



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL - CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

HUMBERTO PEDRO DA SILVA

**PROTÓTIPO DE MONITORAMENTO DE AMÔNIA PARA
UMA GRANJA UNIVERSITÁRIA**

BANDEIRANTES-PR

2017

HUMBERTO PEDRO DA SILVA

**PROTÓTIPO DE MONITORAMENTO DE AMÔNIA PARA
UMA GRANJA UNIVERSITÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Norte do Paraná para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Me. Carlos Eduardo Ribeiro

BANDEIRANTES-PR

2017

HUMBERTO PEDRO DA SILVA

**PROTÓTIPO DE MONITORAMENTO DE AMÔNIA PARA
UMA GRANJA UNIVERSITÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Norte do Paraná para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Carlos Eduardo Ribeiro
Universidade Estadual do Norte do Paraná
Orientador

Prof. Dr. Bruno Squizato Faiçal
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Prof. Me. Wellington Della Mura
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Bandeirantes-PR, 24 de novembro de 2017

SILVA, HUMBERTO. PEDRO.. **Protótipo de monitoramento de Amônia para uma granja universitária.** 44 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes–PR, 2017.

RESUMO

A Internet das Coisas é um modelo que vem crescendo muito rapidamente e abrangendo diferentes áreas solucionando diferentes problemas, incluindo na produção de alimento que precisa evoluir por causa do aumento populacional mundial. A grande concentração de amônia em galpões de produção de aves é problema que causa prejuízo na produção avícola danos a saúde animal e humana. Visto a gravidade desse problema, esse trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo capaz de fazer o monitoramento da concentração de amônia em um galpão de criação de aves. Além disso o protótipo faz o monitoramento da temperatura e umidade do ambiente, por serem aspectos importantes no desenvolvimento dos animais no aviário. Os componentes utilizados para o desenvolvimento são materiais voltados a prototipação, sendo o sensor responsável pela coleta da concentração de amônia no local, não ideal para um produto final, por apresentar alguns problemas como imperfeição e inconsistência dos dados coletados. A partir desse problema tem-se a opção de escolha de um sensor de captura de amônia de melhor qualidade e de um dispositivo capaz de fazer a calibração correta desse sensor como trabalhos futuros.

Palavras-chave: Internet das Coisas, avicultura, amônia.

ABSTRACT

The Internet of Things is a model that has been growing very rapidly and covering different areas, solving different problems, including in the production of food that needs to evolve because of the world population increase. The great concentration of ammonia in poultry production sheds is a problem that causes damage to poultry production damages to animal and human health. Considering the severity of this problem, this work proposes the development of a prototype capable of monitoring the concentration of ammonia in a poultry house. In addition, the prototype monitors the temperature and humidity of the environment, as they are important aspects in the development of the animals in the aviary. The components used for the development are materials for prototyping, and the sensor is responsible for collecting the ammonia concentration in the site, not ideal for an end product, because it presents some problems such as imperfection and inconsistency of the collected data. From this problem one has the option of choosing a better ammonia capture sensor and a device capable of making the correct calibration of this sensor as future work.

Keywords: Internet of Things, poultry, ammonia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Blocos básicos da IoT | 23 |
| Figura 2 – Esboço do projeto | 30 |
| Figura 3 – Resumo dos recursos do Arduino Mega 2560 | 31 |
| Figura 4 – Atmega 2560 | 32 |
| Figura 5 – Conectores do Arduino Mega 2560 | 32 |
| Figura 6 – MQ-135 | 33 |
| Figura 7 – DHT22 | 33 |
| Figura 8 – ESP8266 | 34 |
| Figura 9 – Módulo para Cartão SD | 35 |
| Figura 10 – Discrepância nos dados | 35 |
| Figura 11 – Discrepância nos dados | 36 |
| Figura 12 – Fluxograma | 37 |
| Figura 13 – Dados obtidos | 38 |
| Figura 14 – Controlada | 38 |
| Figura 15 – Risco 1 | 39 |
| Figura 16 – Risco 2 | 39 |
| Figura 17 – Risco 3 | 40 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Preço dos componentes, valores verificados no dia 20/08/2017 | 30 |
|---|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ARPANET | Advanced Research Projects Agency Network (Agência de Pesquisas em Projetos Avançados) |
| DoS | Denial of Service (Ataques de Negação de Serviços) |
| EPA | U.S. Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) |
| IoT | Internet of Things (Internet das Coisas) |
| MIPS | Microprocessor Without Interlocked Pipeline Stages (Microprocessador sem Estágios Intertravados de Pipeline) |
| NFC | Near Field Communication (Comunicação por Campo de Proximidade) |
| PMW | Pulse-Width Modulation (Modulação por Largura de Pulso) |
| QoS | Quality of Service (Qualidade de serviço) |
| RFID | Radio Frequency Identification (Identificação por radiofrequência) |
| SPI | Serial Peripheral Interface (Interface Periférica Serial) |
| TIC | Tecnologia da Informação e Comunicação |
| WWW | World Wide Web (Rede Mundial de Computadores) |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1 | Justificativa | 18 |
| 1.2 | Objetivos | 18 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 19 |
| 2.1 | Internet das Coisas, definição, importância, motivação e desafios | 19 |
| 2.1.1 | Construção da IoT | 21 |
| 2.2 | Arquitetura IoT | 24 |
| 2.3 | Avicultura e qualidade do ar | 25 |
| 3 | DESENVOLVIMENTO | 29 |
| 3.1 | Arduíno Mega 2560 | 31 |
| 3.2 | MQ-135 | 32 |
| 3.3 | DHT-22 | 33 |
| 3.4 | ESP8266 | 33 |
| 3.5 | Módulo para Cartão SD | 34 |
| 3.6 | Produção do dispositivo | 35 |
| 3.7 | Demonstração dos dados obtidos | 37 |
| 4 | CONCLUSÃO | 41 |
| | REFERÊNCIAS | 43 |

1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) é um modelo no qual objetos que interagem com outros no dia-a-dia estão conectados à Internet trocando informações. Esses objetos chamados de *Smart Objects* podem fornecer serviços igualmente como dispositivos da Internet, um exemplo disso é que um objeto inteligente pode ser um servidor web. Eles armazenam sistemas eletrônicos embarcados que possuem componentes de software, sensores, atuadores, fonte de energia e tecnologia de comunicação que fornece conectividade, possibilitando a troca de informações por meio da rede. Essas tecnologias permitem que esses objetos sejam monitorados e controlados remotamente e possibilita uma integração maior entre sistemas baseados em computadores que também estão na rede e o mundo físico.

Nas muitas áreas em que a Internet das Coisas está implantada, há as *Smart Cities*, que são o emprego eficiente de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como uma ferramenta para melhorar a infraestrutura e serviços da cidade, como consequência podem trazer a melhoria da qualidade de vida. Segundo Ashton [2017] há muitas cidades inteligentes por todo o mundo como Xangai, Singapura, Londres, Oslo, Barcelona e San Francisco.

As *Smart Farms* são a junção da agricultura de precisão e utilização dos sensores e dos equipamentos modernos para impulsionar a qualidade e quantidade da produção agrícola. Com o uso dessas novas tecnologias é possível que o setor agrícola otimize processos e usos de recursos e uso eficiente de terras cultiváveis existentes. A Internet das Coisas pode permitir tudo isso, pode auxiliar no aumento da produção, assim como pode contribuir no nível de qualidade da agricultura.

Na avicultura como na agricultura a IoT tem importância vital na produção mundial de alimentos, a preocupação com a produção de alimentos é crescente e acompanha as perspectivas de aumento populacional. De acordo com o estudo da ONU (Organização das Nações Unidas) em 2013 a população mundial foi de 7,2 bilhões, com projeção de 8,1 bilhões em 2025 e de 9,6 bilhões em 2050, uma diferença de 25%, entre 2013 e 2050. Como a necessidade de produção de alimentos é crescente, qualquer fator que possa diminuir essa produção é prejudicial.

No caso da produção avícola, a amônia que é um gás poluente tóxico sendo ele mais encontrado em altas concentrações no interior das instalações zootécnicas é um problema sério. Esse gás pode causar problemas de saúde tanto para humanos quanto para animais, de acordo com Ritz, Fairchild e Lacy [2009] as concentrações de amoníaco de 50 a 110 ppm (partes por milhão) podem fazer com que o olho humano queimem, rasguem e induzam possíveis riscos para a saúde dos trabalhadores agrícolas. A EPA (*U.S. Environmental*

Protection Agency) definiu padrões de exposição humana a esse gás o que não devem exceder 25 ppm por 8 horas ou 35 ppm por 15 minutos de exposição. As aves também são sensíveis à amônia.

A exposição prolongada a níveis elevados (50 a 100 ppm) pode resultar em ceratoconjuntivite (cegueira) e mesmo a 25 ppm afetam o crescimento das aves. Essas problemas causados pela amônia além de desrespeitar as normas de bem estar animal ainda causa grandes prejuízos financeiros. No experimentos de [Ritz, Fairchild e Lacy \[2009\]](#), mostram que concentrações de 50 ppm de amônia em galpões com 20 mil aves, resultam em perdas de US\$ 450,00, sendo esse valor referente apenas ao peso das aves.

Nesse cenário, a criação de sistemas de Internet das Coisas que sejam capazes de amenizar esse problema a partir do controle da concentração de amônia em galpões de criação de aves podem ter sua relevância.

1.1 Justificativa

A alta concentração de amônia nos galpões de criação de aves é um problema relevante comprovado por diversos estudos. Esse poluente tóxico pode causar problemas de saúde tanto para os seres humanos quanto para as aves, impactando diretamente o bem estar animal a partir da qualidade do ar, como consequência, a produção avícola também é prejudicada. Esses fatores identificados acima servem para justificar esse trabalho.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é monitorar a concentração de amônia de uma granja universitária a partir da criação de um protótipo de um sistema de Internet das Coisas, com o intuito de contribuir para o bem estar animal e humano, aferindo a qualidade do ar no ambiente.

Para atingir o objetivo geral deste trabalho, os seguintes objetivos específicos deverão ser atingidos:

- Compreender os conceitos de IoT;
- Desenvolver o protótipo que capture a concentração de amônia, a temperatura e a umidade do galpão utilizando IoT;
- Testar o dispositivo em campo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica neste trabalho, busca apresentar aspectos relevantes sobre a Internet das Coisas e a Avicultura que são os temas que se interligam neste trabalho. Neste tópico será apresentado conceitos teóricos de cada tema, para maior entendimento e desenvolvimento do projeto.

2.1 Internet das Coisas, definição, importância, motivação e desafios

O termo Internet das Coisas foi abordado inicialmente por Kevin Ashton em 1999 [ASHTON, 2009] e refere-se objetos identificáveis de forma única e suas representações em uma estrutura "na Internet". Esses objetos podem ser qualquer coisa, de grandes edifícios, plantas industriais, aviões, automóveis, máquinas, qualquer tipo de bens, à partes específicas de um sistema maior para seres humanos, animais e plantas. A IoT é um conceito no qual o mundo virtual da informação e da tecnologia se integram perfeitamente com o mundo real das coisas. O mundo real se torna mais acessível a partir de computadores e dispositivos em rede nos cenários cotidianos [UCKELMANN; HARRISON; MICHAHELLES, 2011].

Para entendimento do que é IoT e sua importância, se faz necessário diferenciar Internet de Web (*World Wide Web*). Segundo Evans [2011] a Internet é a camada ou rede física composta por *switches*, roteadores e outros equipamentos e sua função primária é transportar informações de um ponto a outro de forma rápida, confiável e segura. Já a Web é uma camada de aplicativos que operam na Internet. Sua função primária é oferecer uma interface que transforme as informações que fluem pela Internet em algo utilizável.

A Web vem evoluindo durante os anos e [EVANS, 2011] separa essa evolução em quatro etapas:

- A etapa um se refere quando ela foi chamada de ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*). Nessa fase, a Web foi usada em sua grande maioria pelo meio acadêmico para pesquisas. [EVANS, 2011]
- A etapa dois se caracteriza na necessidade de quase todas as empresas de compartilharem informações na Internet para que as pessoas pudessem saber sobre seus produtos e serviços [EVANS, 2011].
- Já a etapa três foi a qual mudou a Web de um patamar de dados estáticos para um de informações transacionais, nas quais produtos e serviços podem ser comprados e

vendidos, assim como era possível oferecer serviços.[EVANS, 2011]

- Essa etapa é a Web "social" ou de "experiência", na qual as empresas como Facebook, Twitter e Groupon se tornaram famosas e lucrativas ao possibilitar que pessoas se comuniquem, conectem e compartilhem informações como textos, fotos e vídeos sobre si mesmos com amigos, família e colegas [EVANS, 2011].

A Internet apesar de estar sempre em desenvolvimento e aprimoramento, em sua essência ela continua fazendo o mesmo para o qual foi projetada inicialmente, e nesse contexto que a Internet das Coisas demonstra sua grande importância. Pois a IoT é a primeira evolução real da Internet, um salto que traz aplicações revolucionárias com potencial para melhorar consideravelmente a forma como as pessoas vivem, aprendem, trabalham e se divertem. A IoT já transformou a Internet com o uso de sensores como: temperatura, pressão, vibração, iluminação, umidade e estresse, permitindo que sejamos mais proativos e menos reativos.[EVANS, 2011]

Desde sua primeira aparição, a Internet das Coisas vem crescendo rapidamente nos últimos anos, em uma pesquisa feita por [ASHTON, 2017] com cerca de 3 mil executivos de todo mundo, em média 59% desses executivos entendem sobre IoT e 79% adotam o uso dela em suas empresas. A maioria das empresas utilizam a Internet das Coisas em serviços de monitoramento e manutenção de equipamentos críticos, alguns exemplos desses equipamentos ou serviços que precisam de manutenção e monitoramento regular são: fotocopiadoras, aquecimento industrial e resfriamento e sistemas ou equipamentos de fabricação, sendo que todos esses itens citados geram lucro pós-venda para as empresas.

Há motivos para a evolução da Internet das Coisas, segundo Sundmaeker et al. [2010] ao conectar objetos com diferentes recursos a uma rede, potencializa-se o surgimento de novas aplicações. Neste sentido, conectar esses objetos à Internet significa criar a Internet das Coisas. Na IoT, os objetos podem prover comunicação entre usuários e dispositivos. Com isto emerge uma nova gama de aplicações, tais como coleta de dados de pacientes e monitoramento de idosos, sensoriamento de ambientes de difícil acesso, aplicações para agricultura e agropecuária entre outras aplicações.

Com essas novas aplicações surgindo, também surge seus desafios, e um dos principais deles é a segurança de um sistema IoT. Segundo Shelby e Bormann [2011] existem pelo menos três grupos de objetivos desejáveis para segurança em IoT, e eles são.

- A confidencialidade, neste objetivo os dados transmitidos podem somente ser escutados e entendidos por elementos participantes da comunicação. Isso significa que qualquer outros elementos não autorizados podem saber que ocorreu comunicação, mas não podem saber o conteúdo desta informação; [SHELBY; BORMANN, 2011];

- A integridade, neste caso, os dados não podem ser alterados por elementos da rede sem devida autorização. O mais comum, é que seja implementado a integridade criptografando as mensagens e as verificando no lado do receptor [SHELBY; BORMANN, 2011];
- A disponibilidade tem como objetivo manter o sistema sempre disponível e seguros contra ataques nocivos. Pode ocorrer que as redes sem fio esteja sujeitas a interferências de comunicação e hackers podem agir nesta vulnerabilidade. Neste caso, o sistema IoT deve ser capaz de identificar e tratar problemas como este para evitar ataques *Denial of Service* (DoS) [SHELBY; BORMANN, 2011].

Além do desafio da segurança dos dados, há também o desafio da precisão destes dados proveniente dos sensores, [KHALEGHI et al., 2013] definem uma classificação partindo de três problemas básicos relativos aos aspectos dos dados:

- A imperfeição, que indica os efeitos causados por tipo de imprecisão ou incerteza nas medidas capturadas pelos sensores. A várias possíveis causas para esse problema, desde a problemas nas leituras devido a falhas de hardware ou calibragem dos sensores, até a fatores externos ao sensor, como do seu posicionamento em locais que adicionam ruídos às suas leituras [KHALEGHI et al., 2013].
- A inconsistência dos dados, que é principalmente causado pelos seguintes fatores: dados fora de sequência, ou seja, esses dados foram armazenados ou temporalmente demarcados de forma diferente da ordem da ocorrência no mundo real. O segundo problema é a presença de valores discrepantes nos dados, são valores que estão bem distantes das demais observações realizadas, causadas por alguma situação anormal ou inesperada. Outro problema são dados conflitantes, quando diferentes sensores medindo um mesmo fenômeno geram dados diferentes, isso poder ocasionar uma dúvida sobre qual sensor seria mais confiável [KHALEGHI et al., 2013].
- E a discrepância, a causa desse problema ocorre principalmente, quando diferentes tipos de sensores são utilizados para coletar dados sobre um mesmo fenômeno. Um exemplo válido para esse problema são, sensores físicos coletando informações sobre o tráfego, comparados com câmeras de monitoramento. Outro exemplo são sensores sociais, que coletam informações dadas por usuários em seus aplicativos móveis [SILVA et al., 2014].

2.1.1 Construção da IoT

Após o entendimento do que é IoT, sua importância, motivação e seus desafios, é necessário uma compreensão de como a Internet das Coisas é construída, e nela possivelmente a unidade básica de hardware apresentará ao menos uma das seguintes caracte-

terísticas i) unidade(s) de processamento; ii) unidade(s) de memória; iii) unidade(s) de comunicação e; iv) unidade(s) de sensor(es) ou atuador(es). Aos dispositivos com essas qualidades é dado o nome de objetos inteligentes (*Smart Objects*). Os objetos, ao estabelecerem comunicação com outros dispositivos, manifestam o conceito de estarem em rede [RUIZ et al., 2004].

A IoT apresenta blocos básicos de construção que são uma combinação de diversas tecnologias que são agregadas no intuito de viabilizar a integração de objetos no ambiente física ao virtual. Segundo Al-Fuqaha et al. [2015] os blocos de construção da IoT são 6 : identificação, sensores ou atuadores, comunicação, computação, serviços e semântica. A identificação é um dos blocos mais importantes, sendo ela responsável pela identificação de objetos, só após a identificação desses objetos que é possível conectá-los a Internet.

Há vários tipos de tecnologias para identificação desses objetos, uma dessas tecnologias é o: RFID que segundo Glover [2007] é a abreviação de *radio frequency identification*, sendo uma tecnologia de identificação que utiliza frequência de rádio ou variações de campo magnético para comunicação entre componentes. O objetivo dessa tecnologia é melhorar a eficiência no rastreamento e localização de produtos, além de oferecer benefícios para quem tenha necessidade de registrar bens físicos. Há também o NFC que é uma extensão do RFID e o endereçamento de IP como outras formas de identificação de objetos.

Sensores ou atuadores são outro bloco de construção, os sensores que coletam informações em um determinado contexto, essas informações podem ser armazenadas em diversos lugares como *data warehouses*, *clouds* ou centro de armazenamento. Já os atuadores são objetos capazes de manipular o ambiente em que estão situados, ou também reagir a partir das informações obtidas.

A comunicação é um bloco importantíssimo, ela é responsável em fazer a conexão dos objetos inteligentes, além disso ela tem uma influência muito grande no consumo de energia dos objetos, esse consumo é um fator muito relevante, pois a energia é um recurso limitado, e a comunicação consome uma parte bastante relevante deste recurso. Alguns exemplos de tecnologias capazes de fazer essa comunicação são: o *WiFi* que significa fidelidade sem fio que nada mais que uma tecnologia de comunicação que não faz uso de cabo. O *Bluetooth* outra tecnologia de transmissão de dados sem fio também pode ser usado na comunicação.

Já a computação é responsável a dar aos objetos inteligentes a capacidade de computar, ela nada mais é que a unidade de processamento. Exemplos de tecnologias responsáveis pela computação são: micro controladores, processadores e FPGAs.

Há diferentes tipos de serviços que a IoT pode prover, alguns deles são [AL-FUQAHA et al., 2015]:

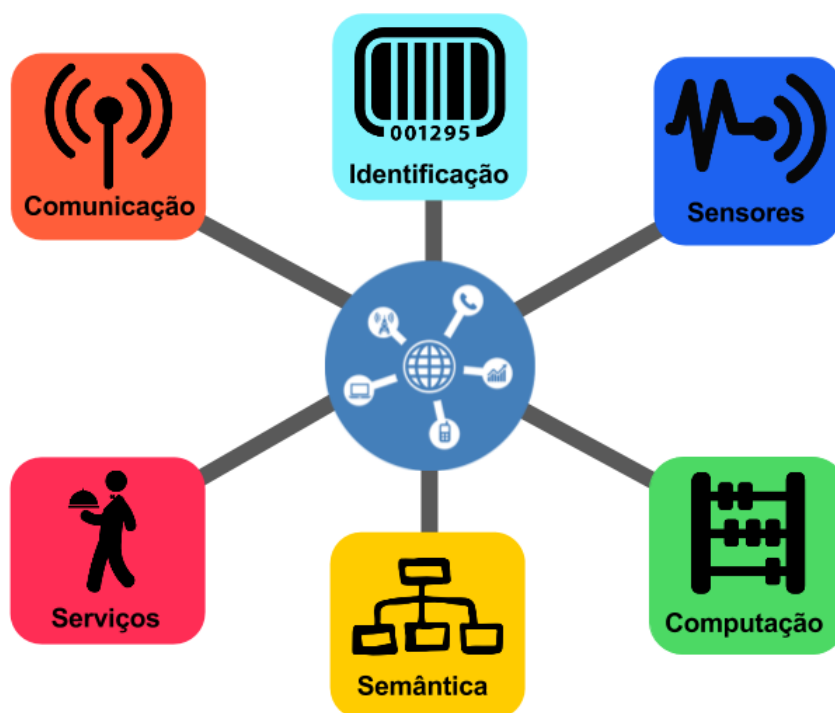


Figura 1 – Blocos básicos da IoT

Adaptada de [SANTOS, 2010]

- Serviços de identificação, que são mais básicos e muito importantes, pois estes serviços facilitam mapear objetos do mundo real e os respectivos objetos do mundo virtual.
- Serviços de agregação de informações, que são a coleta e sintetização de dados brutos obtidos dos objetos inteligentes que precisam ser processados e enviados para as aplicações.
- Serviços de colaboração e inteligência são aqueles que agem sobre os serviços de agregação de informações usando os dados obtidos e processados para tomar decisões e reagir de modo adequado.
- Serviços de ubiquidade que visam prover serviços de colaboração e inteligência em qualquer momento e qualquer lugar em que eles sejam necessários.

Por último há a semântica que é a habilidade de extração de conhecimento da diversidade de objetos na IoT. Ela traz à descoberta e uso inteligente dos recursos, para que seja possível disponibilizar determinado serviço. A semântica também, deve efetuar o reconhecimento e análise dos dados para efetuar a tomada de decisões de forma precisa. Algumas tecnologias que podem ser utilizadas nesse aspecto como: *Resource Description Framework* (RDF), *Web Ontology Language*(OWL) e *Efficient XML Interchange*(EXI).

Após a definição dos blocos de construção da IoT é possível ter um panorama de onde os objetos inteligentes são aplicados, para maior entendimento desses dispositivos será destacado a arquitetura básica desses objetos. Segundo [Ruiz et al. \[2004\]](#), [Loureiro et al. \[2003\]](#) a arquitetura básica dos objetos inteligentes é composta por 4 unidades: processamento/memória, comunicação, energia e sensores/atuadores.

A unidade central de processamento é composta de uma memória interna para armazenamento de dados e programas, um microcontrolador e um conversor analógico-digital para receber sinais dos sensores. As CPUs utilizadas para os dispositivos são, em geral, as mesmas utilizadas em sistemas embarcados e normalmente não possuem um grande poder computacional. Na maioria dos casos existe uma memória externa do tipo flash, que funciona como memória secundária para auxílio, como por exemplo, manter um “log” de dados. Essa unidade de processamento deve conter algumas características essenciais como baixo consumo de energia e ocupar o menor espaço físico possível o [[RUIZ et al., 2004](#); [LOUREIRO et al., 2003](#)].

Há também a unidade de comunicação, a qual possui um canal de comunicação, sendo o meio sem fio o mais utilizado. Neste caso, grande parte das plataformas usam rádio de baixa potência e custo, como consequência, a comunicação é de curto alcance e apresentam perdas frequentes [[RUIZ et al., 2004](#); [LOUREIRO et al., 2003](#)].

Já a fonte de energia é a unidade responsável por fornecer energia aos componentes do objeto inteligente. Frequentemente, a fonte de energia consiste de uma bateria sendo recarregável ou não, e um conversor ac-dc e tem a função de alimentar os componentes. Por outro lado, existem diversas outras fontes de alimentação como energia elétrica, solar e outras [[RUIZ et al., 2004](#); [LOUREIRO et al., 2003](#)].

Os sensores ou atuadores, eles realizam o monitoramento do ambiente em que o objeto está inserido. O sensores são responsáveis por lidar com grandezas físicas como temperatura, umidade, pressão, presença, entre outros. Já os atuadores são dispositivos que produzem movimento, atendendo a comandos que podem ser manuais, elétricos ou mecânicos [[RUIZ et al., 2004](#); [LOUREIRO et al., 2003](#)].

2.2 Arquitetura IoT

Para a construção de um sistema IoT é necessário definir uma arquitetura. Essa arquitetura precisa incluir confiabilidade, qualidade em serviço (QoS), interoperabilidade, escalabilidade, e muito mais. Existem algumas arquiteturas de referência de alto nível para IoT atualmente como: IOT-A, Brillo ou Z-WAVE, que são difíceis de entender por serem muito abstratas. Há também arquiteturas mais simples de serem entendidas que também suprem os itens acima, como a de [[TAN; WANG, 2010](#)] e [[WU et al., 2010](#)] que propuseram uma arquitetura básica para IoT dividida em cinco camadas: percepção,

rede, camada de middleware, aplicação e negócio.

A camada de percepção também é conhecida como camada do dispositivo, essa camada trata da identificação e coleta de informações obtida pelos sensores. A informação coletada é passada para a camada de rede para sua transmissão segura para o sistema de processamento de informações [KHAN et al., 2012].

A camada de rede é responsável pela transferência de forma segura as informações coletada pelos para a informação sistema de processamento. O meio de transmissão pode ser com ou sem fio e a tecnologia pode ser 3G, UMTS, Wifi, Bluetooth, infravermelho, ZigBee, entre outros. Essa camada transfere as informações da camada de percepção para a camada de *Middleware* [KHAN et al., 2012].

Os sistemas IoT implementam diversos tipos de serviços, e a camada de *Middleware* é responsável pelo gerenciamento desses serviços e tem link para o banco de dados. Ela recebe as informações da camada de rede e realiza o processamento de informações e computação ubíqua e toma uma decisão automática com base nos resultados [KHAN et al., 2012].

A camada de aplicação fornece o gerenciamento global do aplicativo com base na informação de objetos processada na camada *Middleware*. E por último temos a camada de negócio, sendo responsável pela gestão do sistema IoT geral, incluindo os aplicativos e serviços. Ela constrói modelos comerciais, gráficos, fluxogramas etc com base nos dados recebidos da aplicação camada. O verdadeiro sucesso da tecnologia IoT também depende dos bons modelos comerciais. Com base no análise de resultados, esta camada ajudará a determinar a ações futuras e estratégias de negócios.

Outra arquitetura para IoT foi proposta por Xu, He e Li [2014], sendo uma arquitetura de quatro camadas: detecção, rede, serviço e interface. Essa arquitetura é muito parecida com a arquitetura proposta por Tan e Wang [2010] e Wu et al. [2010] com poucas diferenças.

A camada de detecção de Xu, He e Li [2014] se equivale a camada de percepção de Tan e Wang [2010] e Wu et al. [2010]. A camada de interface equivale com a camada de aplicação. As duas arquiteturas possuem uma camada de rede com as mesmas características. E a grande diferença é que a camada de serviço de serviço de Xu, He e Li [2014] atribui as funções das camadas de *Middleware* e negócio de Tan e Wang [2010] e Wu et al. [2010]. .

2.3 Avicultura e qualidade do ar

A avicultura brasileira é um exemplo de atividade e de cadeia produtiva de sucesso, sendo um dos setores que mais tem se destacado no campo da produção animal. A

avicultura gera renda, mesmo para pequenos produtores. Segundo Lana et al. [2001] é vantajoso a implantação da avicultura, pois é preciso apenas uma pequena área de terra a ser usada para a implantação da granja, podendo estar localizada em terra fraca e desvalorizada. O ciclo de produção é rápido, dando um bom retorno num período relativamente curto. E para o sucesso nessa área, o bem estar no animal é um aspecto bem relevante a ser considerado, tendo vários itens importantes como alimentação, ambiente térmico, qualidade do ar, entre outros.

O ar é basicamente constituído por quatro gases, tendo 78,09% de nitrogênio, 20,95% de oxigênio, 0,93% de argônio, e 0,03% (ou 300 ppm) de dióxido de carbono (CO₂). Estes quatro gases, formam aproximadamente 99,99% do ar seco normal. Estes estão presentes numa mesma relativa proporção até mesmo quando o ar contém vapor de água, que geralmente está presente numa concentração de 1 a 3% (umidade absoluta) [CURTIS et al., 1983].

O ar é fonte de oxigênio para o metabolismo de qualquer espécie animal, além de ser excelente em dissipar o excesso de calor e de gases que são gerados através dos animais e da decomposição dos dejetos. Todos esses itens que afetam as características normais do ar, aumentando a possibilidade de causar doenças respiratórias aos animais, e por consequência, causando danos ao processo produtivo [MACARI; FURLAN; SILVA, 2001; TINÔCO, 2001].

Muitos gases e vapores são absorvidos pelo muco e quanto mais solúveis forem em água, tanto maior será a absorção no trato respiratório superior. Os principais poluentes liberados pelas excretas são: amônia, dióxido de carbono, metano e sulfito de hidrogênio. Amônia, dióxido de carbono, e hidrogênio sulfídrico são solúveis em água, enquanto o metano é relativamente insolúvel [TODAY, 2002; CURTIS et al., 1983].

De acordo com Curtis et al. [1983], há dois possíveis efeitos que esses gases podem causar estando no ar. Os efeitos primários agem diretamente no trato respiratório, na pele e também nos ossos que estão expostos diretamente ao ambiente. Os efeitos secundários são reações sistemáticas após os gases já serem absorvidos pelo sistema sanguíneo.

Dos gases citados acima, a amônia(NH₃) sendo um dos gases que mais afeta a saúde das aves. A amônia é frequentemente o poluente tóxico mais encontrado em altas concentrações no interior das instalações zootécnicas, sendo sua formação atribuída à decomposição microbiana do ácido úrico dos excrementos [CARLILE, 1984; MACARI; FURLAN; SILVA, 2001]. O gás pode ser identificado por humanos a partir de 10 ppm(partes por milha) [CURTIS et al., 1983].

A amônia é gerada a partir da ação microbiana sobre o urato. O urato é um produto de excreção, derivado do ácido úrico e gerado pelos rins da ave. O processo de liberação da amônia é altamente influenciado pela umidade da cama. Caso a cama esteja

seca, a liberação amônia ocorre com a cama em forma seca, já em cama úmida, a liberação ocorre de maneira mais rápida. Milhares de litros de água por semana fluem nos galpões e são excretados na cama pelas aves. Secar a cama com o ar é a única maneira de eliminar a umidade, a partir de uma ventilação adequada. Se o produtor sentir o cheiro de amônia no galpão, significa que o nível é suficiente para iniciar a estase ciliar. Quando há estase ciliar, a poeira e os patógenos podem facilmente chegar até os pulmões e aos sacos aéreos, ocorrendo á inflamação, ocasionando o início da doença respiratória [CASTRO, 1999].

Segundo Curtis et al. [1983], o gás amônia volatilizado pela cama provoca primeiro, irritação de mucosas dos olhos e das vias respiratórias, e posteriormente, quando cai na corrente sanguínea, tem efeito tóxico sobre o metabolismo fisiológico, ocasionando a diminuição da ingestão alimentar e a redução no ganho de peso, interferindo de um modo geral, no bem estar das aves. A concentração de amônia de 75 a 100 ppm têm reduzido em 15% tanto a produtividade de frangos de corte quanto a produção de ovos em poedeiras [MACARI; FURLAN; SILVA, 2001].

3 DESENVOLVIMENTO

A partir da observação de que a granja universitária da Universidade Estadual do Norte do Paraná não possui um monitoramento da concentração de amônia em seu galpão, e que comprovadamente, a amônia causa mal aos animais criados nela e aos humanos que trabalham no local, surge a oportunidade da criação de um protótipo de um sistema IoT que monitore essa concentração.

O trabalho consiste em desenvolver um dispositivo capaz de capturar a concentração de amônia dentro do galpão, e enviar os dados ao sistema para que o responsável pelo aviário consiga verificar a concentração de amônia em tempo real.

Além disso, o dispositivo também irá captar umidade e temperatura, já que as granjas têm um controle de temperatura e umidade para o crescimento adequado das aves. O aumento de umidade de acordo [Jr e Meijerhof \[1991\]](#) promove uma maior liberação de amônia nos galpões de produção de aves, tornando o monitoramento desse fator ainda mais válido.

Foi definido para o desenvolvimento desse sistema a arquitetura proposta por [\[TAN; WANG, 2010\]](#) e [\[WU et al., 2010\]](#) por ser um arquitetura clara e com suas camadas bem definidas. Além disso, essa arquitetura atende vários requisitos que uma arquitetura de IoT deve conter como: escalabilidade, interoperabilidade e segurança.

A camada de percepção que consiste em objetos físicos e sensores nesse sistema será constituída pelos componentes utilizados nesse trabalho: Arduino Mega 2560, o sensor de amônia MQ-135, o sensor de umidade/temperatura DHT-22, o módulo de WiFi ESP8266 e um módulo para Cartão SD. Além disso ela fará a coleta de informações a partir dos sensores.

A camada de rede fará a transmissão dos dados a partir do ESP8266 para o sistema web que será criado. O sistema por sua vez fará a verificação dos dados disponibilizados pelo o Arduíno por uma página web, transmitida por Wifi, os dados serão tratados pelo sistemas e demonstrados ao usuário a partir dele.

A camada de *Middleware* fará o gerenciamento do serviço oferecido, que é o monitoramento da concentração de amônia no local e também da umidade e temperatura. Ela também é responsável por monitorar essas informações e tomar decisões a partir dela.

Já a partir dos blocos de construção básicos de [Al-Fuqaha et al. \[2015\]](#), o desenvolvimento desse sistema é definido da seguinte forma: o MQ-135 e o DHT-22 são pertencentes ao bloco de construção Sensores/Atuadores, pois esses são sensores que vão coletar a concentração de amônia e a umidade e temperatura respectivamente.

O bloco de comunicação que de acordo com [Al-Fuqaha et al. \[2015\]](#) é responsável em fazer a conexão dos objetos inteligentes tem como componente o ESP8266, que é um módulo responsável pela conexão do microcontrolador a uma conexão Wifi.

O ATmega2560 que é o microcontrolador usado pela placa Arduíno Mega 2560 é pertencente ao bloco de computação que é responsável a dar aos objetos inteligentes a capacidade de computar [[AL-FUQAHA et al., 2015](#)].

O serviço oferecido por esse sistema é o de agregação que de acordo com [Al-Fuqaha et al. \[2015\]](#) são a coleta e sintetização de dados brutos obtidos dos objetos inteligentes que precisam ser processados e enviados para as aplicações. Os blocos de identificação e semântica não são implementados nesse sistema. Após a definição de arquitetura e dos blocos de construção tem-se o esboço do projeto apresentado na figura 2.

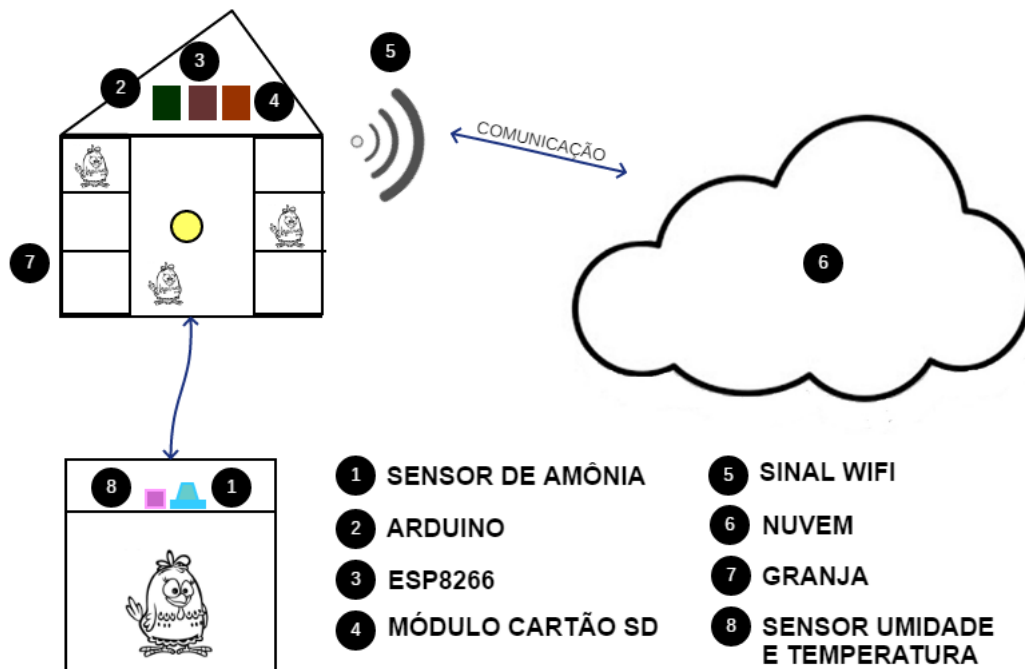


Figura 2 – Esboço do projeto

Para a criação do dispositivo foram escolhidos materiais de baixo custo, por ser um protótipo, esse valores são demonstrados na tabela 1 , os valores são valores no brasil onde os produtos foram comprados.

| Componentes | Preço em Reais |
|-----------------------|----------------|
| Arduíno Mega 2560 | 58,50 |
| MQ-135 | 27,90 |
| DHT-22 | 36,90 |
| ESP8266 | 26,90 |
| Módulo para Cartão SD | 12,80 |

Tabela 1 – Preço dos componentes, valores verificados no dia 20/08/2017

Todos os materiais utilizados serão descritos logo abaixo.

3.1 Arduíno Mega 2560

A placa Arduíno Mega 2560 é uma placa da plataforma Arduíno que possui recursos úteis para prototipagem e outros projetos. Ela é baseada no microcontrolador ATmega2560, possui 54 pinos de entradas e saídas digitais e dentre esses pinos 15 podem ser utilizados como saídas PWM. Também possui 16 entradas analógicas e 4 portas de comunicação serial.

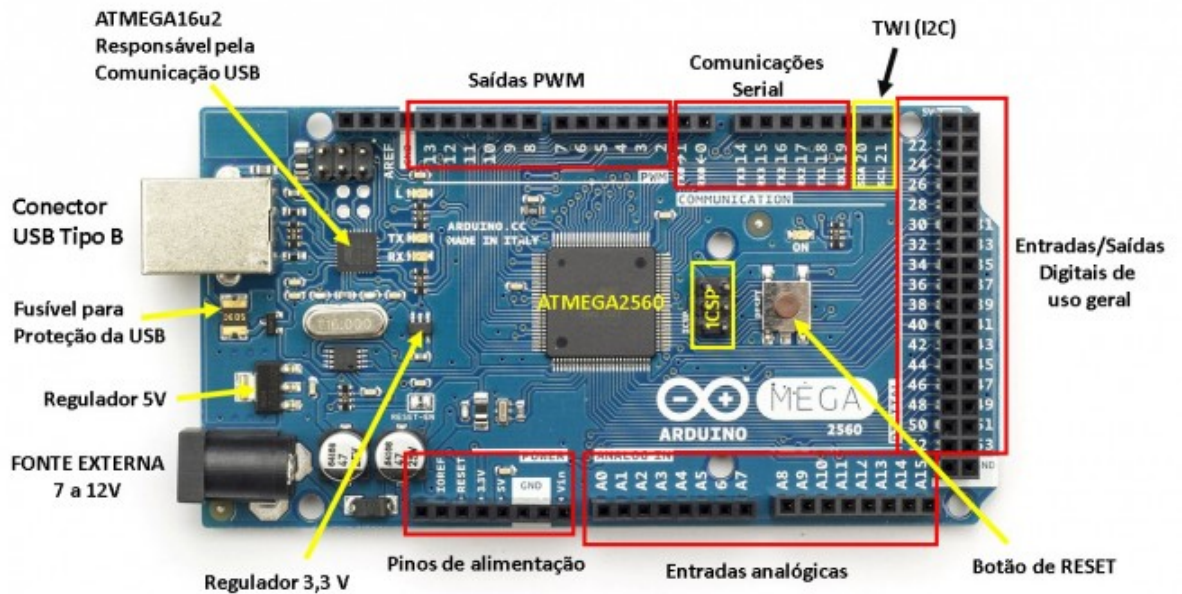


Figura 3 – Resumo dos recursos do Arduíno Mega 2560

Adaptada de [SOUZA, 2014]

A partir dos conceitos de IoT, o Arduíno será responsável pelo processamento a partir do microcontrolador ATmega2560, um microcontrolador de arquitetura RISC avançada de 8 bits. Esse microcontrolador é o mais potente comparado com os ATmega328 e o Arduino UNO. Ele conta com 256 KB de Flash (mais 8 KB são utilizados para o bootloader), 8 KB de RAM e 4 KB de EEPROM. Chega 16 MIPS, operando em 16 MHz. Possui multiplicador por Hardware e diversos periféricos que aumentam as possibilidades

da plataforma Arduino baseada em Atmel ATMEGA, dentre as quais pode-se destacar 4 canais de comunicação serial, 16 entradas analógicas e 15 saídas PWM. Possui ainda comunicação SPI, I2C e 6 pinos de interrupções externas. [SOUZA, 2014]



Figura 4 – Atmega 2560

Adaptada de [SOUZA, 2014]

A alimentação da placa Arduino Mega, como ocorre na Arduino UNO pode ser feita tanto pela USB, como por uma alimentação externa, para a criação do protótipo será usado uma alimentação externa. A figura 5 apresenta os dois conectores.

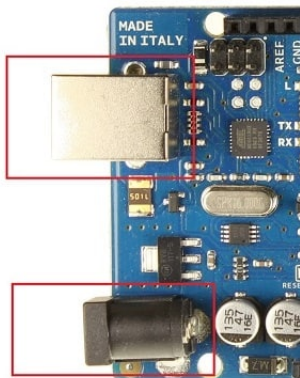


Figura 5 – Conectores do Arduíno Mega 2560

Adaptada de [SOUZA, 2014]

3.2 MQ-135

O Sensor de Gás MQ-135 é um dispositivo de segurança usado para o desenvolvimento de projetos eletrônicos, tendo como funcionalidade a detecção dos gases: Óxido Nítrico, Álcool, Benzeno, Dióxido de Carbono e Fumaça, sendo usado em conjunto com plataformas de prototipagem como Arduino. O gases que o sensor detecta são altamente tóxicos para o seres humanos.

O Sensor de Gás MQ-135 tem capacidade de verificar a concentração de Gás Amônia e Álcool entre 1 ppm a 300 ppm, Gás Benzeno de 1 ppm a 1000 ppm. A figura a seguir mostra o sensor MQ-135.

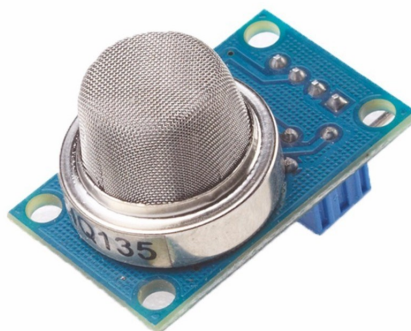


Figura 6 – MQ-135

Adaptada de [MOGI, 2017]

3.3 DHT-22

O Sensor de umidade temperatura DHT22 como o próprio nome sugere é utilizado para medir a temperatura nas escalas de -40 a 125 graus celsius e a umidade do ar nas faixas de 0 a 100%, contando com precisão que varia de 2 a 5%. Ele é ideal para uso por profissionais ou estudantes das áreas tecnológicas, além de oferecer dados confiáveis e estáveis. Possui ainda um elemento resistivo do tipo NTC para realizar a medição da temperatura.



Figura 7 – DHT22

Adaptada de [FLIPFLOP, 2017]

3.4 ESP8266

O ESP8266 é um System on Chip (SoC) de baixo consumo de energia e alto desempenho wireless que está de acordo com o padrão IEEE802.11bgn. Destinado a plataformas móveis, o ESP8266 provê a capacidade de incorporar funções Wi-Fi em outros sistemas a um custo baixo e foi projetado para projetos de mobilidade, eletrônicos vestíveis e a

Internet das Coisas.

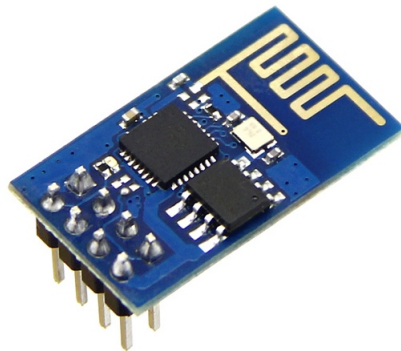


Figura 8 – ESP8266

Adaptada de [FLIPFLOP, 2017]

3.5 Módulo para Cartão SD

Este módulo permite a leitura e escrita em cartão SD, com fácil ligação ao Arduino e outros microcontroladores. Todos os pinos de ligação estão identificados no módulo, que suporta formatos de arquivo FAT16 e FAT32, e alimentação de 3.3V ou 5V.

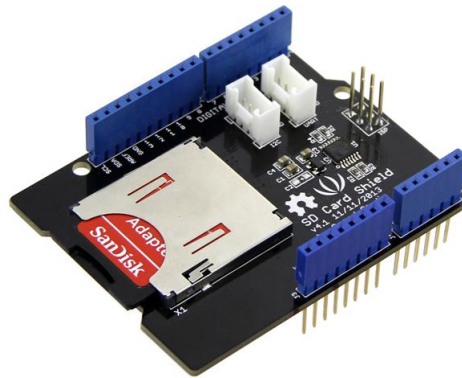


Figura 9 – Módulo para Cartão SD
Adaptada de [FLIPFLOP, 2017]

3.6 Produção do dispositivo

O dispositivo foi construído baseado no diagrama de circuito que é demonstrado na figura 10 .

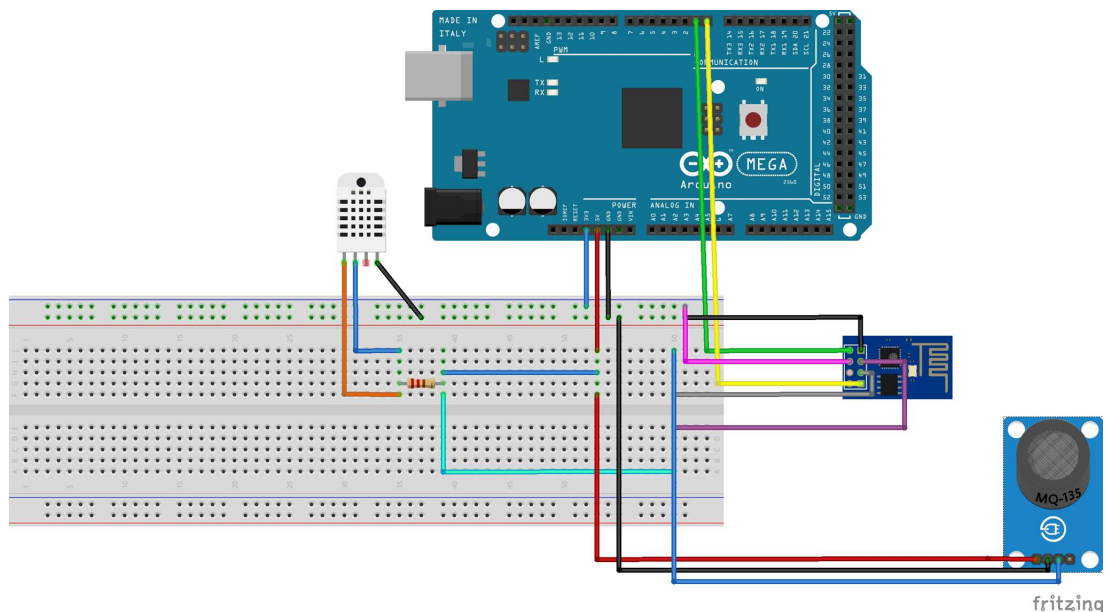


Figura 10 – Discrepância nos dados

A captura da amônia foi a primeira parte feita na produção do dispositivo por ser a parte mais importante, essa tarefa foi dividida em duas partes. A primeira parte foi fazer o sensor MQ-135 verificar a variação de amônia no ar, sendo que primeiramente foi verificado o gás CO₂ pois o sensor mesmo sendo projetado para captar vários gases, é usado na maioria das vezes para a captura de CO₂ já que a sensores específicos para captura de amônia como o MQ-137 com custos mais elevados.

A variação de CO₂ foi verificada a partir da fumaça que foi produzida no ambiente,

desta maneira foi possível verificar que o sensor estava funcionando. O próximo passo foi verificar a variação de amônia no ar, para a produção da mesma foi usado um composto químico chamado hidróxido de amônio que é obtido a partir da reação entre Amônia Anidra (NH_3) e Água, sob pressão e temperatura controladas. Esse composto possui entre 24% e 26% de concentração de amônia, e foi colocado em um recipiente próximo ao sensor para que o mesmo liberasse a amônia no ar.

Para a verificação da variação da concentração da amônia foi usada a biblioteca desenvolvida por Krockner [2014], uma biblioteca para verificar a concentração de dióxido de carbono no ar utilizando o sensor MQ-135. Foram feitas algumas alterações na biblioteca para obtenção de variação de amônia, o valor de concentração do gás na atmosfera foi alterado, pois o valor de concentração do dióxido de carbono na atmosfera é de aproximadamente de 397.13 ppm enquanto que o de amônia é zero. Outros valores que foram substituídos foram os valores de resistência do sensor para calcular o nível de dióxido de carbono que foram substituído pelos de amônia. Foram usados valores de resistência do sensor fornecidos por Empierre [2017].

A verificação de variação da concentração de amônia em ppm foi bem sucedida a partir do sensor MQ-135, no entanto com esse tipo de sensor não é possível fazer a calibração do mesmo sem o uso de um detector de amônia já calibrado. Além disso o MQ-135 pode sofrer variação em suas medições dependendo da umidade e temperatura do ambiente, logo é recomendável que para a produção de um produto final, seja escolhido um sensor mais específico e preciso na detecção de amônia no ar.

Os problemas reconhecidos no uso deste sensor podem ser classificados de 2 em 3 das classificação dos problemas de dados provenientes de sensores de Khaleghi et al. [2013]. O problema de imperfeição que indica imprecisão ou incerteza nas medidas capturadas é identificado na coleta de informações do MQ-135 já que o mesmo não está calibrado.

A inconsistência dos dados que de acordo Khaleghi et al. [2013] pode ser identificada por valores discrepantes também a identificada na coleta de dados desde sensor. A temperatura e umidade do ambiente influencia nas medições do sensor, além disso, o sensor também apresentou dados discrepantes após um longo uso. A figura 11 demonstra os dados discrepantes do sensor.

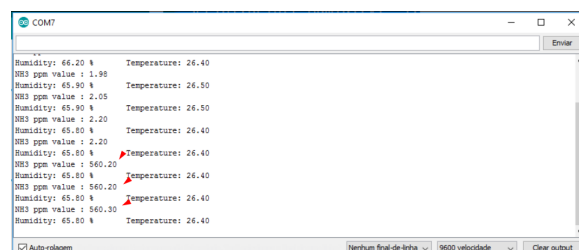


Figura 11 – Discrepância nos dados

O sensor DHT-22 foi eficiente captando valores de temperatura do ambiente com variações entre 1 e 2 graus Celsius comparando com os dados obtidos pelo site <weather.com>. A captura da umidade também teve variações pequenas entre 1% e 2% em comparação ao mesmo site.

Após a verificação do funcionamento dos sensores, o próximo passo capturar e processar os dados obtidos e transmitidos. A figura 12 demonstra como será realizado esse processo.

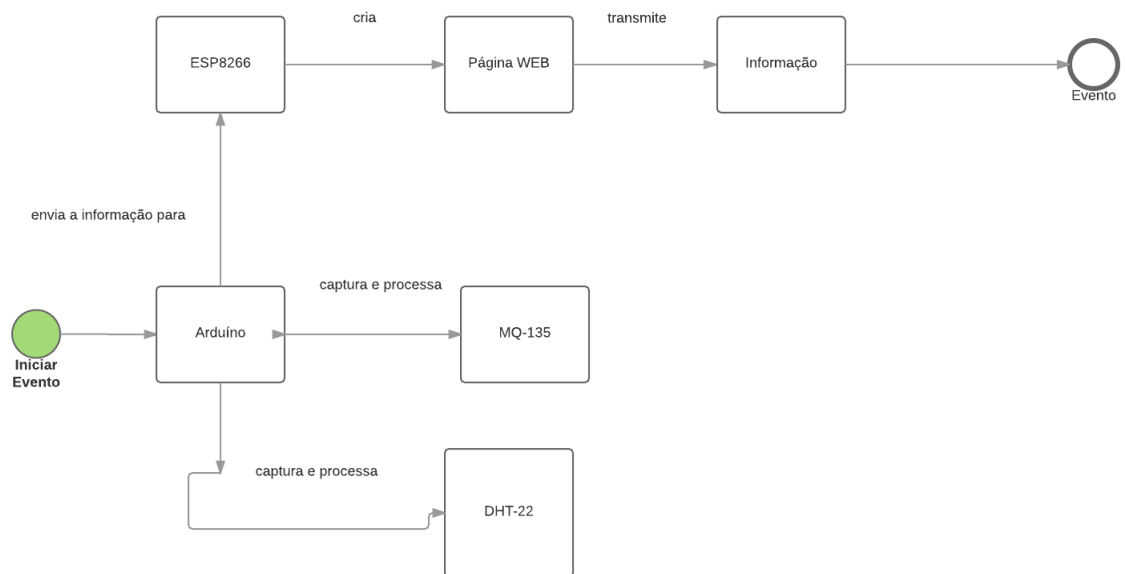


Figura 12 – Fluxograma

O Arduíno captura os dados coletados pelos os sensores e o processa, ele envia esses dados para o ESP8266 onde a informação é transmitida em uma página web criada no próprio ESP8266.

3.7 Demonstração dos dados obtidos

A partir dos dados obtidos pelo sensores e disponibilizados pelo dispositivo a partir de uma página web, pode-se visualizar como os dados são demonstrados pelo sistema a partir da imagem abaixo.

Aplicação fornece avisos ao usuário a partir da concentração de amônia de galpão. Os avisos são definidor entre: 14 e 24 ppm, 25 e 34 ppm, 35 e 49 ppm e acima de 50 ppm.

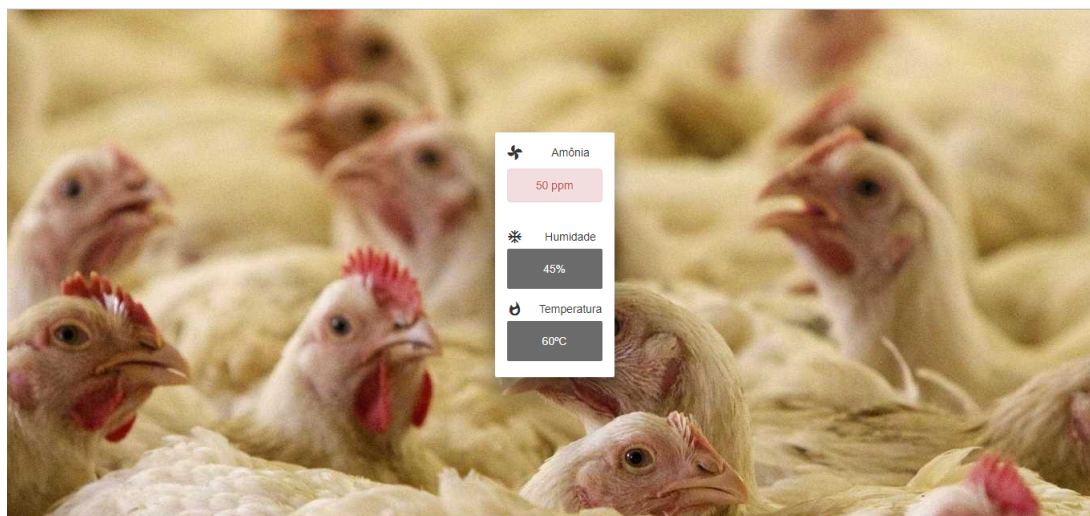


Figura 13 – Dados obtidos

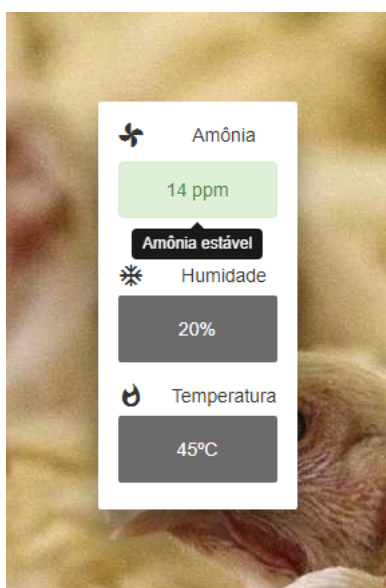


Figura 14 – Controlada

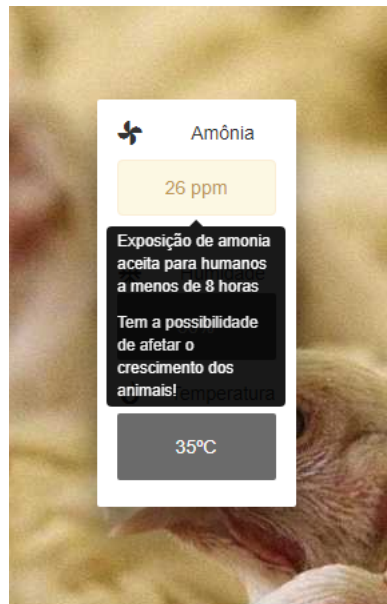


Figura 15 – Risco 1



Figura 16 – Risco 2

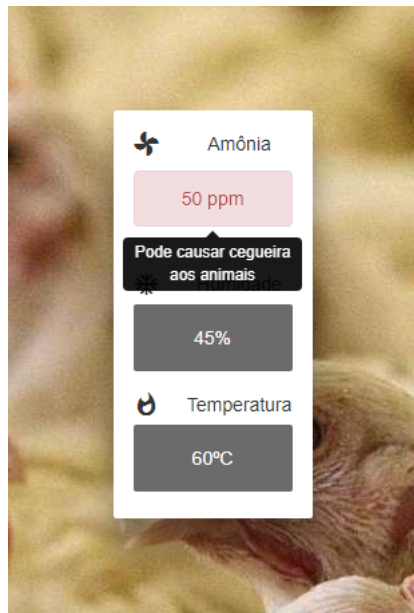


Figura 17 – Risco 3

4 CONCLUSÃO

Com o grande avanço da Internet das Coisas e sua participação crescente no mercado, abre-se um leque para novas aplicações utilizando esse conceito, e a área da avicultura também pode usar a IoT em seu benefício, para o controle de monitoramento de amônia em galpões de produção de frango como ficou explícito neste trabalho.

A partir dos conceitos de IoT, com uso de arquitetura básica de desenvolvimento para aplicações IoT e os blocos básicos, foi possível desenvolver a aplicação a partir dos conceitos estudados. A arquitetura de desenvolvimento escolhida foi de 5 camadas bem definidas, facilitando a elaboração do projeto, sendo isso um diferencial pois muitas arquiteturas das de IoT estudadas são bastante abstrata e difícil de ser entendidas.

O protótipo criado apresentou problemas de inconsistência e discrepância nos dados coletados a partir do sensor MQ-135, sendo um sensor de baixo custo e não específico para captura de amônia. Esses são problemas recorrentes em sistemas que utilizam sensores para a coleta de informações e são tratados como um desafio na área.

Visando trabalhos futuros, a escolha de sensor específico para o monitoramento da amônia como o MQ-137 pode ser uma opção. Além disso, o adquirento de um componente responsável para realizar a calibração precisa desse sensor, tem-se como uma opção válida. Com a captura correta da concentração da amônia o projeto pode se aprimorar de protótipo para um produto comercializável.

REFERÊNCIAS

- AL-FUQAHA, A. et al. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, IEEE, v. 17, n. 4, p. 2347–2376, 2015.
- ASHTON, K. In the real world, things matter more than ideas. *RFID Journal*, 2009.
- ASHTON, K. *Making sense of IoT How the Internet of Things became humanity's nervous system*. [S.l.]: Hewlett Packard Enterprise, 2017.
- CARLILE, F. S. Ammonia in poultry houses: A literature review. *World's Poultry Science Journal*, Cambridge University Press on behalf of World's Poultry Science Association, v. 40, n. 2, p. 99–113, 1984.
- CASTRO, A. Sanidade das aves na fase final: importância do aparelho respiratório. *Simpósio internacional sobre produção de frangos de corte na fase final*, p. 55–60, 1999.
- CURTIS, S. E. et al. *Environmental management in animal agriculture*. [S.l.]: Iowa State University Press, 1983.
- EMPIERRE. *empierre*. 2017. Disponível em: <github.com/empierre/arduino/blob/master/AirQuality-Multiple_Gas_Sensor1_4.ino>.
- EVANS, D. A internet das coisas: como a próxima evolução da internet está mudando tudo. *CISCO IBSG*, 2011.
- FLIPFLOP. *flipflop*. 2017. Disponível em: <<https://www.flipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-esp-01/>>.
- GLOVER, B. H. *Bhatt Fundamentos de RFID*. [S.l.]: Editora ALTA BOOKS. Rio de Janeiro, 2007.
- JR, W. D. W.; MEIJERHOF, R. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens. *Poultry Science*, Oxford University Press Oxford, UK, v. 70, n. 4, p. 746–755, 1991.
- KHALEGHI, B. et al. Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art. *Information Fusion*, Elsevier, v. 14, n. 1, p. 28–44, 2013.
- KHAN, R. et al. Future internet: the internet of things architecture, possible applications and key challenges. In: IEEE. *Frontiers of Information Technology (FIT), 2012 10th International Conference on*. [S.l.], 2012. p. 257–260.
- KROCKER, G. *MQ-135.h*. 2014. Disponível em: <github.com/ckalpha/MQ135/blob/master/MQ135.h>.
- LANA, G. R. Q. et al. Efeito da densidade e de programas de alimentação sobre o desempenho de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, SciELO Brasil, v. 30, n. 4, p. 1258–1265, 2001.

- LOUREIRO, A. A. et al. Redes de sensores sem fio. In: SN. *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC)*. [S.l.], 2003. p. 179–226.
- MACARI, M.; FURLAN, R.; SILVA, I. Ambiência na produção de aves em clima tropical. *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, v. 1, p. 31–87, 2001.
- MOGI, A. *mq135*. 2017. Disponível em: <<http://www.arduinomogi.com.br/pd-3b6d66-mq-135-sensor-de-qualidade-do-ar.html>>.
- RITZ, C. W.; FAIRCHILD, B. D.; LACY, M. P. Litter quality and broiler performance. University of Georgia, 2009.
- RUIZ, L. B. et al. Arquiteturas para redes de sensores sem fio. *Tutorial of the simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos(SBRC)*, 2004.
- SANTOS, B. P. Internet das coisas: da teoria à prática. *Departamento de Ciência da Computação – Instituto de Ciências Exatas Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte, MG – Brasil*, v. 1, n. 1, p. 1–52, 2010.
- SHELBY, Z.; BORMANN, C. *6LoWPAN: The wireless embedded Internet*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011. v. 43.
- SILVA, T. H. et al. Large-scale study of city dynamics and urban social behavior using participatory sensing. *IEEE Wireless Communications*, IEEE, v. 21, n. 1, p. 42–51, 2014.
- SOUZA fabio. *arduino*. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>>.
- SUNDMAEKER, H. et al. Vision and challenges for realising the internet of things. *Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, European Commission*, v. 3, n. 3, p. 34–36, 2010.
- TAN, L.; WANG, N. Future internet: The internet of things. In: IEEE. *Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010 3rd International Conference on*. [S.l.], 2010. v. 5, p. V5–376.
- TINÔCO, I. d. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Revista brasileira de ciência Avícola*, Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2001.
- TODAY, B. *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) Journal*. [S.l.]: Oct, 2002.
- UCKELMANN, D.; HARRISON, M.; MICHAHELLES, F. An architectural approach towards the future internet of things. In: *Architecting the internet of things*. [S.l.]: Springer, 2011. p. 1–24.
- WU, M. et al. Research on the architecture of internet of things. In: IEEE. *Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010 3rd International Conference on*. [S.l.], 2010. v. 5, p. V5–484.
- XU, L. D.; HE, W.; LI, S. Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on industrial informatics*, IEEE, v. 10, n. 4, p. 2233–2243, 2014.