *WEB*.

O estudo implementou diversas etapas para ser realizado e as principais foram:

- a) Levantamento das necessidades em campo

- b) Viabilidade e escolha dos componentes eletrônicos
- c) Estudo de viabilidade da arquitetura
- d) Preparação do ambiente de desenvolvimento
- e) Desenvolvimento da Aplicação
- f) Teste dos equipamentos (sensores, atuadores e microcontroladores)
- g) Implantação dos sensores em campo
- h) Ajustes
- i) Monitoramento das ocorrências
- j) Ação automática do atuador
- k) Ação manual do atuador

A pesquisa teve seu início a partir da constatação de dificuldade técnica na aferição do CO₂, Umidade e Temperatura de modo simultâneo em ambiente controlados, tais como estufas ou fornos industriais. Hoje em dia o mercado não oferece uma solução integrada capaz de controlar de forma simples esses três índices que afetam diretamente a qualidade e quantidade da produção, além do monitoramento ambiental com ações via *internet*.

Os primeiros desafios superados foram a falta de equipamentos a um custo acessível e a ausência de *softwares* de monitoramento e controle automatizado. Especialmente em caso de variação de valores além da faixa desejada pelo produtor para o ambiente controlado.

A partir da análise bibliográfica, pesquisa de campo e reflexão sobre as soluções para as questões, foram definidas cinco funcionalidades para o sistema:

- a) Leitura dos sensores
- b) Acionamento do atuador (relé) de forma automática ou manual
- c) Comunicação do sistema via *internet*
- d) Exibição das informações coletadas em um painel
- e) Emissão de alertas pelo sistema quando os valores limites são superados

A prototipagem utilizou sensores (para aferir níveis de CO₂ e temperatura), que estavam ligados à placa do microcontrolador ESP8266, por portas *GPIO*(*General Porpose Input Output*). Em uma fase embrionária, o protótipo contou com o sensor MHZ-14a para a medição de CO₂. Porém, com a incompatibilidade apresentada com a placa *Wemos* (que permite a integração com uma rede wireless)

e a alta complexidade do código para obter os níveis de gás carbônico, essa placa foi substituída por uma MG811.

Além de possuir a arquitetura adequada para o experimento, o sensor ainda utiliza uma leitura de infravermelho não dispersivo. Na prática, isso significa que ele não interfere elementos externos, como a temperatura e umidade (que também são essenciais para o cultivo).

Todas as funcionalidades da aplicação exigiram programação na linguagem C. Com o apoio das linguagens *PHP* e *SQL*, as informações são empacotadas e encaminhadas para o endereço do servidor, via rede sem fio e utilizando o método *GET*.

Dentro do servidor, os dados passam por um programa que combina as comandos de *PHP*(*Hypertext Preprocessor*) e *SQL*(*Structured Query Language*), que armazena os novos registros nas tabelas para posterior consulta. O mesmo código pode gerar diversos tipos de alertas.

Para configurar o banco, foram criadas as melhores práticas atuais de desenvolvimento e segurança na recuperação de dados. Já pensando na segurança da informação, foi desenvolvida uma tela de autenticação de usuário (usuário e senha)

O painel de controles do sistema possui diversas funcionalidades com quadros, avisos, telas e gráficos que permitem o amplo controle dos dados registrados. Os gráficos, por exemplo, coletam as informações, as sintetizam e geram um histórico visual dos dados. Além de facilitar a compreensão, o diagrama sumariza as médias das leituras compreendidas em um determinado período. A função da funcionalidade é permitir que o usuário visualize e consulte o momento exato em que o ambiente sofreu alguma variação, apropriada ou não.

Cabe um destaque para as funcionalidades de ativação ou desativação do relé, que pode acontecer de forma manual ou automática.

Na forma do controle manual a solução desenvolvida oferece o benefício de uma tomada de decisão por parte do administrador ambiente, que pode através dos gráficos da aplicação perceber uma tendência de um determinado valor, em direção ao desequilíbrio do ambiente, acionar o atuador de forma remota pela aplicação, evitando assim uma variação que pode não ser benéfica para o local monitorado.

Ainda é disposta a opção de controle automático onde o sistema aciona o atuador ao momento que o sistema registra o primeiro abaixo dos valores limites

inferiores ou acima dos valores limites superiores, colocando em funcionamento equipamentos que restaurem as características necessárias para meio monitorado.

Uma vez acionado automaticamente pela aplicação o atuador permanece ligado até que o sistema volte a receber dados dos sensores que estejam dentro da faixa limitada pelo administrador.

5. CONCLUSÕES

O princípio de automação através da engenharia realizando monitoramento de ambiente por meio da tecnologia aumenta da eficiência do processo produtivo e reduz a necessidade intervenção humana no local monitorado eliminando a necessidade de medir pessoalmente os índices desejados ou fazer comparações manuais com os níveis apresentados na leitura anteriores.

Automatizar contempla, ainda, uma alternativa diferenciada para registrar, armazenar e visualizar os dados históricos produzidos ao longo de um determinado período. Os dados coletados são transformados em componentes gráficos auxiliando a interpretação, bem como a demonstração dos valores medidos no ambiente monitorado, em tempo real e de maneira intuitiva.

O processo automático de medição e monitoramento de elementos requer uma retaguarda operacional preparada para gerenciar sensores. Também é fundamental sensores calibrados, que devem emitir dados precisos. Ainda é parte da automação permitir que todas as informações mensuradas possibilite uma e consultadas a qualquer momento.

Na prática, a solução desenvolvida apresentou rápido tempo de resposta a incidentes ocorridos derivados de alterações na temperatura, umidade ou CO₂. A combinação configurável do sistema partir de uma série de parâmetros e configurações, que podem ser definidas para todo e qualquer sensores disponíveis no ambiente.

O presente estudo uniu algumas teorias de automação e as melhores práticas de programação para a elaboração de um sistema que conta com uma *software* e um protótipo com sensores de temperatura umidade e CO₂. A principal finalidade da arquitetura desenhada é propor uma solução integrada que otimize a forma de acompanhamento do ambiente proporcionando um controle automático e configurável de acordo com a necessidade do local monitorado. A proposta de um sistema disponível na *internet* permite a consulta remota dos índices mensurados, a partir de qualquer dispositivo com acesso à *internet* e um navegador *WEB*.

A aplicação oferece um painel de controle capaz de exibir as funcionalidades e informações. O painel tem a função de auxiliar o usuário a explorar os recursos visuais do sistema de maneira rápida e centralizada. Entre esses recursos, está a captação do histórico das leituras realizadas pelos leitores, com a temperatura,

umidade e Dióxido de Carbono (CO₂), levantamento das informações gráficas e a média das leituras realizadas. Também é possível constatar o valor da última leitura realizada pelo sensor, que analisa se o índice está dentro dos limites pré-configurados pelo próprio usuário.

A partir destes valores, conforme visto nos resultados, o sistema apresentou o comportamento esperado. Especialmente quando os níveis medidos pelos sensores estavam acima ou abaixo dos valores parametrizados. Nestes momentos, o sistema emitiu os alertas correspondentes, bem como acionou de forma automática o relé quando necessário e desliga quando os valores medidos voltaram a operar dentro da faixa considerada adequada para o ambiente. Em posse dessas informações, o usuário conseguiu identificar o problema, entender a situação e realizar uma ação para reverter o problema. Tudo isso em um curto período de tempo.

Dependendo da configuração de alerta, é possível escolher pela variação de um ou mais sensores, combinando as opções disponíveis, dentro do próprio sistema. É o caso, por exemplo, do relé. Com o apoio de uma funcionalidade específica, o próprio usuário pode ativar ou desativar o relé através do próprio painel de controle. Portanto, com o apoio do sistema, foi possível controlar de forma satisfatória os indicadores elencados para o ambiente, de acordo com as necessidades e entendimento do usuário.

Esta pesquisa identificou algumas possíveis contribuições futuras capazes de aperfeiçoar o processo de criação de um possível novo protótipo. A arquitetura desenvolvida neste projeto depende de configurações específicas para que a solução envie os dados para a *internet*. Dessa forma, o microcontrolador necessita de uma configuração de acesso à rede sem fio do local que será monitorado, tendo uma relação um conjunto de sensores para um microcontrolador. Sendo assim, caso seja necessária a cobertura de uma área muito grande um microcontrolador não será suficiente para a medição correta.

Diante desse cenário, espera-se que um possível novo protótipo explore a capacidade de um microcontrolador capaz de prover o roteamento por meio dos próprios dispositivos. Na prática, isso significaria mais facilidade no momento de montar a infraestrutura e enviar os dados. Outra sugestão de pesquisa futura é a de um protótipo que possua autonomia na geração de energia.

REFERÊNCIAS

- ABIQUIM Disponível em <<http://www.abiquim.org.br/pdf/RelatAbiquimHome.pdf>> acessado em 07/06/2017
- AGUIRRE, L. A. **Fundamentos de Instrumentação** - São Paulo : Pearson Education do Brasil, 2013.
- BALBINOT, A., VALNER J.B. **Instrumentação e fundamentos de medidas** - 2.ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2011.
- BENTO, E. J. **Desenvolvimento Web com PHP e MySQL** - São Paulo : Casa do Código, 2013
- BHUYAN, M. **Instrumentação inteligente: princípios e aplicações** - 1. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2013.
- DEITEL, P. J. **Ajax, Rich Internet Applications e desenvolvimento WEB para Programadores** - São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2008.
- GOLNARAGHI, M. F., KUO B. C. **Sistemas de controle automático** - 9.ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2012.
- FERNANDES FILHO, G. E. F. **Comandos elétricos** - 1. ed. - São Paulo: Érica, 2014
- FILIFELOP Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-378694-modulo-rele-5v-1-canal.html?ct=41d96&p=4&s=1>> acessado em 30/11/2016
- FRANCHI, C. M. **Instrumentação de Processos Industriais - Princípios e Aplicações** - 1. ed. - São Paulo : Érica, 2015.
- GROOVER, M. **Automação industrial e sistemas de manufatura** - 3. ed. - São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- LINKE, P.P. **Controle de Emissões de CO2 na Siderurgia: Estratégias empresariais da ArcelorMittal Tubarão.** Disponível em <<http://www.usp.br/mudarfuturo/cms/wp-content/uploads/08-ArcelorMittal-Controle-de-Emisso%CC%83es-de-CO2-na-Siderurgia.pdf>> acessado em 08/06/2017
- MANZANO, J. A. N. G. **MySQL 5.5 interativo: guia essencial de orientação e desenvolvimento** - 1. ed. - São Paulo : Érica, 2011.
- MILETTO, E. M, BERTAGNOLLI, S. C. **Desenvolvimento de software II: introdução ao desenvolvimento web com HTML, CSS, Javascript e PHP – Dados eletrônicos.** – Porto Alegre: Bookman, 2014.
- RAMARKRISHNAN, R., GEHRKE, J. **Sistemas de gerenciamento de banco de dados** - 3. ed. - Dados eletrônicos. - Porto Alegre : AMGH, 2011.

STEVAN JUNIOR, S. L., ADAMSHUK R. S. **Automação e instrumentação industrial com arduino : teoria e projetos** - 1. ed - São Paulo: Érica, 2015.

WEMOS Disponível em <<https://www.wemos.cc/product/d1.html>> acessado em 15/10/2016