

JAYME DE CAMPOS JUNIOR

**MONITORAMENTO E CONTROLE DA AMÔNIA NO AMBIENTE DE
ALOJAMENTO DE FRANGOS DE CORTE UTILIZANDO O
AEREM NH₃ CONTROLLER**

Botucatu

2021

JAYME DE CAMPOS JUNIOR

**MONITORAMENTO E CONTROLE DA AMÔNIA NO AMBIENTE DE
ALOJAMENTO DE FRANGOS DE CORTE UTILIZANDO O
AEREM NH₃ CONTROLLER**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia – Energia na
Agricultura

Orientadora: Prof^a. Dra. Silvia Regina
Lucas de Souza

Botucatu

2021

C198m	<p>Campos Jr., Jayme de</p> <p>Monitoramento e controle da amônia no ambiente de alojamento de frangos de corte utilizando o Aerem NH3 Controller / Jayme de Campos Jr.. – Botucatu, 2021 123 p.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientadora: Sílvia Regina Lucas de Souza</p> <p>1. Frango de corte. 2. Ambiência. 3. Sistemas de controle supervisório. 4. Internet das coisas. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MONITORAMENTO E CONTROLE DA AMÔNIA NO AMBIENTE DE ALOJAMENTO DE FRANGOS DE CORTE UTILIZANDO O AEREM NH3 CONTRÓLLER

AUTOR: JAYME DE CAMPOS JUNIOR

ORIENTADORA: SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof.ª Dr.ª SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA (Participação Virtual) 
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Prof. Dr. OSVALDO CESAR PINHEIRO DE ALMEIDA (Participação Virtual) 
Análise e Desenvolvimento de Sistemas / Faculdade de Tecnologia de Botucatu

Prof.ª Dr.ª SILVIA ANGÉLICA DOMINGUES DE CARVALHO (Participação Virtual) 
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Botucatu, 11 de novembro de 2021

**A meu pai Jayme de Campos,
minha mãe Setsuko Takenouchi de Campos (Antonieta),
minha esposa Luciana Paula Nunes de Campos,
minha filha Letícia Keiko Nunes de Campos,
dedico**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela capacidade de pensar, de entender, de aprender e de realizar as coisas, a Maria, mãe de Deus e Nossa Mãe por tanta intercessão.

Aos meus pais, Jayme e Setsuko (Antonieta), por terem aceitado o desafio de formar uma família, gerar e educar um filho, me propiciando condições não só financeiras, mas todo apoio, aconselhamentos e puxões de orelha me ensinando a não desistir frente aos percalços e obstáculos, que permitiram que eu chegasse até esse momento

À minha esposa Luciana e à minha filha Letícia, pela paciência e compreensão pelo tempo dedicado à imersão em pesquisa, buscas na internet, compras de componentes e por entender de que o sonho não era tão somente individual.

À mais que orientadora, uma amiga, uma irmã, profa. dra. Sílvia, que soube me cobrar produtividade e entender minhas sumidas por conta do meu trabalho como professor

Aos professores drs. Osvaldo Cesar, Kassandra Oliveira e Sílvia Carvalho por participarem das bancas de qualificação e defesa, contribuindo imensamente com muitas sugestões e conselhos

À profa. Beatriz, então diretora e à profa. Rossana, então coordenadora pedagógica (hoje em funções inversas) da Etec na qual eu atuo como professor por me oferecer uma coordenação de área, permitindo tempo fora da sala de aula para que eu pudesse dar continuidade no desenvolvimento do projeto

Ao amigo de profissão, de aulas do mestrado e de viagens até Botucatu, Joubert, pelas infindáveis discussões tecnológicas, compartilhamento de informação e de componentes eletrônicos.

Ao professor José Benedito – Benão, amigo de profissão e de Etec, pelo apoio em seu laboratório para a calibração do sensor e teste do dispositivo

Aos ex-alunos e hoje amigos, Daniel e Rian, que participaram ativamente no desenvolvimento do sistema - hardware e software.

A todos os professores drs. do programa de PG que dedicam seu tempo e esforços para a formação e aperfeiçoamento dos mestrandos, em especial: Maura, Canepelle, Paulo e Ulisses.

Aos amigos e companheiros que fiz durante as aulas da PG

À equipe da Seção de Pós-Graduação pelo sempre atencioso e acolhedor atendimento e por toda a paciência que tiveram.

E aos amigos-irmãos de fora do mundo acadêmico, pelos momentos de música, risos e vivências extra academia.

"Muitas pessoas sonham com o sucesso. Para mim, o sucesso somente pode ser atingido através de repetidos fracassos e da introspecção. De fato, o sucesso representa aquele 1% de seu trabalho que resulta exclusivamente dos 99% que são chamados de fracassos."

Soichiro Honda. <https://blogdaengenharia.com/secoes/columnistas-blog-da-engenharia/6-fracassados-para-voce-se-inspirar/>

RESUMO

Numa análise, ainda que rápida, da cadeia produtiva do frango de corte, percebe-se que a fase de crescimento e engorda assume um papel importantíssimo, pois do seu sucesso depende o abastecimento de um mercado em franco desenvolvimento e destaque no país e no exterior. A ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal projeta um aumento populacional mundial, atingindo 9,2 bilhões de pessoas em 2050, o que resultará no aumento da demanda por proteína de origem animal, sobretudo as mais acessíveis à população, destacando-se dessa maneira a carne de frango. Para atender esse consumo, mais frangos com peso e idade ideais deverão seguir para o abate, quer seja aumentando o número de aves por metro quadrado de alojamento, quer seja pela expansão do número de criadouros. Porém ambas as situações podem causar impactos negativos ao agronegócio. Dentre esses problemas destaca-se a interferência negativa sobre a ambiência e bem estar animal pela maior emissão de gases nocivos, em decorrência do confinamento das aves em instalações fechadas, fator que aumenta o potencial de intoxicação e favorece o aumento de doenças respiratórias e em consequência o prejuízo no processo produtivo das aves, sendo os mais comuns, o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e a amônia (NH₃), apontada como o principal gás que afeta negativamente as aves bem como os tratadores. Indo além de outros trabalhos que também discorreram sobre este tema, mas limitaram-se apenas à mensuração do nível de amônia, este trabalho propõe um sistema automatizado de monitoramento e controle que, através de sensores de gases, seja realizada a leitura da concentração de NH₃ sendo o valor obtido enviado via internet a um celular smartphone com o aplicativo de controle instalado, para que possam ser acionados remotamente os equipamentos usuais da granja, como ventiladores, aspersores e cortinas, que permitam a dissipação do excesso do gás do ambiente. O sistema apresenta a vantagem de utilizar as tecnologias conhecidas e disponíveis gratuitas ou com valores relativamente baixos, como por exemplo Arduino e Internet das Coisas, que viabilizam a implantação pelos pequenos produtores, o que certamente trará condições de competitividade no mercado.

Palavras-chave: poluentes aéreos; internet das coisas; Arduino; agricultura inteligente; zootecnia de precisão.

ABSTRACT

In an analysis, albeit a quick one, of the broiler production chain, it is clear that the growth and fattening phase plays a very important role, as the supply of a market in rapid development and prominence in the country and abroad depends on its success. The ABPA - Brazilian Association of Animal Protein projects a worldwide population increase, reaching 9.2 billion people in 2050, which will result in an increase in the demand for animal protein, especially those more accessible to the population, thus highlighting the chicken meat. To meet this consumption, more chickens with ideal weight and age should go to slaughter, either by increasing the number of birds per square meter of housing, or by expanding the number of breeding sites. However, both situations can have negative impacts on agribusiness. Among these problems, the negative interference on the environment and animal welfare stands out due to the greater emission of harmful gases, as a result of the confinement of birds in closed facilities, a factor that increases the potential for intoxication and favors the increase of respiratory diseases and as a result the damage to the poultry production process, the most common being carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) and ammonia (NH₃), identified as the main gas that negatively affects birds as well as keepers. Going beyond other works that also addressed this topic, but were limited only to measuring the ammonia level, this work proposes an automated monitoring and control system that, through gas sensors, reads the concentration of NH₃ the value obtained being sent via the internet to a smartphone cell phone with the control application installed, so that the farm's usual equipment, such as fans, sprinklers and curtains, can be remotely activated, allowing the dissipation of excess gas from the environment. The system has the advantage of using known technologies available for free or at relatively low prices, such as Arduino and Internet of Things, which enable small producers to implement them, which will certainly bring competitive conditions to the market.

Keywords: air pollutants; internet of things; Arduino; smart agriculture; precision animal science.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fatores estruturantes	29
Figura 2 – Destino da produção brasileira de carne de frango em 2020	31
Figura 3 – Produção brasileira de carne de frango (milhões ton).....	32
Figura 4 – Exportações Brasileiras de carne de frango – série histórica.....	32
Figura 5 – Exportação em 2020 – comparativos	33
Figura 6 – Exportações brasileiras de carne de frango por produto em 2020	33
Figura 7 – Consumo per capita de carne de frango (kg/hab)	34
Figura 8 – Sistema Integrado de Produção	35
Figura 9 – Estágios da degradação aeróbica do ácido úrico em amônia	43
Figura 10 – Efeito do ambiente sobre o bem-estar animal.....	54
Figura 11 – Ciclo de monitoramento e controle.....	55
Figura 12 – Arduino Nano	60
Figura 13 – ESP8266 ESP-01	62
Figura 14 – Identificando o ESP8266 ESP-01.....	62
Figura 15 – O ciclo do gerenciamento de dados e eventos baseados na nuvem	65
Figura 16 – Gráfico representativo do sinal analógico	66
Figura 17 – Gráfico representativo do sinal digital	67
Figura 18 – Gráfico representativo dos sinais analógico x digital.....	68
Figura 19 – MQ-135 – Sensor de Gás Amônia e outros Gases tóxicos	70
Figura 20 – MQ135 – vista interna	70
Figura 21 – Estrutura e configuração do MQ-135	71
Figura 22 – Composição interna do sensor MQ-135.....	72
Figura 23 – Circuito do sensor	72
Figura 24 – Esquema interno do sensor de gás série MQ	73
Figura 25 – Curva característica de sensibilidade.....	74
Figura 26 – Relação do MQ-135 com temperatura e umidade.....	75
Figura 27 – Face inferior do sensor MQ-135.....	75
Figura 28 – Circuito simplificado do sensor.....	76
Figura 29 – Resistor equivalente (RS + RL).....	77
Figura 30 – Equação da reta.....	79
Figura 31 – Calibração do sensor MQ-135: equação linear	81
Figura 32 – Calibração do sensor MQ-135: equação logarítmica	81

Figura 33 – DHT1 – Sensor de umidade e temperatura	83
Figura 34 – Esquemático do funcionamento do relé.....	84
Figura 35 – Diagrama funcional de um multiplexador digital	85
Figura 36 – Representação do registro de deslocamento	87
Figura 37 – Representação do esquema de comunicação no I2C	87
Figura 38 – Fluxograma do funcionamento do AEREM NH ₃ CONTROLLER.....	89
Figura 39 – Circuito elétrico do projeto simulado no software Proteus	90
Figura 40 – Layout da placa de controle.....	91
Figura 41 – Simulação da placa de controle no software Proteus	92
Figura 42 – Placa de controle.....	93
Figura 43 – Placa de controle com Arduíno.....	93
Figura 44 – Módulo de relés	94
Figura 45 – Placa de controle com módulo de relés.....	95
Figura 46 – Módulo multiplexador.....	96
Figura 47 – Módulo Sd Card com Mini Logger Data Clock.....	97
Figura 48 – Exemplo do uso da IDE Arduíno – ESP_BT.....	98
Figura 49 – Exemplo do uso da IDE Arduíno – ESP8266.....	99
Figura 50 – Tela inicial do aplicativo	100
Figura 51 – Tela de acionamento manual.....	101
Figura 52 – Hidróxido de amônio P.A. rótulo	102
Figura 53 – Hidróxido de amônio P.A. rótulo	103
Figura 54 – Teste do sensor MQ-135	103
Figura 55 – Anteprojeto	104
Figura 56 – ESP32	104
Figura 57 – Leds em destaque	105
Figura 58 – Acionamento via APP.....	105
Figura 59 – Desacionamento via APP	106
Figura 60 – Caixa "case"	106
Figura 61 – Impressão da caixa em 3D	107
Figura 62 – Dispositivo aberto: destaque para o ESP 8266 – ESP 01	108
Figura 63 – Detalhe do ESP 8266 - ESP 01	108
Figura 64 – Teste do protótipo.....	109
Figura 65 – Teste de conexão	109
Figura 66 – Melhoria na tela inicial do APP	111

Figura 67 – Melhoria na tela de acionamento do APP112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Projeções carne de frango	31
Tabela 2 – Limites de referência para a qualidade do ar em instalações para frangos de corte.....	47
Tabela 3 – Efeitos e características de diferentes concentrações de amônia nos sistemas de produção animal	48
Tabela 4 – Limites de tolerância.....	50
Tabela 5 – Partes do sensor MQ-135	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PIB	Produto Interno Bruto
SMD	Surface Mounting Device (Componente Para Montagem em Superfície)
SMT	Surface Mounting Technology (Tecnologia de Montagem em Superfície)
PCI	Placa de Circuito Impresso
WiFi	Wireless Fidelity
HiFi	High Fidelity
RAM	Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório)
USB	Universal Serial Bus (Porta Serial Universal)
PTC	Positive Temperature Coefficient (Coeficiente Positivo de Temperatura)
NTC	Negative Temperature Coefficient (Coeficiente Negativo de Temperatura)
FAWC	Farm Animal Welfare Council
OSHW	Open Source Hardware
OSHWA	Open Source Hardware Association
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
FAT	File Allocation Table (Tabela de Alocação de Arquivos)

LISTA DE SÍMBOLOS

NH ₃	Amônia
%	Porcentagem
RL	Resistor de carga (base)
R _o	Resistência do sensor
R _s	Resistência do sensor
PPM	Partes Por Milhão
Pd	Paládio
Rh	Ródio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	29
2	REVISÃO DE LITERATURA	37
2.1	Ambiência e bem-estar animal	37
2.2	Abrigo animal	39
2.3	Ambiência na avicultura de corte	40
2.4	Ambiência aérea.....	40
2.5	Amônia.....	42
2.6	Amônia: importância da síntese	44
2.7	Amônia no aviário	45
2.8	Cama de frango	45
2.9	Reutilização da cama.....	46
2.10	Concentração de amônia	46
2.11	Condições de insalubridade	49
2.12	Ventilação	50
2.13	Ventilação natural ou espontânea	51
2.14	Ventilação dinâmica.....	52
2.15	Ventilação térmica	52
2.16	Ventilação artificial, mecânica ou forçada	52
2.17	Sistema de pressão negativa ou exaustão	53
2.18	Sistema de pressão positiva ou pressurização.....	53
2.19	Zootecnia de precisão	53
2.20	Avicultura de precisão.....	55
2.21	Instalação do dispositivo no galpão	55
2.22	Norma Brasileira NBR 5410.....	56

2.23	Instalações de baixa tensão	56
2.24	Referências normativas	56
3	MATERIAIS E MÉTODOS	57
3.1	Arduino.....	57
3.2	IDE do Arduino	60
3.3	ESP8266	60
3.4	Internet das Coisas (IOT – Internet Of Things)	62
3.5	Computação em nuvem (Cloud computing)	64
3.6	Agricultura Inteligente (Smart Farming).....	64
3.7	Big Data.....	65
3.8	Sensor	66
3.9	Sensores analógicos.....	66
3.10	Sensores digitais.....	67
3.11	Transdutor.....	68
3.12	Sensor analisador de gases	68
3.13	Sensor MQ-135	69
3.14	Ajuste da sensibilidade: calibração.....	75
3.15	Sensor de temperatura – Termistores	81
3.16	Sensor de temperatura NTC	82
3.17	Sensor DHT11	82
3.18	Relés.....	83
3.19	Multiplexador	84
3.20	Sistema operacional Android	85
3.21	Data Logger.....	85
3.22	Módulo Sd Card com Mini Logger Data Clock.....	85
3.23	Protocolos de comunicação SPI e I2C.....	86

3.24	Protocolo SPI (Serial Peripheral Interface)	86
3.25	Protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit).....	87
3.26	Delimitação dos campos de pesquisa	87
3.27	Atuação do AEREM NH ₃ CONTROLLER	88
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	90
4.1	Simulação do circuito elétrico	90
4.2	Placa de controle	90
4.3	Módulo de relés.....	94
4.4	Módulo multiplexador	95
4.5	Módulo SD Card com Mini Logger Data Clock	96
4.6	Programação IDE Arduíno.....	97
4.7	Aplicativo celular	99
4.8	Tela inicial do aplicativo	100
4.9	Tela de acionamento manual	101
4.10	Testes.....	102
5	CONCLUSÕES	110
	REFERÊNCIAS	113
	ANEXO A – Technical Data MQ-135 gas sensor	120
	ANEXO B – Certificado de Registro de Patente	123

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de frango de corte pode ser considerada como um grande complexo agroindustrial, colocando o Brasil como destaque no comércio exterior, isso graças aos avanços da genética, da nutrição e do manejo.

Historicamente, o agronegócio, setor da economia brasileira, do qual a avicultura de corte é um dos pilares, acumulou avanços significativos desde a segunda metade do século 20, conferindo ao país poder de competição frente às potências mundiais. A agropecuária teve um papel fundamental nesse desenvolvimento, pois o aumento significativo de produtividade levou à diminuição da insegurança alimentar, que pode ser definida em breves palavras como uma situação em que o acesso e a disponibilidade de alimentos não existam ou não sejam suficientes para a população (ABPA, 2021).

Entender a existência, reconhecer a importância e avançar na evolução dos chamados fatores estruturantes – recursos naturais, tecnologia e conhecimento, empreendedorismo rural e coordenação das cadeias de valor, e ainda saber conjugá-los, permitiu que o Brasil, um país que na década de 1960 dependia da importação de alimentos, evoluísse e se tornasse, atualmente em um dos principais produtores e exportadores de produtores agropecuários do mundo (ABPA, 2021).

Figura 1 – Fatores estruturantes



Fonte: ABPA (2021)

De acordo com a análise do mercado de carne realizada em 2020 pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), a produção mundial de carne em 2020 foi próximo a 133,3 milhões de toneladas de carne de frango, volume este que representa um aumento de 1,3% em relação à produção em 2019, apesar da ocorrência da pandemia de Covid-19 e registros de casos de influenza aviária na

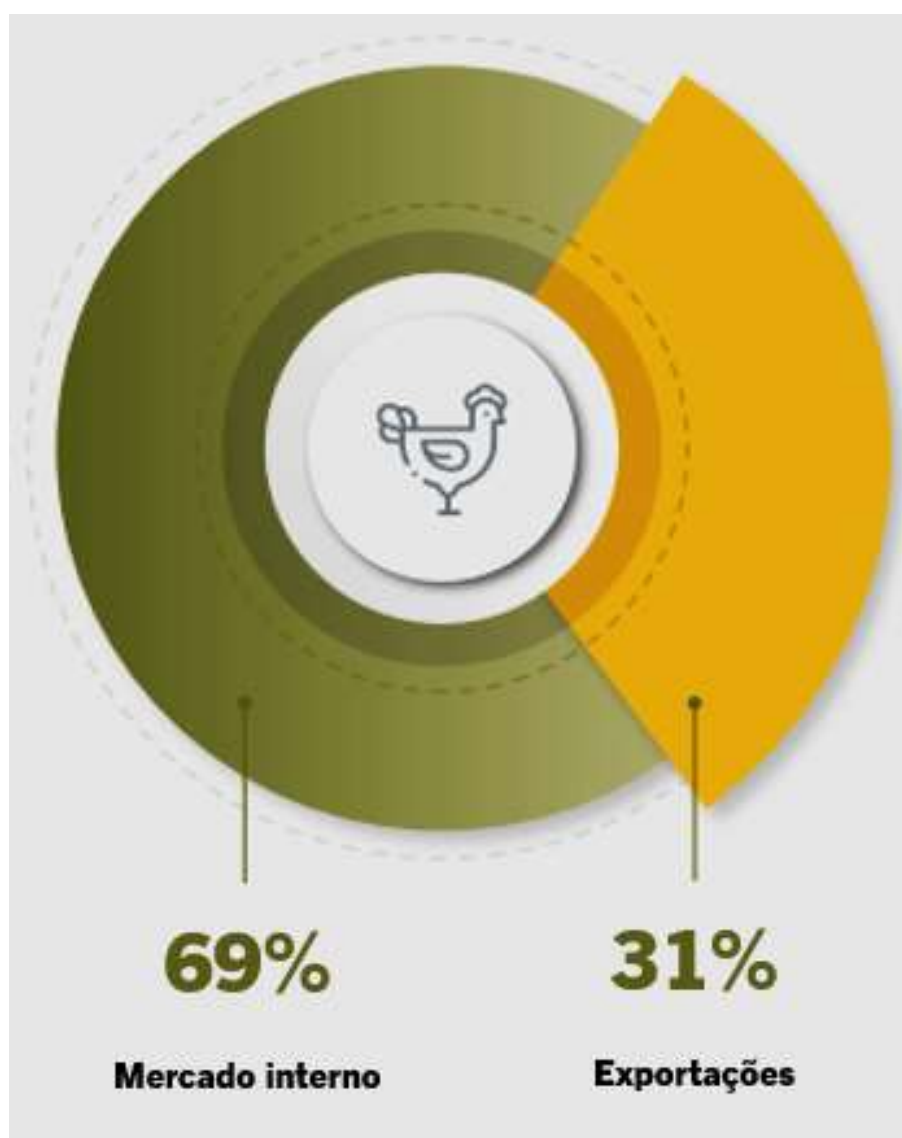
Europa e na Ásia. A acessibilidade relativa à carne de frango e o ciclo de produção mais curto foram dois fatores importantes para que a produção de carne de frango apresentasse esse resultado, superando a produção de carne bovina, que sofreu redução de cerca de 1,5%, ficando em 71,4 milhões de toneladas, e também a produção de carne suína, que recuou pelo segundo ano consecutivo, tendo produzido menos de 110 milhões de toneladas.

A participação do Brasil nesse resultado global deu-se pelo incremento de 1,6% na produção, atingindo estimados 14,3 milhões de toneladas de carne de frango produzidas, mesmo sob um cenário com alguns entraves, como o aumento nos custos dos insumos básicos e as interrupções de mercado, tanto internas quanto externas.

Esse aumento na produção deve-se às importações asiáticas e do Oriente Médio e ao auxílio financeiro do governo federal às famílias devido a pandemia, o que sustentou o poder de compra do consumidor interno (“AviSite,” 2021). Na edição 2021 de seu relatório anual, a Associação Brasileira de Proteína Animal mostra que a produção brasileira de carne de frango em 2019 foi de 13,245 milhões de toneladas e em 2020 foi de 13,850 milhões de toneladas sendo que 69% desse total foi destinado ao mercado interno e 31% a exportações que resultaram numa receita próxima dos 7 bilhões de dólares (ABPA, 2021). Conforme essas projeções realizadas pela ABPA, em 2021 a produção brasileira de carne de frango poderá alcançar 14,350 milhões de toneladas, número 3,5% superior ao registrado em 2020 e para 2022, o volume projetado apresenta um incremento de 4% em relação à 2021, podendo chegar a 14,900 milhões de toneladas.

As exportações de carne de frango apontam para embarques totais na ordem de 4,580 milhões de toneladas, número 8% superior ao alcançado em 2020 que foi de 4,231 milhões de toneladas. Para 2022, as exportações poderão atingir a 4,750 milhões de toneladas, superando em 5% as projeções de exportação para 2021. Ainda de acordo com a ABPA, o consumo de carne de frango no Brasil em 2019 foi próximo a 43 kg/habitante/ano; em 2020 o consumo ultrapassou os 45 kg/habitante/ano e projeta-se para 2021 que o consumo per capita chegue a 46 kg e em 2022, aos 48 kg (ABPA, 2021).

Figura 2 – Destino da produção brasileira de carne de frango em 2020



Fonte: ABPA (2021)

Tabela 1 – Projeções carne de frango

	2020	2021	2022	var. 21/20 (%)	var. 22/21 (%)
Produção (milhões ton)	13,845	14,300 – 14,350	14,700 – 14,900	até 3,5	até 4,0
Exportação (milhões ton)	4,231	4,530 – 4,580	4,650 – 4,750	até 8,0	até 5,0
Disponibilidade (milhões ton)	9,614	9,720 – 9,820	9,950 – 10,250	até 2,0	até 5,5
Per capita (kg)	45,27	até 46	até 48	até 2,0	até 4,0

Fonte: <http://abpa-br.org/abpa-projeta-desempenho-positivo-para-avicultura-e-suinocultura-em-2021-e-2022/>

Figura 3 – Produção brasileira de carne de frango (milhões ton)



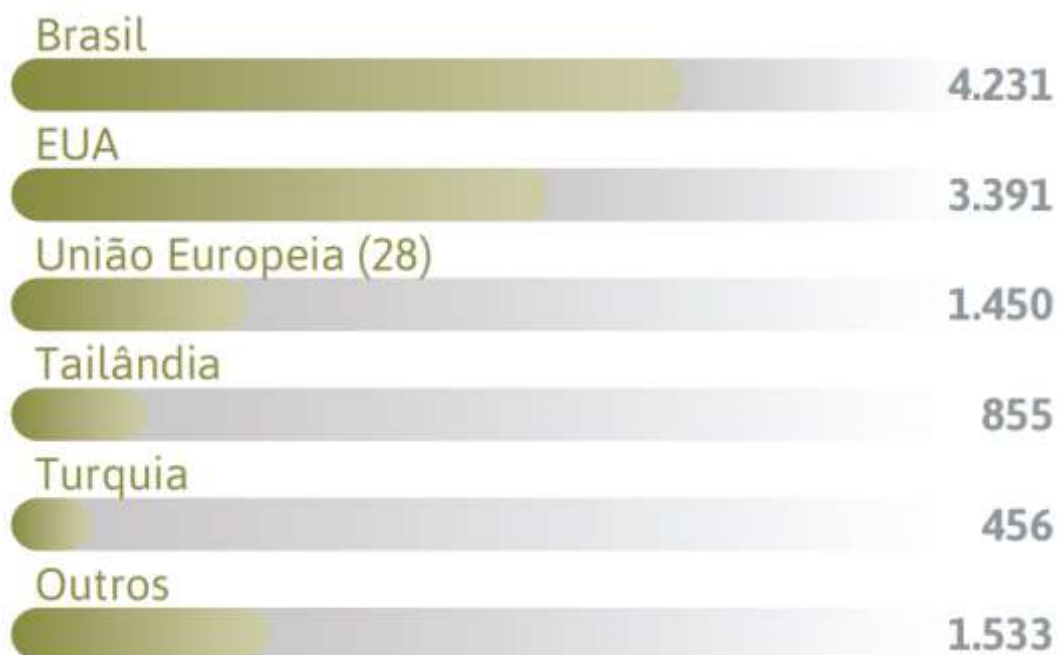
Fonte: ABPA (2021)

Figura 4 – Exportações Brasileiras de carne de frango – série histórica



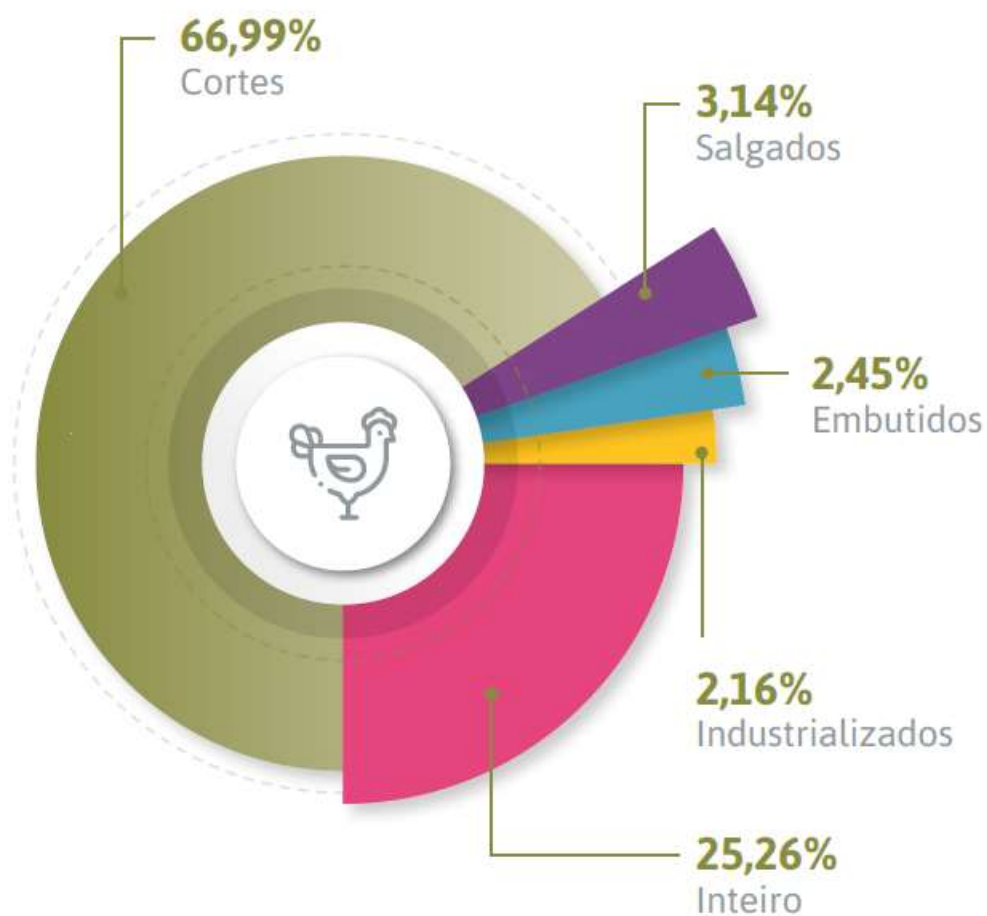
Fonte: ABPA (2021)

Figura 5 – Exportação em 2020 - comparativos

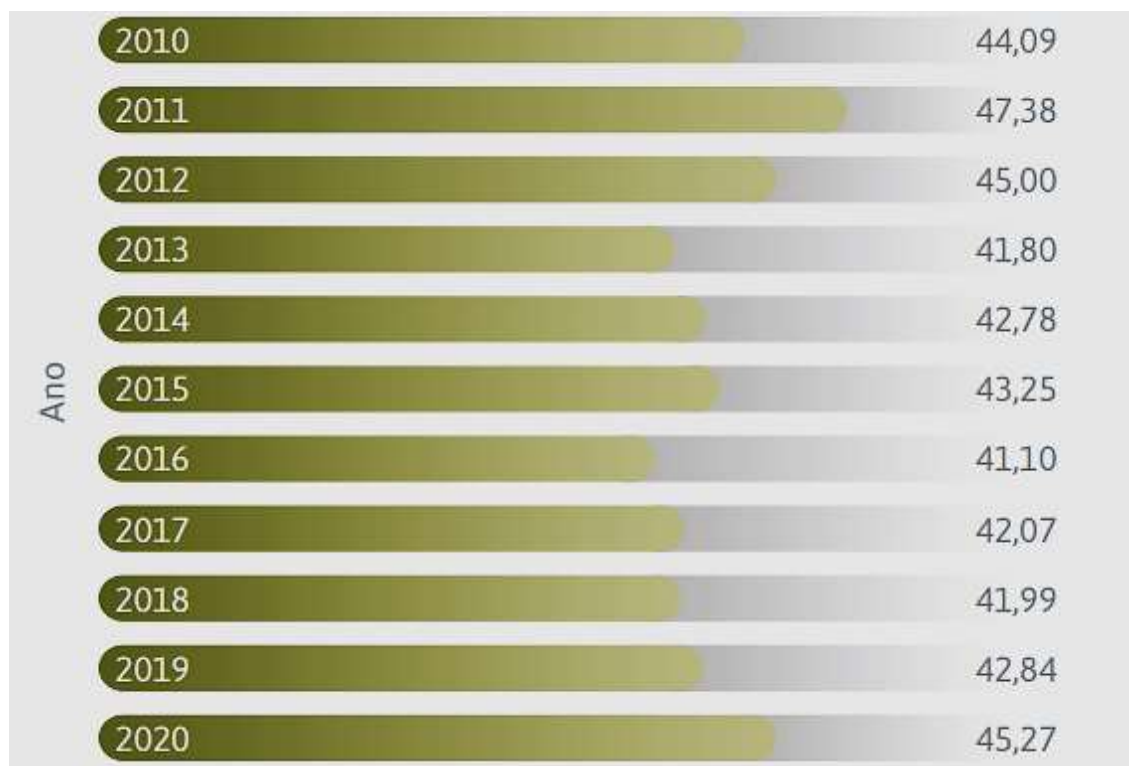


Fonte: ABPA (2021)

Figura 6 – Exportações brasileiras de carne de frango por produto em 2020



Fonte: ABPA (2021)

Figura 7 – Consumo per capita+ de carne de frango (kg/hab)

Fonte: ABPA (2021)

Visando analisar o panorama do setor de proteínas no Brasil com o propósito de delinear o perfil de consumo do brasileiro, a ABPA encomendou uma pesquisa ao Centro de Assessoria e Pesquisa de Mercado – CEAP, que entrevistou 2500 pessoas em todas as regiões do país, englobando todas as classes sociais e diferentes faixas etárias. Entre os resultados da pesquisa pode-se destacar alguns pontos importantes (ABPA, 2021):

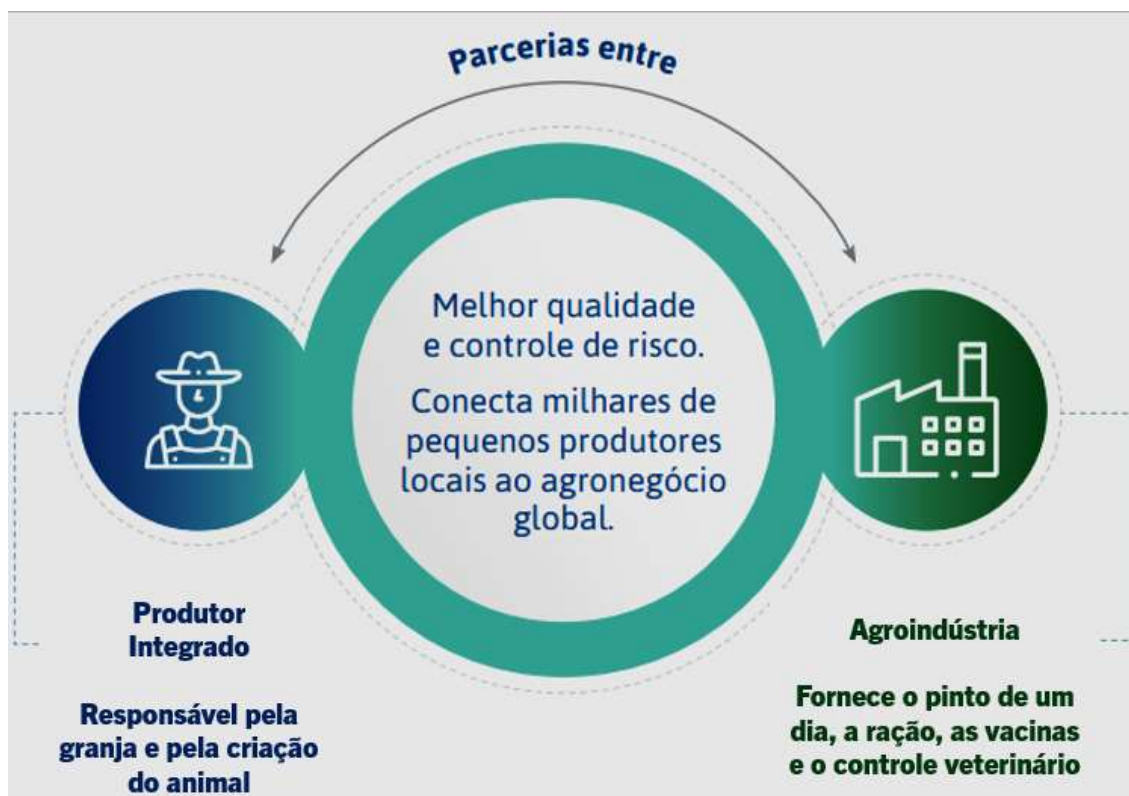
1. 98,5% dos lares brasileiros consomem algum tipo de proteína animal de maneira regular (ABPA, 2021);
2. A carne de frango é consumida igualmente em todas as classes sociais (ABPA, 2021);
3. Mais de 50% da população brasileira declara ter conhecimento de que o Brasil é o maior exportador de carne de frango do mundo (ABPA, 2021);
4. 80% da população brasileira consome carne de frango no mínimo de 2 a 3 vezes por semana (ABPA, 2021).

Ainda segundo a ABPA, a produção e o consumo de carne de frango no Brasil cresceram desde 1970 e continuam em crescimento conforme mostra a ABPA, e

projeta um aumento populacional mundial, atingindo 9,2 bilhões de pessoas em 2050, o que resultará em consequência no aumento do consumo de carne de frango. Na busca de atender essa demanda crescente do consumo de carne de frango, é necessário obviamente produzir cada vez mais frangos, quer seja aumentando a quantidade de criadouros, quer seja expandindo o tamanho dos lotes – aumento da densidade populacional no ambiente, ou seja, alojando mais aves por metro quadrado. Qualquer que seja a opção, incorrerá no aumento na quantidade de carne produzida, porém também teremos acréscimo nos problemas típicos desse sistema de produção.

Para fazer frente a esse desafio o setor avícola adota um modelo produtivo no qual a empresa integradora – agroindústria, oferece insumos e assistência técnica, vacinas e controle veterinário além das aves que serão criadas pelo produtor integrado que se responsabiliza pelo manejo dos frangos e pelo funcionamento da granja. Essa parceria proporciona o controle dos riscos e melhor qualidade e permite o acesso de milhares de pequenos produtores locais ao agronegócio global (ABPA, 2021).

Figura 8 – Sistema Integrado de Produção



Fonte: ABPA (2021)

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de monitoramento e controle com vistas a mensurar e controlar os níveis de gás amônia liberados num ambiente de produção de frangos de corte, no período de 15 a 42 dias de vida das aves. Através do uso de sensores de gases o dispositivo monitora a concentração de NH_3 e envia o valor obtido via internet a um celular smartphone, com aplicativo de controle previamente instalado para que, em resposta a ocorrência de um nível de gás amônia acima do limite tolerável, permita que o responsável pela produção possa acionar remotamente os equipamentos usuais da granja, como ventiladores, aspersores e cortinas, permitindo assim a dissipação do excesso do gás do ambiente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ambiência e bem-estar animal

Quando se busca uma definição no dicionário (“Michaelis,” 2015), encontra-se que Ambiência, é o “meio físico em que vive um animal ou vegetal; meio ambiente”.

O termo ambiência é empregado para definir a “relação bidirecional ambiente-objeto e ao conjunto de fatores capazes de tornar um ambiente mais ou menos agradável” (ALVES, F. V; PORFIRIO-DA-SILVA, V; KARVATTE JUNIOR, 2019).

Ainda, ambiência pode ser entendido como o espaço físico e social no qual vive o animal e tudo o que nele encontra incluído, inclusive o ser humano: é o “ambiente em que vive o animal” (BROOM; MOLENTO, 2004).

Para simplificar o entendimento, Ambiência Animal, estuda os fatores do ambiente e sua influência no animal, ou seja, quais consequências trazem ao animal a eles submetidos, como os químicos (gases e íons), biológicos (bactérias, fungos, endotoxinas), físicos (ruídos, luz, disponibilidade e condições de espaço, equipamentos, enriquecimento ambiental e poeira, que impactará de maneira física e química), sociais (densidade, dominância, comportamento) e os climáticos (temperatura, umidade, radiação solar, vento).

O termo bem-estar “se refere ao estado de um indivíduo em relação ao ambiente e isto pode ser medido” (BROOM; MOLENTO, 2004) citados por (SILVA; MIRANDA, 2009).

Há que se levar em consideração que os animais de produção têm necessidades comportamentais específicas e são capazes de alterar seu comportamento para se adaptarem ao ambiente em que vivem (SILVA; MIRANDA, 2009).

A maioria das tentativas de conceituar o bem-estar animal pelos cientistas, podem ser agrupadas em três questões principais (BECKER, 2006) citado por (SILVA; MIRANDA, 2009):

- “os animais deve sentir-se bem, ou seja, não serem submetidos ao medo, à dor ou estados desagradáveis de forma intensa ou prolongada;” (SILVA; MIRANDA, 2009)
- “os animais devem funcionar bem, no sentido de saúde, crescimento e funcionamento comportamental e fisiológico normal; (SILVA; MIRANDA, 2009)
- “os animais devem levar vidas naturais através do desenvolvimento e do uso de suas adaptações naturais.” (SILVA; MIRANDA, 2009)

Uma outra definição de bem-estar, proposta pelo Farm Animal Welfare Council (FAWC) da Inglaterra considera o que chamam de liberdades inerentes aos animais (SILVA; MIRANDA, 2009), (LIMA, 2011), (CURI, 2014) e (MELLOR, 2016):

- “a liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede)” (SILVA; MIRANDA, 2009), (LIMA, 2011), (CURI, 2014) e (MELLOR, 2016);
- “a liberdade ambiental (edificações adaptadas)” (SILVA; MIRANDA, 2009), (LIMA, 2011), (CURI, 2014) e (MELLOR, 2016);
- “a liberdade sanitária (ausência de doenças e de fraturas)” (SILVA; MIRANDA, 2009), (LIMA, 2011), (CURI, 2014) e (MELLOR, 2016);
- “a liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos normais)” (SILVA; MIRANDA, 2009), (LIMA, 2011), (CURI, 2014) e (MELLOR, 2016);
- “a liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade)” (SILVA; MIRANDA, 2009), (LIMA, 2011), (CURI, 2014) e (MELLOR, 2016).

O Comitê Científico Veterinário para Saúde e Bem-estar Animal em seu relatório publicado em 2009 propôs a combinação de quatro abordagens diferentes para a determinação do bem-estar animal:

- Produtividade: o bem-estar animal será considerado aceitável uma vez que o animal cresça, se reproduza e produza em quantidades ótimas (SILVA; MIRANDA, 2009).
- Saúde e doença: o bem-estar fica comprometido se o animal estiver doente, pois pode ter relação com o sistema de produção adotado. Aspectos como aparência externa e condições de empenamento das

aves são importantes indicadores da saúde e bem-estar, bem como dos sistemas de criação e efeitos do manejo das aves, como condições de alojamento entre outros (SILVA; MIRANDA, 2009).

- Fisiologia: fatores de estresse como clima, mudança de ambiente, ruído, densidade de animais elevada entre outros, podem desencadear alterações fisiológicas indicadoras das condições de saúde e bem-estar, como elevação na taxa cardíaca, mudanças nos hormônios reprodutivos e de crescimento, mudanças neuroquímicas entre outras (SILVA; MIRANDA, 2009).
- Comportamento: como o comportar-se do animal está estreitamente relacionado com o meio em que vive, estudos indicam ser o este um indicativo confiável das condições de saúde e bem-estar. Na prática da etologia, o bem-estar é avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais (BECKER, 2002) citado por (SILVA; MIRANDA, 2009).

A combinação de medidas de comportamento, fisiológicas, injúrias, doenças e do desenvolvimento do animal permitem uma avaliação mais completa sobre o bem-estar animal (BROOM, 1988) citado por (SILVA; MIRANDA, 2009),.

2.2 Abrigo animal

O objetivo principal do abrigo animal é proporcionar o conforto necessário para que possa produzir mais, sendo óbvio que não será medido pela sensação que causa ao ser humano, mas sob a forma de produção ou produtividade. As instalações zootécnicas, serão mais eficientes quanto mais as condições oferecidas aos animais se aproximarem das ideais, e para tanto, alguns fatores devem ser considerados no planejamento e projetos das unidades de criação (NÄÄS, 1989):

- a. Limites no tamanho do lote, visando a segurança contra riscos de contaminação e minimização de mão-de-obra (NÄÄS, 1989);
- b. Desocupação periódica do edifício, prevendo maior controle de limpeza, desinfecção e fumigação (NÄÄS, 1989);
- c. Conhecer os fatores climáticos da região, velocidade do ar e umidade relativa, tendo o foco no controle natural do ambiente, prevendo ventilação natural ou ventilação forçada da edificação (NÄÄS, 1989);

Uma vez satisfeitas essas situações, obter-se-á condições satisfatórias de ambiência e bem-estar animal.

2.3 Ambiência na avicultura de corte

O ambiente no interior das instalações para a produção de frangos afeta e interfere na produção e no bem-estar das aves, devendo portanto serem analisados, controlados e corrigidos se necessário, como o ambiente térmico (temperatura, umidade, velocidade do vento e outros), ambiente acústico (ruídos), ambiente aéreo (gases, poeiras e fungos) e o ambiente social (DA ROCHA et al., 2010).

Os índices bioclimáticos no interior de um galpão de frangos de corte, afetam direta e indiretamente na produção, sobrevivência e no bem-estar das aves, sendo os fatores térmicos os que mais interferem (TINÔCO, 2001), (DA ROCHA et al., 2010).

Assim sendo, implementar um manejo adequado e um controle eficiente do ambiente de produção proporcionará às aves a condição de bem-estar sem que sejam necessárias alterações fisiológicas que possam desperdiçar energia ao invés de seu aproveitamento na produção e conversão (BRANCO, 2017).

As variáveis ambientais principalmente quando combinadas, como temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, taxa de ventilação, concentração de partículas, microrganismos e gases no ambiente interno impactam diretamente na produtividade pois influenciam no consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, entre outros, e por consequência, na qualidade de vida do frango de corte (MOURA et al., 2006) e (BANHAZI et al., 2008) citados por (BRANCO, 2017).

2.4 Ambiência aérea

Para atingir os altos níveis de produtividade e atender à mudança comportamental do consumidor e crescente demanda de consumo de carne de frango, produtores investem no aumento da densidade de animais por metro quadrado nos ambientes de criação, o que facilita a disseminação de doenças infecciosas, sobretudo por comprometer a ambiência aérea (ALCÂNTARA, 2018).

Define-se por ambiência aérea a concentração de poeira e gases. Tão importante quanto os demais tipos de ambiência, quando negligenciada, causa prejuízos significativos na produtividade, pois quando as condições ideais do ar são alteradas por poluentes aéreos, o estresse causado nos animais pode aumentar a incidência de contaminação e o favorecimento do aumento de suscetibilidade a doenças respiratórias (NÄÄS et al., 2007), (MENEGALLI et al., 2009) e (PONCIANO et al., 2011), podendo dessa maneira desencadear grandes prejuízos financeiros à cadeia produtiva avícola (ANDREATTI FILHO, 2006) citado por (ALCÂNTARA, 2018).

Em consequência os estudos na área da qualidade do ar em ambientes de criação animal se intensificaram e por isso houve o aumento na necessidade do controle ambiental, como temperatura, umidade, concentração de gases e taxa de ventilação (MENEGALLI et al., 2009) e (TINÔCO et al., 2010), citados por (BRANCO, 2017).

Alguns parâmetros interferem na qualidade do ar, resultado do aumento da concentração de amônia no ambiente, em consequência da tipologia do aviário, densidade de criação, idade da ave e o manejo da cama de frango entre outros fatores (FURTADO et al., 2010), (MENDES et al., 2012), (CORKERY et al., 2013), (LIMA et al., 2013) citados por (BRANCO, 2017).

O uso da ventilação possibilita a melhora na qualidade do ar dentro do ambiente de produção pela dispersão do calor e da concentração dos gases tóxicos, como a amônia, sendo a ventilação diretamente relacionada com o tipo de aviário utilizado, sendo os mais utilizados:

- a. “Aviário Convencional: aviário aberto, com manejo lateral de cortinas de cor amarela e uso de ventiladores” (BRANCO, 2017);
- b. “Aviário *Blue House*: controle do ambiente interno por meio de acionamento de exaustores e nebulizadores, cortina de cor azul, pressão negativa, sistema de resfriamento pode ser por nebulização ou *pad cooling*” (BRANCO, 2017);
- c. “Aviário *Dark House*: o ambiente interno é controlado por exaustores funcionando em pressão negativa. O sistema de resfriamento pode ser por nebulização ou *pad cooling*. Cortinado prata ou preto nos dois lados para o

controle de luminosidade e o uso de geradores de energia é indispensável” (BRANCO, 2017)

2.5 Amônia

A amônia quando em temperatura ambiente é um gás incolor, de odor extremamente forte, mais leve que o ar, com densidade relativa ao ar de 0,5963, pontos de fusão de $-77,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ e de ebulição $-33,35\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo bastante solúvel em água: a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 1 atmosfera, um volume de água dissolve 702 volumes de amônia e o resultado é uma solução alcalina (FELIX; CARDOSO, 2004).

Por ser o principal gás gerado na avicultura de corte, a amônia é motivo de grande preocupação por parte de produtores e de pesquisadores, devido a sua toxicidade tanto para as aves quanto para o homem, provocando ainda impactos negativos no ambiente, atuando como um gás de efeito estufa (SOUSA et al., 2016).

O nitrogênio é a principal fonte de produção de amônia, e é encontrado na ureia, ácido úrico e as proteínas não digeridas presentes nas rações ricas em aminoácidos, e que posteriormente são excretadas pelas fezes das aves nos galpões das granjas de produção de frangos de corte (VILELA et al., 2019).

Os percentuais de nitrogênio eliminado pelas aves são de cerca de 80% do nitrogênio como ácido úrico, 10% como amônia e 5%, como ureia (DAVID et al., 2015). Em sequência, bactérias e fungos para sintetizar suas próprias proteínas, decompõem o ácido úrico e a ureia, liberando o excesso de nitrogênio na forma de amônio (NH_4^+) ou gás amoníaco (NH_3) (ORO; GUIRRO, 2014). Em condições de pH e de umidade elevados, tais compostos se convertem facilmente em NH_3 , o nitrogênio é volatilizado e perdido para atmosfera, tornando-se desse modo o gás mais nocivo entre os demais gases produzidos nos galpões de frangos de corte.

A amônia resulta portanto, da degradação desses compostos nitrogenados via três reações químicas: degradação do ácido úrico vista na equação (1), ureia na equação (2) e proteínas não digeridas na equação (3) (GROOT KOERKAMP et al., 1998) citados por (BRANCO, 2017).

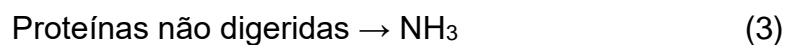
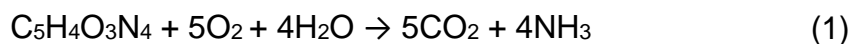
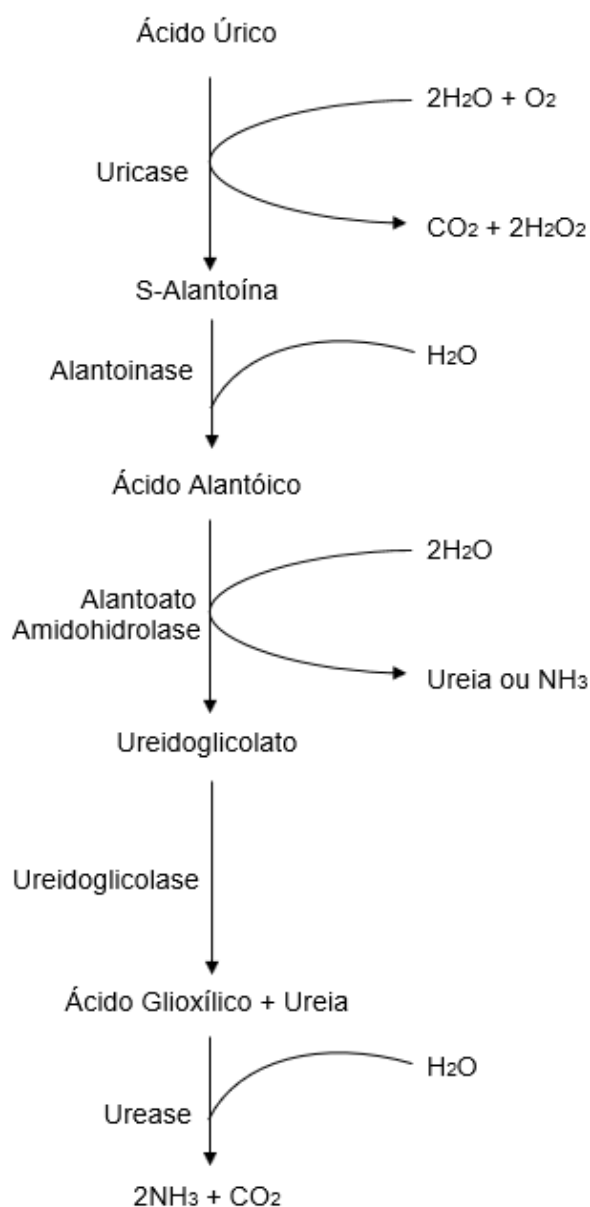


Figura 9 -- Estágios da degradação aeróbica do ácido úrico em amônia



Fonte: Adaptado de Souza, F. (2018)

Ao volatilizar, a amônia causa a fermentação da cama e como consequência aumenta a concentração de amônia no ambiente, o que a torna prejudicial aos frangos, que complementa explanando que a concentração de amônia é a razão da quantidade de gás e o volume em que esse mesmo gás se encontra dissolvido, sendo

medida em ppm (partes por milhão) (GROOT KOERKAMP et al., 1998) citados por (BRANCO, 2017).

Os produtores tendem a subestimar os efeitos nocivos da amônia, uma vez que o olfato humano pode facilmente detectar concentrações acima de 5 ppm no ambiente (RITZ; FAIRCHILD; LACY M.P., 2009). No entanto, quando a exposição ocorre por períodos prolongados, essa sensibilidade é perdida e pode promover danos que não são percebidos ou identificados a tempo (SOUZA, 2018). Altos níveis de amônia no meio ambiente afetam negativamente a saúde e a produção de animais e trabalhadores (GAY; KNOWLTON, 2011).

Esse prejuízo no processo produtivo tem grande impacto econômico tanto pela ação direta da interação entre o agente patogênico e o animal, como pelo fato de a baixa qualidade do ar ser um fator estressante para o animal (INOUE et al., 2012).

Quanto maiores os lotes, quanto mais aves sendo confinadas, maior será a produção e liberação de amônia ao ambiente interno dos alojamentos dos frangos, tornando-o insalubre, e se não dispersados ao ambiente externo de maneira eficiente, trarão sérios problemas e prejuízos aos produtores. Assim sendo, é de extrema importância não só o monitoramento da emissão do gás amônia, mas também o controle através da atuação na dispersão da amônia, bem como de outros gases tóxicos aos animais e humanos envolvidos no manejo dos animais. Propõe-se nesse trabalho o monitoramento e o controle constante dos níveis da amônia através de um sistema no qual, aplicando-se tecnologia simples e barata, fará a medição da qualidade do ar enviando em tempo real essa informação ao produtor via celular e possibilitando a ação imediata e remota no controle do ambiente, atuando nos equipamentos tradicionais disponíveis na granja, como ventiladores, cortinas e aspersores de água.

2.6 Amônia: importância da síntese

O processo de produção da amônia tem um papel importante na sobrevivência da humanidade. A síntese da amônia a partir do hidrogênio e do nitrogênio utilizando ósmio como catalisador foi apresentada no ano de 1909, em um laboratório da Universidade Técnica de Karlsruhe, por seus desenvolvedores, Fritz Haber e Robert

Le Rossignol a Alwin Mittasch e Julius Kranz, ambos da empresa BASF (Badische Anilin und Soda-Fabrik) (CHAGAS, 2007).

O livro *Enriching the Earth* (SMIL, 2000) destaca a importância desse evento:

Qual seria a mais importante invenção técnica do século XX? Aeroplanos, energia nuclear, vôo espacial, televisão e computadores estão entre as respostas mais comuns. Porém, nenhuma destas invenções teve a fundamental importância da síntese industrial da amônia a partir de seus elementos. O viver das 6 bilhões de pessoas de nosso mundo poderia ser melhor sem o Microsoft Windows e a TV de 600 canais e nem os reatores nucleares ou ônibus espaciais são determinantes críticos do bem-estar humano. Mas a única e mais importante mudança afetando a população mundial - sua expansão de 1,6 bilhões de pessoas em 1900 para os atuais 6 bilhões - não teria sido possível sem a síntese da amônia.

A importância é evidenciada pelo fato de que aproximadamente 80% da produção mundial da amônia é destinada à fabricação de fertilizantes, destacando-se na forma de sais de amônio (nitrato, fosfato, sulfato) e ureia. (CHAGAS, 2007)

2.7 Amônia no aviário

A amônia gerada no ambiente de produção avícola é resultante da decomposição microbiana do ácido úrico dos excrementos sobre a cama, tendo sua liberação influenciada pela umidade da cama, sendo um gás incolor, de forte odor, de extrema nocividade, e pelas características do sistema de produção de aves, gerado em abundância. Quando expostos à amônia, aves e homem, podem apresentar irritação de mucosas dos olhos e das vias respiratórias, e quando na corrente sanguínea, seu efeito sobre o metabolismo fisiológico é altamente tóxico (CURTIS, 1983), (INOUE et al., 2012).

2.8 Cama de frango

Um fator de grande impacto na qualidade e na produtividade do frango de corte e de importância fundamental no manejo dos ambientes de produção avícola – galpões, é a chamada cama de frango, cuja função é a de absorver a umidade, propiciar a diluição de uratos e fezes, fornecer isolamento térmico e proporcionar uma superfície macia às aves, evitando assim a formação de calo no peito e lesões no coxim plantar, no joelho e no peito (HERNANDES; CAZETTA, 2001), ou seja, nas chamadas partes nobres do frango: peito e coxas. Podem ser utilizados diversos materiais como cama de frango: cascas de arroz, de amendoim, maravalha, papel,

etc. sendo importante o manejo adequado desses materiais, visando a prevenção da proliferação de insetos e também o controle do nível de umidade (HERNANDES; CAZETTA; DE MORAES, 2002). A cama é composta predominantemente por água e carbono, menores quantidades de nitrogênio e fósforo e leves traços de cloro, zinco e arsênico (KELLEHER et al., 2002). A composição e as características físicas da cama, porém pode variar e divergir entre aviários, granjas e regiões nas quais estejam instaladas (DAO; ZHANG, 2007). Atribui-se essas variações às diferenças de quantidade e tipo de material utilizado na cama, ao número de lotes produzidos sobre a cama, ao sistema de bebedouros empregado, à quantidade de detritos gerados e ainda aos métodos de limpeza e de armazenamento utilizados.

2.9 Reutilização da cama

Uma prática comumente utilizada com o intuito de minimizar custos é a reutilização da cama na produção do frango de corte, o que leva também ao aumento providencial da quantidade de nutrientes presentes na cama, para ser utilizada posteriormente como biofertilizante na agricultura. Porém a reutilização da cama pode elevar altamente os níveis de amônia no interior dos galpões, atingindo valores de 60 a 100ppm, sendo que o valor recomendado deve estar abaixo de 20ppm. Não existe em termos de lei no Brasil, limite para a exposição à amônia, sendo esses 20ppm adotados pelos exportadores de carne de frango (CAETANO DE ALMEIDA et al., 2016), (NÄÄS et al., 2007), (GLOBALGAP., 2007), considerando que nos sistemas de criação intensiva fechados, os níveis de amônia podem chegar a 50ppm na última semana de produção (MIRAGLIOTTA, 2000), (JONES; WATHES; WEBSTER, 2005). Quando as aves são expostas aos níveis de amônia no ambiente acima dos 60ppm, ficam mais predispostas a doenças respiratórias, aumentam os riscos de infecções secundárias às vacinas e tem os processos fisiológicos de trocas gasosas prejudicados (DE OLIVEIRA et al., 2003). Pode ainda estressar as aves, levando-as à perda de peso, podendo provocar a morte dos frangos (HERNANDES; CAZETTA; DE MORAES, 2002).

2.10 Concentração de amônia

Vários são os fatores de influência na concentração de amônia, dentre eles, espécie, temperatura e taxa de ventilação (HELLICKSON; WALKER, 1983) citados

por (NÃÃS et al., 2007), e mais, tipologia das instalações, fluxo e padrão de circulação do ar (HINZ; LINKE, 1998).

Os pintinhos apresentam maior suscetibilidade aos problemas de qualidade do ar comparados às aves mais velhas, por exemplo, num lote de sete semanas, os níveis de amônia produzem um efeito limitado, porém em pintos de sete dias de idade, podem causar a redução do ganho de peso em 20% (COBB, 2009).

Assim sendo, se faz de suma importância medir e controlar os níveis de NH₃ do ambiente. Atualmente, o desenvolvimento da ciência e tecnologia permitiu o acesso mais facilmente aos seus benefícios, possibilitando o emprego em áreas antes não muito exploradas, como por exemplo a agropecuária, abrindo espaço para o que se denominou Zootecnia e Agricultura de precisão. Os avanços em microeletrônica e informática tornaram possíveis essa popularização, principalmente em decorrência da redução dos valores dos equipamentos e componentes.

Já é possível monitorar, verificar e corrigir à distância, em tempo real, vários fatores que possam prejudicar o desempenho dos animais, como por exemplo, vimos que na produção de frangos de corte, a concentração de amônia é um desses fatores que podem trazer grandes prejuízos ao produtor, pelo aumento da suscetibilidade das aves a doenças, principalmente as de ordem respiratória, pela consequente perda de peso final da ave, aumento no tempo de engorda e até mortes no lote de frangos. Também pode causar problemas de saúde aos seres humanos que lidam diariamente com as aves, somados às despesas médicas, farmacêuticas e até hospitalares em casos mais graves, podendo ainda resultar em processos de ordem trabalhista.

A Tabela 2 apresenta os limites toleráveis para a concentração de gases, preconizados pelos produtores de duas linhagens de frango de corte

Tabela 2 – Limites de referência para a qualidade do ar em instalações para frangos de corte

Parâmetros	Limite tolerável
Oxigênio	>19,6%
Dióxido de carbono	<0,3%
Monóxido de carbono	<10 ppm
Amônia	<10 ppm
Poeira respirável	<3,4 mg m ⁻³

Fonte: (ROSS, 2018); (COBB, 2009)

Não existe no Brasil um limite legal para a exposição das aves à amônia, porém, em função do mercado externo, exportadores de carne de frango adotam o limite de exposição constante máximo de 20ppm, sendo que na última semana de produção, as concentrações de amônia em sistema de criação intensiva fechado podem atingir valores de até 50ppm (MIRAGLIOTTA, 2000), (JONES; WATHES; WEBSTER, 2005) citados por (OLIVEIRA; MONTEIRO, 2013).

Estudos realizados pelo NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health (2001), indicam os tempos e as concentrações de amônia máximas as quais os seres humanos podem ser expostos, sendo que o tempo de exposição diminui à medida em que os níveis de NH_3 aumentam: em caso de concentrações de 25ppm, o tempo de permanência é de até 8 hs; para 35ppm, o tempo é de 15 min e se a concentração atingir 50ppm, o tempo será no máximo de 5 min (SOUSA et al., 2016b).

Tabela 3 – Efeitos e características de diferentes concentrações de amônia nos sistemas de produção animal

Amônia (ppm)	Humanos	Animais
5	Detectável apenas por algumas pessoas (RITZ et al., 2005)	
10	Facilmente detectável pelo cheiro (RITZ et al., 2005)	
20	Limite de tolerância recomendado no conteúdo do ar em ambientes frequentados por trabalhadores com jornadas de trabalho de até 48 horas semanais. Nessa concentração o ambiente é considerado medianamente insalubre pela NR-15 (ABNT, 1978)	As aves começam a sentir-se mal. Concentração máxima recomendada para o interior das instalações de produção animal (WATHES et al., 1997; OWADA et al., 2007)
25	Máxima concentração permitida para trabalhadores expostos por 8 horas de permanência no ambiente (NIOSH, 2001)	Diminuição significativa do peso corporal final dos frangos de corte expostos durante toda a fase de criação, chegando a ocorrer perdas de peso de 90g por aves ao final do lote (LOTT & DONALD, 2003)
30	Tosse, dificuldade respiratória, secreção de saliva, formação de catarro, retenção de urina (DONHAM, 2000)	

35	Máxima concentração permitida para trabalhadores expostos por 15 minutos de permanência no ambiente (NIOSH, 2001)	
50	Irritação nos olhos. Máxima concentração permitida para trabalhadores expostos por 5 minutos de permanência no ambiente (NIOSH, 2001)	Irritação nos olhos, queda na produção pela incidência de doenças como: aumento da secreção lacrimal, traqueíte catarral, queratoconjuntivite e fotofobia (CAFÉ & ANDRADE, 2001)
100	Queimadura nos olhos, cegueira temporária, irritação na pele (PERRY, 2003)	Imediata redução da taxa de respiração prejudicando os processos fisiológicos de trocas gasosas quando chega a corrente sanguínea, esse efeito tóxico pode levar a óbito (CURTIS, 1983)
500	Acesso de tosse violento, forte irritação nos pulmões, edema pulmonar e até mesmo morte (PERRY, 2003)	Dose letal mesmo durante curtos períodos de exposição (GROOT KOERKAMP et al., 1998)

Fonte: (SOUZA et al., 2016)

Um estudo foi desenvolvido comparando as concentrações de amônia em dois galpões de produção de frangos, um com ventilação e outro sem ventilação. Foram verificadas concentrações de amônia de 23,2ppm no galpão com ventilação, valores superiores aos adotados pelos exportadores. No galpão sem ventilação os valores foram ainda mais críticos: 29,33ppm (TINÔCO et al., 2010) citado por (OLIVEIRA; MONTEIRO, 2013). Aves submetidas a esses níveis de NH₃ irão apresentar problemas, como a significativa diminuição no peso corporal final, podendo essa perda chegar a 90g, como destacado na tabela anterior, para concentrações à partir de 25ppm de amônia no galpão.

2.11 Condições de insalubridade

A Subsecretaria de Inspeção do Trabalho – SIT, vinculada ao Ministério da Economia tem como atribuição formular e propor diretrizes e normas de atuação na área de segurança e saúde do trabalhador, contribuindo também para as condições do meio ambiente e à redução dos custos produtivos, sobretudo as de ordem trabalhistas.

Em se tratando da ação do gás amônia nos trabalhadores, a NR (Norma Regulamentadora) 15, originalmente editada pela portaria MTb nº 3.214 de 8 de junho de 1978, em seu anexo nº 11, organiza, determina e estabelece os níveis de tolerância

à exposição à agentes químicos (SIT), entre estes o NH_3 , a partir dos quais as condições de trabalho tornam-se insalubres para os trabalhadores quando expostos ao gás, e nesses casos, deverá ser pago ao trabalhador o adicional de insalubridade.

Tabela 4 – Limites de tolerância

Agentes químicos	Valor teto	Absorção também pela pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m ³ **	
Amônia			20	14	médio

* ppm – partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado

** mg/m³ – miligramas por metro cúbico de ar

Extraído de quadro original do SIT

Os resultados do estudo desenvolvido por (TINÔCO et al., 2010) citado por (OLIVEIRA; MONTEIRO, 2013), somados às questões de legislação trabalhistas quanto à condições de insalubridade, reforçam a necessidade do ambiente ser não só monitorado mas também controlado por um sistema supervisório, com o qual constantemente a qualidade do ar é analisada e ações corretivas imediatas possam ser tomadas visando a manutenção dos níveis de concentração de amônia dentro dos limites aceitáveis, justamente o que se propõe neste trabalho.

2.12 Ventilação

No processo de respiração, as aves retiram o oxigênio do ar e eliminam o gás carbônico. Com a emissão da amônia produzida pela cama a qualidade do ar fica mais comprometida, tornando a situação ainda mais grave (MATUCHAKI, 2011).

A qualidade do ar pode ser melhorada, reduzindo ou eliminando a ação dos gases e reposição de oxigênio, com a implementação de um sistema de ventilação eficiente, o qual depende das características climáticas da região e das dimensões do galpão (MATUCHAKI, 2011).

Portanto, a ventilação tem papel fundamental no sistema de controle ambiental em todos os tipos de instalações para produção animal (VILELA et al., 2020), pois permite a renovação do ar dos ambientes, configurando-se de grande importância não só para o conforto térmico, mas também para a higiene das edificações,

proporcionando a dissipação do calor e a dispersão da concentração de vapores, fumaças, poeiras e outros poluentes como os gases tóxicos, entre eles a amônia (NÄÄS, 1989).

A renovação do ar interno dos aviários é de suma importância para o micro ambiente, atuando no balanço da umidade e na dispersão de gases como a amônia e o dióxido de carbono, poeira, microrganismos e odores, favorecendo também na redução da transferência de calor do animal (YANAGI JÚNIOR, 2006; BAÊTA & SOUZA, 2010; ABREU et al., 2011; BIANCHI et al., 2015; ALBINO et al., 2017) citados por (VILELA et al., 2020).

A renovação do ar de um ambiente pode ser classificada em dois grupos: o primeiro grupo é o da ventilação natural ou espontânea, dentro do qual ainda se subdividem em ventilação dinâmica e ventilação térmica e o segundo grupo, o da ventilação artificial, mecânica ou forçada, no qual encontram-se a por pressão positiva (pressurização) e a por pressão negativa (exaustão) (ABREU; ABREU, 2000a).

2.13 Ventilação natural ou espontânea

Trata-se do movimento normal do ar, que ocorre devido a diferenças de pressão em consequência da ação do vento (ventilação dinâmica), ou por diferenças de temperatura (ventilação térmica) (ABREU; ABREU, 2000b).

O vento é causado pela diferença de pressão atmosférica ao nível do solo, sendo esta, a consequência da variação da temperatura (ABREU; ABREU, 2000b).

Através da ventilação natural é possível o controle da pureza do ar do aviário, provendo o ambiente de oxigênio, eliminando os gases nocivos, entre eles a amônia, o excesso de umidade e de odores, nesse caso realizando a ventilação higiênica (ABREU; ABREU, 2000b), e também possibilita, de modo limitado, controlar a temperatura e a umidade do ar nos ambientes habitados (ventilação térmica), permitindo a troca do ar expelido, quente e úmido, aumentando a perda de calor por convecção (TINÔCO, 1998) citado por (ABREU; ABREU, 2000b).

2.14 Ventilação dinâmica

O fluxo de ar ocorre sempre a partir de um ponto de alta pressão para um ponto de baixa pressão. Assim sendo, a velocidade do ar em uma instalação será sempre maior nas aberturas do lado por onde o vento entra do que do lado por onde o vento sai (ABREU; ABREU, 2000a).

Partindo desse conceito, pode intensificar-se a ventilação dinâmica, por meio de aberturas, convenientemente dispostas em paredes opostas e na direção dos ventos dominantes (ABREU; ABREU, 2000b).

A taxa em que ocorre a ventilação natural, é dependente da velocidade e direção do vento, da proximidade e dimensões de obstáculos – montanhas ou construções e da forma e da localização das aberturas de entrada e saída do ar (ABREU; ABREU, 2000b),.

2.15 Ventilação térmica

As diferenças de temperatura do ar entre as áreas interna e externa do galpão, o tamanho das aberturas de entrada e saída do ar e a diferença de nível dessas aberturas provocam variações na densidade do ar no interior dos aviários, causando diferenças de pressão que vão se escalonando no sentido vertical, o chamado “efeito chaminé” (HELLICKSON; WALKER, 1983) citados por (ABREU; ABREU, 2000b).

2.16 Ventilação artificial, mecânica ou forçada

Produzida por equipamentos especiais, como exaustores e ventiladores, a ventilação artificial é utilizada sempre que a ventilação natural não for suficiente para proporcionar a movimentação adequada do ar ou o abaixamento da temperatura. Apresenta como vantagem permitir a filtragem, a distribuição uniforme e suficiente do ar no interior do aviário e não depender das condições atmosféricas e climáticas. Se dimensionados corretamente os ventiladores, as entradas e saídas de ar, possibilita ainda fácil controle da taxa de ventilação (ABREU; ABREU, 2000a).

Estão à disposição dos avicultores dois modelos para se promover artificialmente a movimentação do ar: o sistema de pressão negativa ou exaustão e o

sistema de pressão positiva ou pressurização (ABREU; ABREU, 2000b), (MATUCHAKI, 2011).

2.17 Sistema de pressão negativa ou exaustão

Ventiladores (exaustores) forçam o ar de dentro para fora do aviário, criando um vácuo parcial dentro da instalação, a diferença de pressão que se forma entre interior e exterior força a saída do ar pelas aberturas, sendo fundamental o total isolamento do galpão em sua cobertura, nas laterais e na posição dos extratores de ar (ABREU; ABREU, 2000a), (MATUCHAKI, 2011).

2.18 Sistema de pressão positiva ou pressurização

Os ventiladores forçam o ar de fora para dentro, através de aberturas laterais, movimentando-o pelo galpão inteiro, evitando desse modo as chamadas “zonas mortas”, ou seja, áreas sem ar, que são prejudiciais às aves. A eficiência deste sistema é dependente da definição da quantidade, da distribuição e da posição dos ventiladores. Por outro lado, a ventilação sem controle também é prejudicial, pois pode tornar o ambiente seco, provocando o excesso de pó (ABREU; ABREU, 2000a), (MATUCHAKI, 2011).

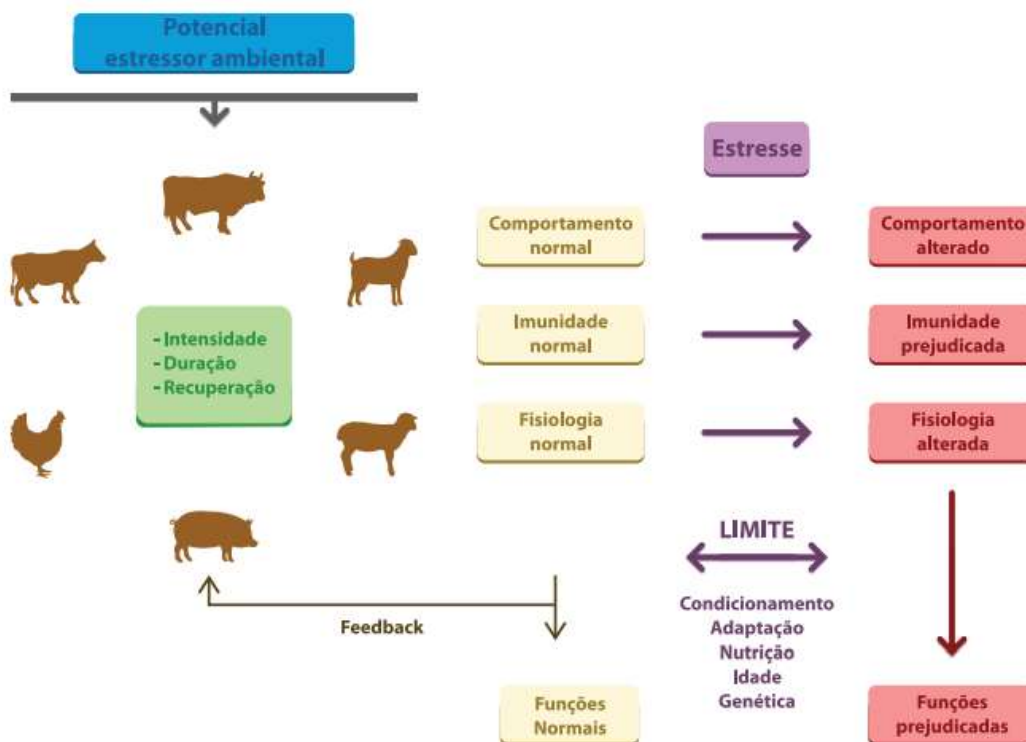
2.19 Zootecnia de precisão

Zootecnia de precisão advém do termo em inglês “*Precision livestock farming*” e é definida como manejo da produção animal utilizando princípios e tecnologia de engenharia de processos (NASCIMENTO et al., 2017). Define-se Zootecnia de Precisão como “um pacote tecnológico que considera as características tecnológicas do sistema em relação ao controle e à aquisição das informações e das variáveis do processo de produção” (SILVA; NÄÄS, 1998) citados por (SILVA, 2007). Nesse pacote tecnológico inclui-se tecnologia da informação, microeletrônica, técnicas de modelagem, monitoramento por imagens, sensores e atuadores, os quais podem melhorar o trabalho científico-tecnológico, o que favorece a acurácia das pesquisas, além do desenvolvimento de sistemas especificamente dedicados à tomada de decisão (PANDORFI; ALMEIDA; GUISELINI, 2012) citados por (NASCIMENTO et al., 2017). Em outras palavras, a zootecnia de precisão contribui efetivamente fornecendo meios ao produtor para que possa monitorar seus empreendimentos de maneira

prática, alcançando índices produtivos com base em informações geradas por sistemas especialistas (PANDORFI; ALMEIDA; GUISELINI, 2012).

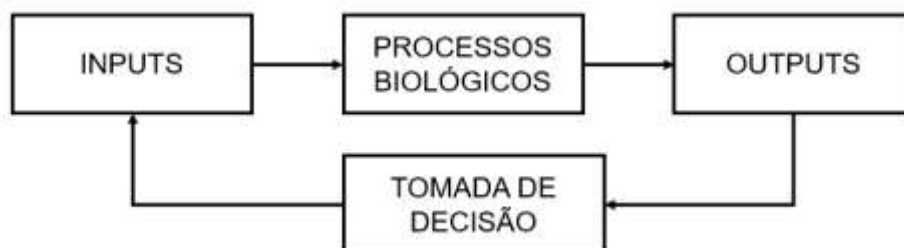
Componentes chaves da zootecnia de precisão foram listados para detalhar os processos biológicos dos animais e a partir da observação das variáveis ambientais, tais como luz, calor, ventilação e outras relacionadas à genética e à nutrição animal, as quais se configuram como *inputs* (entradas), descreve os fenômenos biológicos relacionados a variáveis comportamentais, fisiológicas e também de desempenho zootécnico, que se enquadram como *outputs* (saídas) (WATHES et al., 2008) citados por (NASCIMENTO et al., 2017). Observar as respostas fisiológicas, comportamentais ou de desempenho apresentados pelos animais, servem para nortear tomadas de decisões quanto à ajustes e adaptações nas instalações no que se refere à ambiência, e também sobre aspectos nutricionais, uma vez que tais alterações indicam que o animal atua ele próprio como um sensor, ou melhor um biosensor (WATHES et al., 2008). Porém, tem que se ter em mente que a Zootecnia de Precisão deve atuar como uma ação preditiva com o intuito de se evitar que as condições de ambiência cheguem a causar essas alterações nas respostas dos animais.

Figura 10 – Efeito do ambiente sobre o bem-estar animal



Fonte: Embrapa (2019)

Figura 11 – Ciclo de monitoramento e controle



Fonte: adaptado de Wathes et.al. (2008) e Nascimento (2017)

Um dos aspectos mais significativos na produção intensiva é em relação à utilização de sistemas automatizados para controlar o ambiente de produção: manejo correto de equipamentos de controle ambiental, como ventiladores, nebulizadores e cortinas, empregando-se sensores e atuadores, comandados por softwares (SILVA, 2007) especificamente desenvolvidos para atender tais situações.

2.20 Avicultura de precisão

Na medida em que o tema “Zootecnia de Precisão” avançou e foi se desenvolvendo, foram sendo adotados nomes específicos conforme a cadeia produtiva a qual fora implementada, como no caso particular da avicultura (SILVA, 2007).

Para atender demandas específicas de ambiência animal na avicultura de precisão, podem ser desenvolvidos sistemas autômatos para o monitoramento e controle da qualidade do ar no interior do aviário, utilizando-se de tecnologias atuais como microcontroladores, plataformas Arduino e ESP8266, sensores, internet das coisas, comunicação sem fio, aparelhos celulares smartphones, entre outros.

2.21 Instalação do dispositivo no galpão

Por se tratar de um dispositivo que deve ser alimentado (energizado) por corrente elétrica, sua instalação estará sujeita às normas regulamentadoras, que visam proteger e manter a integridade das instalações, bem como dos usuários e de seus entornos. Parte-se do pressuposto que o galpão tenha sido projetado e edificado em conformidade com as especificações exigidas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, através de suas normas regulamentadoras como a NBR 5410

bem como das referências normativas e das normas complementares aplicáveis a instalação, locais e dispositivos específicos.

2.22 Norma Brasileira NBR 5410

A norma brasileira NBR 5410 em seu capítulo 1 o qual trata do seu Objetivo, no item 1.1:

Estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. (ABNT NBR 5410:2004)

E no item 1.2:

Esta Norma aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas. (ABNT NBR 5410:2004)

2.23 Instalações de baixa tensão

Como a NBR 5410 estabelece a tensão de 1000 volts como o limite para a baixa tensão em corrente alternada e de 1500 volts para a corrente contínua (CREDER, 2016) classifica-se o galpão de criação de frangos de corte como uma instalação de baixa tensão.

2.24 Referências normativas

O termo se refere às normas que complementam a norma principal – NBR 5410, tratando de aplicações específicas como é o caso da NBR ISO/CIE 8995-1:2013 que especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho propõe o desenvolvimento e aplicação de um dispositivo de monitoramento e controle do ar dentro do ambiente de produção de frangos de corte, que a partir deste ponto será referido como galpão, termo este o qual se faz conhecido. Este equipamento de monitoramento, batizado de AEREM NH₃ CONTROLLER é composto por um módulo de leitura que faz a coleta do nível de amônia em ciclos pré-definidos através de um sensor de gases. Os valores lidos serão comparados com os parâmetros constantes no código – software desenvolvido especificamente para a solução deste problema. Após comparados, os dados serão enviados ao proprietário e/ou administrador em seu celular ou computador via internet previamente cadastrados para que tomem a ação de controle que mais achar conveniente através de um aplicativo também desenvolvido de maneira específica. Para tal entrará em ação o módulo de controle, o qual enviará uma ordem ao equipamento do galpão selecionado que será ativado ou desativado conforme a situação em que se encontrar, como por exemplo, abrir ou fechar as cortinas, ligar ou desligar a ventilação forçada, etc. Caso o proprietário/usuário preferir, a ação de controle pode ser de maneira automática, sendo somente informado em seu dispositivo qual ação foi tomada e também o resultado das próximas leituras do nível de NH₃ no ambiente.

Para o desenvolvimento do AEREM NH₃ CONTROLLER, serão utilizados o Arduino Nano para o processamento dos dados e um módulo ESP8266 ESP-01 para a transmissão das informações via internet sem fio.

3.1 Arduino

O Arduino foi criado na Itália no ano de 2005 por Massimo Banzi, um professor do Ivrea Interaction Design Institute, que queria ensinar eletrônica e programação de computadores aos seus alunos de design, para que pudessem empregar interatividade e robótica em seus projetos. Essa não foi uma tarefa simples de ser executada, ensinar eletrônica e programação a quem não é da área, somado ao fato de não existirem no mercado, placas que atendessem à proposta e que fossem baratas.

A partir desse obstáculo, o professor Massimo junto com David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino resolveram criar uma ferramenta fácil para prototipagem

rápida, que atendessem às suas demandas, ou seja, destinada a estudantes sem formação em eletrônica e programação e de baixo custo. A eles se juntaram o aluno David Mellis, que foi o responsável pela criação da linguagem de programação do Arduino. O projeto Arduino está baseado numa plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e composta por uma linguagem de programação, um ambiente de desenvolvimento integrado chamado de IDE (Integrated Development Environment) e um microcontrolador de placa única, chamada Wiring, que foi criada por Hernando Barragán no instituto no qual Massimo Banzi era professor, com o intuito de permitir que usuários de diferentes níveis de conhecimento, ou seja, avançados, intermediários e até mesmo os iniciantes, espalhados pelo mundo, pudessem compartilhar conhecimento, ideias e experiências entre si. Por outro lado, Wiring está baseado em Processing e seu entorno de desenvolvimento integrado foi criado por Casey Reas e Ben Fry (MULTILÓGICA SHOP, 2009).

O Arduino é uma plataforma Open Source Hardware (OSHW) - máquinas, dispositivos ou outros objetos físicos, cujo projeto foi disponibilizado ao público de modo que qualquer um possa construir, modificar, distribuir e utilizar tais equipamentos, desde que sejam seguidos determinados critérios definidos pela Open Source Hardware Association (OSHWA), que é uma organização sem fins lucrativos que defende o hardware de código aberto – projetada sobre o microcontrolador Atmel AVR, que pode ser programado através de uma linguagem de programação similar a C/C++, permitindo a elaboração de projetos com um conhecimento mínimo ou mesmo nenhum de eletrônica. Foi criado com o objetivo de fornecer uma plataforma de fácil prototipação de projetos interativos, unindo software e hardware, características da computação física (OLIVEIRA; ZANETTI, 2015). A computação física é uma área da computação na qual o software se comunica diretamente com o hardware, controlando componentes eletrônicos, como sensores e atuadores, permitindo construir sistemas que consigam perceber e interagir com ambientes reais (OLIVEIRA; ZANETTI, 2015), e como exemplo de sistema, portanto, temos o que este trabalho propõe. De acordo com o fabricante:

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. Placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem no Twitter - e transformá-lo em uma saída - ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online.

Por que usar Arduino? São várias as razões que motivam o uso do Arduino, dentre elas destacam-se:

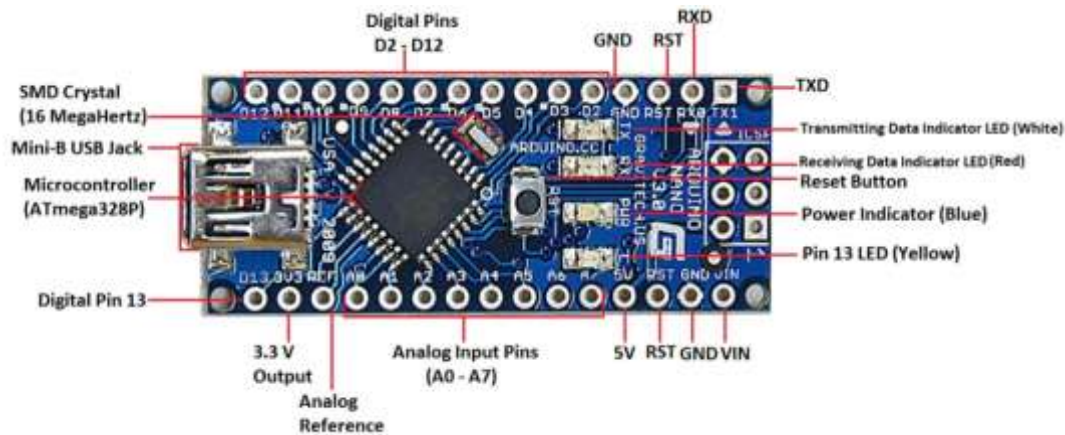
- Baixo custo: o valor para a aquisição de um Arduino é baixo, em média o preço encontrado é em torno de 22 dólares.
- Software para várias plataformas: o ambiente de desenvolvimento roda nos sistemas operacionais Microsoft Windows, Mac OS X e Linux.
- Linguagem simples: os desenvolvedores do Arduino tentam manter sua linguagem fácil de usar para iniciantes, mas flexível o bastante para usuários avançados.
- Software livre: como já visto, o Arduino é um software livre. Isso quer dizer que um usuário tem a liberdade de construir seu próprio software ou modificar um. Além disso, o Web site oficial do Arduino contém amostras de código e exemplos que são compartilhados livremente.
- Comunidade ativa para usuários: através dos chamados fóruns de desenvolvedores espalhados pelo mundo, pode-se dizer que não existe problema sem solução.

Dentre as diversas placas Arduino, o modelo Arduino Nano foi selecionado para este trabalho por ser a menor placa Arduino com o melhor desempenho e configuração, quando comparada com os demais modelos de Arduino disponíveis no mercado. Ela é similar a placa Arduino Uno, padrão de entrada do universo Arduino com as mesmas funcionalidades e configurações, mas com um tamanho relativamente menor, já que o chip do seu microcontrolador ATmega382p é utilizado na versão SMD, além de ter mais pinos de entrada analógica, poder ser acoplado diretamente em uma Protoboard e ainda apresenta a vantagem de detectar a tensão de entrada e chavear para a maior fonte de alimentação.

A sigla SMD – Surface Mounted Device, basicamente pode ser definida como a utilização da técnica de montagem em superfície, conhecida como SMT – Surface Mounting Technology, que consiste na inserção de componentes eletrônicos ultra miniaturizados em uma PCI – Placa de Circuito Impresso. Considera-se como inserção o posicionamento e a soldagem dos componentes diretamente na superfície de um dos lados da PCI, economizando assim espaço, resultando na redução do

tamanho dos circuitos eletrônicos, pois os componentes SMD podem ser até 5 vezes menores quando comparados aos componentes convencionais,

Figura 12 – Arduino Nano



Fonte: (“Duino For Projects”, [s.d.]

3.2 IDE do Arduíno

A IDE (Integrated Development Environment) ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado, ou ainda o software do Arduíno, traz em sua composição um editor de texto, para que se possa escrever o código, uma área de mensagem, um console de texto, uma barra de ferramentas com botões que permitem executar funções comuns e ainda uma série de menus, e se conecta ao Arduíno via cabo para o envio dos códigos (programas) desenvolvidos para atender a um problema ou situação. Esses programas escritos no editor de textos da IDE formam os chamados sketches ou esboços, que são salvos com a extensão .ino (“Hardware Livre USP,” 2021).

3.3 ESP8266

O ESP8266 é o nome de um microcontrolador projetado e produzido desde 2014 pela Espressif Systems, uma empresa chinesa sediada em Xangai, que apresenta como grande diferencial, a capacidade de comunicação sem fio, batizado de Wi-Fi – Wireless Fidelity, uma alusão à expressão Hi-Fi – High Fidelity que foi amplamente utilizada pela indústria fonográfica nos anos 50. Esse sistema de comunicação WiFi próprio, é uma solução de rede WiFi independente, o que o faz ser largamente utilizado como módulo WiFi para outros microcontroladores, como o Arduino.

Outra característica positiva do ESP8266 é que ele permite que se rode programas carregados em sua própria memória. Assim, o ESP8266 pode funcionar de maneira embarcada, isto é, sem a necessidade de estar ligado fisicamente a outro dispositivo, fazendo a comunicação somente via WiFi, ou ainda via sensores e saídas através dos pinos.

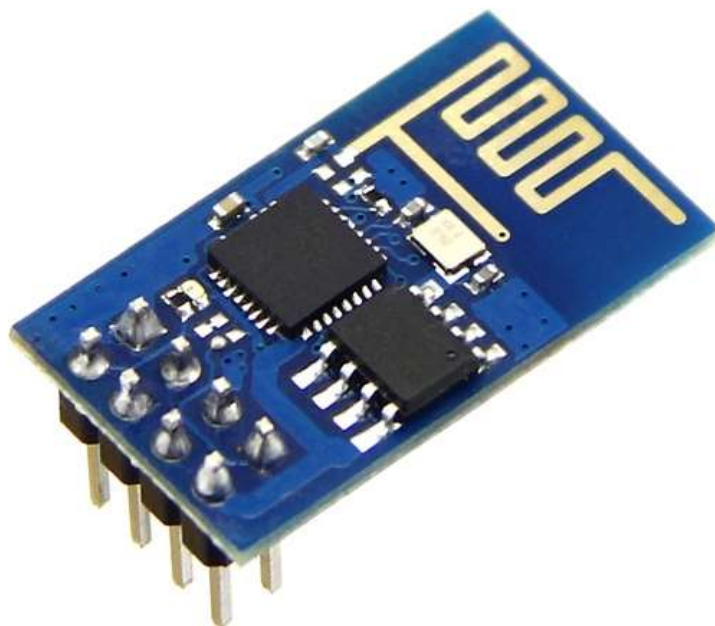
O microcontrolador ESP8266 foi escolhido para este projeto, baseado em algumas características que tornam vantajosa a sua aplicação:

- Preço: um módulo pronto para uso pode ser comprado em sites chineses por cerca de 3 a 5 dólares americanos, tornando-se assim viável para aplicações de baixo custo, facilitando sua integração a todo o tipo de aplicação (OLIVEIRA, 2017).
- Ambiente de desenvolvimento: um dos três ambientes disponíveis para o ESP8266, é o ambiente de desenvolvimento do Arduino, incluindo todas as suas bibliotecas e interfaces, possibilitando assim o uso de toda a base de conhecimento e aplicações que já foram desenvolvidas para o Arduino (OLIVEIRA, 2017).
- Disponibilidade de módulos periféricos: todos os módulos propostos e popularizados para o Arduino são compatíveis com o ESP8266, tendo com isso uma grande disponibilidade de placas, sensores, atuadores e ferramentas de comunicação diversas (OLIVEIRA, 2017).

O módulo ESP8266 selecionado para este trabalho foi o ESP8266 ESP-01 por seu tamanho reduzido e por suportar as redes padrão 802.11 b/g/n amplamente utilizadas atualmente, podendo trabalhar como um Ponto de Acesso (Access Point) ou como uma Estação (Station) enviando e recebendo dados, tal como requer este projeto.

A proposta de utilização do Arduino Nano em conjunto como ESP8266, é porque o Arduino não possui um protocolo de comunicação sem fio próprio, e portanto, necessita da inclusão de um módulo adicional, os chamados Shields, que permitem ampliar a capacidade e/ou adicionar funcionalidade. Como já citado, o ESP8266 possui esse sistema de comunicação WiFi, justificando assim a sua escolha neste trabalho.

Figura 13 – ESP8266 ESP-01



Fonte: (“Vida de Silício,” 2020)

Figura 14 – Identificando o ESP8266 ESP-01



Fonte: (“Flip e Flop,” 2020)

3.4 Internet das Coisas (IOT – Internet Of Things)

Atualmente, o uso da internet não está restrito a humanos acessando a internet em dispositivos “clássicos”, como computadores pessoais e telefones móveis, mas se expande cada vez mais para objetos da vida cotidiana e do meio, como lâmpadas, geladeiras e trens, com um número esperado de acessos em 2025 na casa dos 75 bilhões incluindo comunicação homem-a-homem, homem-máquina e máquina-máquina (SUNYAEV,2020).

O conceito de Internet das Coisas, ou seja, tornar as coisas inteligentes e capazes de coletar e processar as informações do ambiente ou das redes as quais estiverem conectadas não é algo novo, mas coincide com a popularização da internet, lá pelo final dos anos 90, quando então já se pensava em como interligar os equipamentos do dia a dia com a internet (OLIVEIRA, 2017).

Essa comunicação tornou-se factível com evolução da tecnologia, tendo como por exemplo, as RSSF (Redes de Sensores Sem Fio, ou Wireless Sensor Network [WST]), que foram propostas especialmente para o monitoramento ambiental, e situações de risco como guerras ou outras emergências (OLIVEIRA, 2017). Essas redes são compostas por dezenas, centenas ou até milhares dos chamados nós microprocessados, que possuem a capacidade da comunicação sem fio e são alimentados por baterias. Para atender aos requisitos dessas redes, foram desenvolvidos técnicas, protocolos e padrões, como a eletrônica embarcada de baixo custo e com mínimo consumo de energia.

Paralelamente o amplo desenvolvimento e a popularização das tecnologias de comunicação e das redes de computadores favoreceram o avanço da ideia da interligação de equipamentos: a internet e os protocolos da família TCP/IP, as redes WiFi que permitiram mobilidade dispensando o uso de fios para interligar dispositivos próximos entre si (OLIVEIRA, 2017). Nessa linha, as redes de telefonia celular 2G/3G/4G também foram fundamentais ao permitir a comunicação de equipamentos móveis e/ou equipamentos que não fosse possível ter acesso a fios de comunicação, tornando assim o intercâmbio de dados acessível por diversos tipos de equipamentos e recursos, reduzindo custos e tempo de integração dispensados à tarefa.

O desenvolvimento e a popularização de equipamentos e dispositivos portáteis, como notebooks, tablets e sobretudo os smartphones completaram o cenário propício à Internet das Coisas, visto que a mobilidade que tais equipamentos proporcionam permitiram o acesso às informações e aos dispositivos em qualquer parte, até mesmo em ambientes em que computadores são inviáveis ou considerados luxo (OLIVEIRA, 2017).

3.5 Computação em nuvem (Cloud computing)

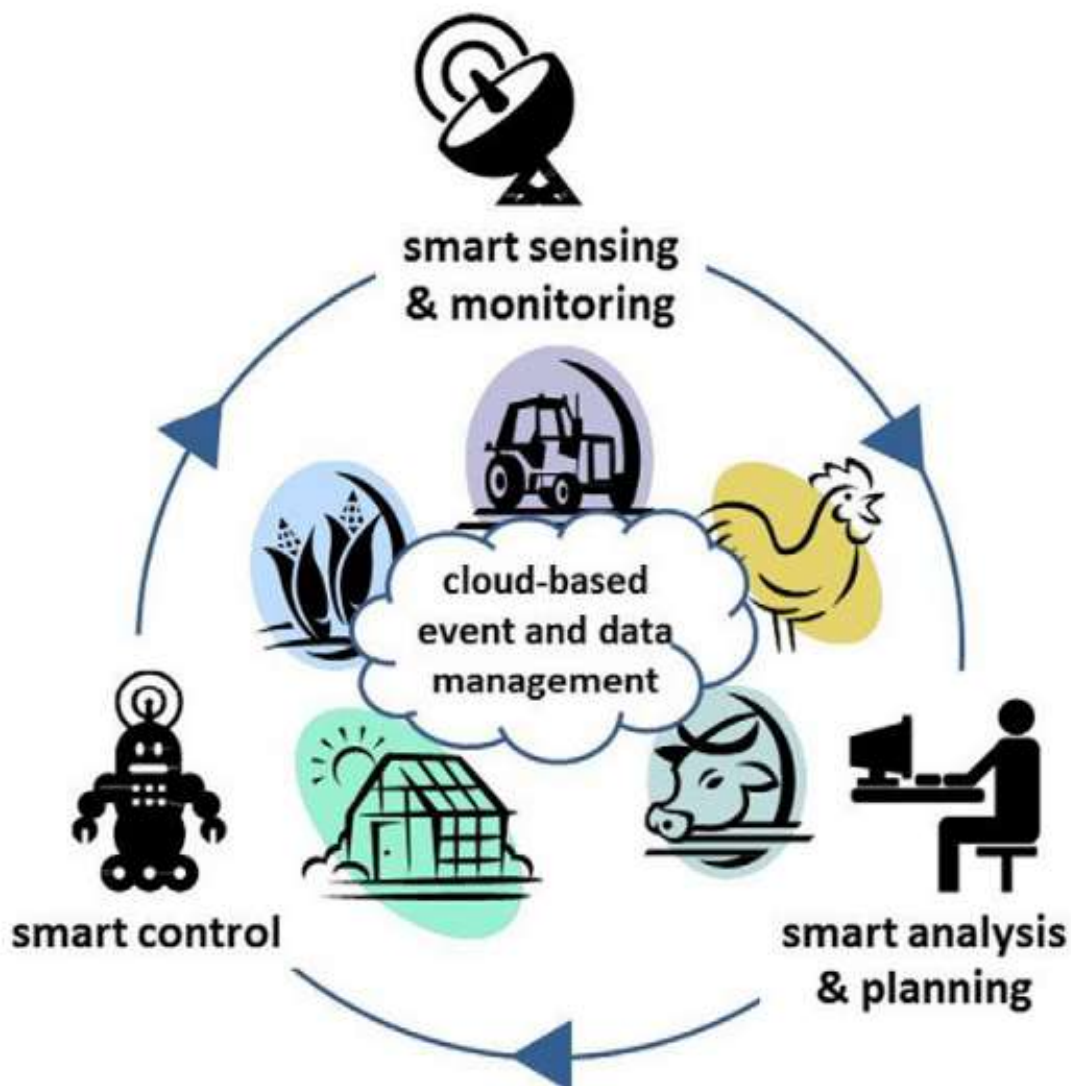
A computação em nuvem, uma evolução da tecnologia da informação, torna possível que indivíduos e organizações tenham acesso à rede sob demanda e a recursos que esta oferece, como a servidores, armazenamento e aplicativos. Também fornece a infraestrutura necessária para a Internet das Coisas bem como a outras tendências digitais, como computação móvel, big data e inteligência artificial e consequentemente aos desafios inerentes a essas tendências (SUNYAEV, 2020).

O rápido desenvolvimento da Internet das Coisas e da computação em nuvem impulsionaram o surgimento do fenômeno chamado Agricultura Inteligente (Smart Farming) (SUNDMAEKER et al., 2016) citados por (WOLFERT et al., 2017).

3.6 Agricultura Inteligente (Smart Farming)

Enquanto Agricultura de Precisão trata das variáveis do campo, a Agricultura Inteligente vai mais além, pois é dedicada ao gerenciamento não somente do campo mas incluem dados, eventos e situações que ocorrem em tempo real, os quais requerem recursos para tomada de ações ágeis e imediatas às alterações repentinas das condições operacionais, como por exemplo, mudanças climáticas ou alertas de doenças. Incluem-se nesses recursos a assistência inteligente na implementação, manutenção e uso da tecnologia (WOLFERT et al., 2017).

Figura 15 – O ciclo do gerenciamento de dados e eventos baseados na nuvem



Fonte: Wolfert et al. (2017)

3.7 Big Data

O termo que vem sendo amplamente empregado, Big Data, pode ser definido como um conjunto de dados extremamente amplos, e que por esse motivo, ferramentas específicas são requeridas para que se possa tratar o grande volume de dados encontrados, extraídos, organizados e processados em informações que tornem possível uma análise acurada e em tempo hábil de resposta ("Cetax," 2020). Big Data representa os ativos de informação caracterizados por alto volume, velocidade e variedade que requer tecnologia e métodos analíticos específicos para sua transformação em valor (DE MAURO; GRECO; GRIMALDI, 2016).

3.8 Sensor

Segundo (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012) sensor é o

Termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc.

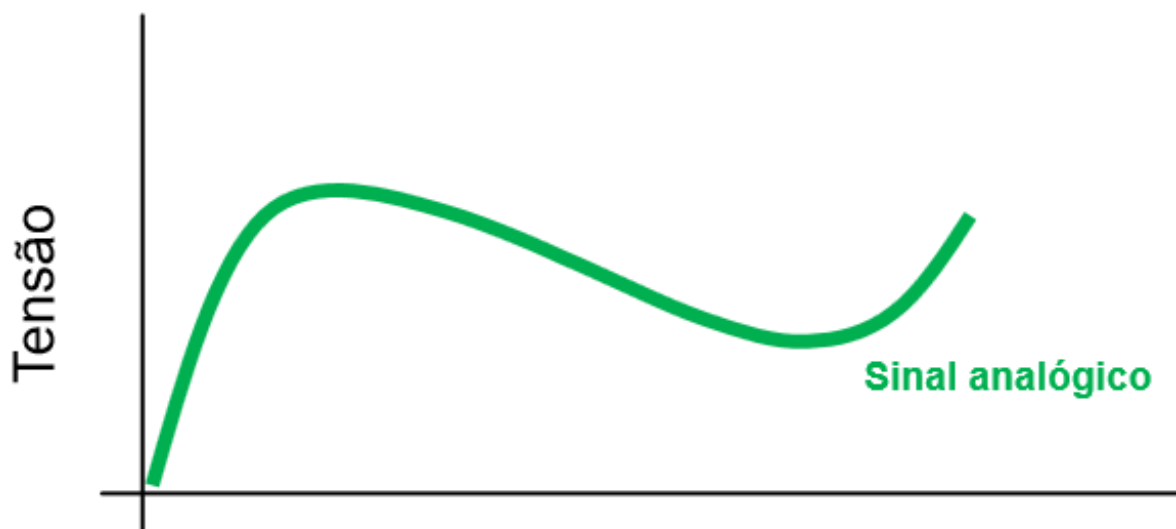
Os sensores se dividem em duas categorias: os analógicos, que possuem a capacidade de ler valores de maneira contínua, entre um mínimo e um máximo, e os digitais, que apresentam comportamento de leitura chamado discreto, ou seja, operam com valores 0 e 1.

3.9 Sensores analógicos

Sensores desse tipo, podem assumir qualquer valor no sinal de saída, ao longo do tempo, desde que esse valor esteja dentro de sua faixa de operação (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).

Como exemplos de grandezas percebidas por esse sensor, tem-se pressão, temperatura, velocidade, umidade, vazão, força, ângulo, luminosidade (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012)

Figura 16 – Gráfico representativo do sinal analógico



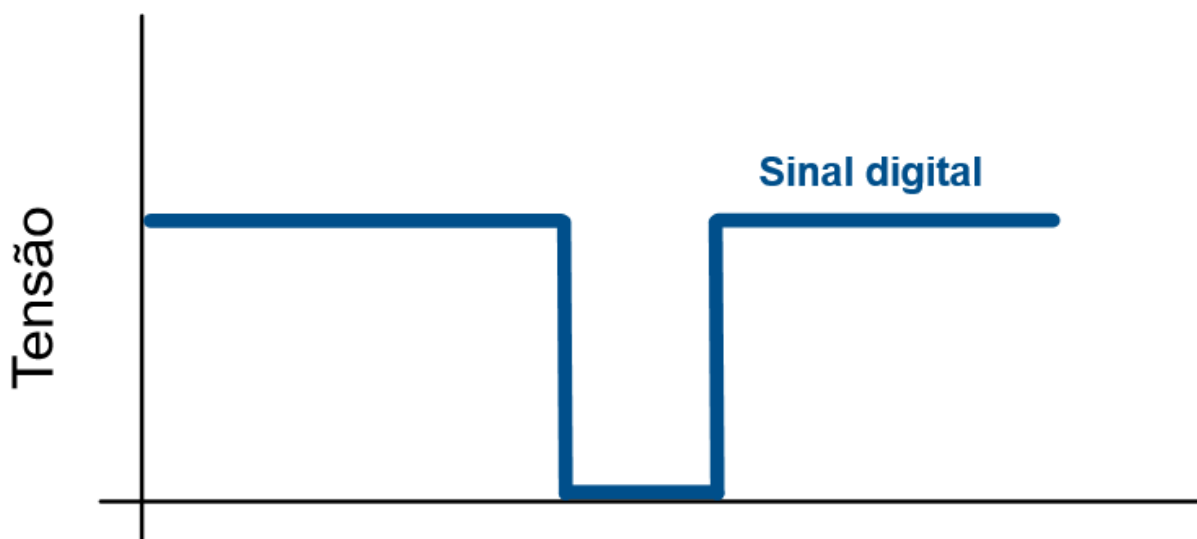
Fonte: próprio autor (2020)

3.10 Sensores digitais

Sensores desse tipo assumem somente dois valores no sinal de saída ao longo do tempo, os quais podem ser interpretados como zero ou um. Naturalmente não existem grandezas que assumam esses valores, porém tais valores são enviados ao sistema de controle após serem convertidos através de um transdutor (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).

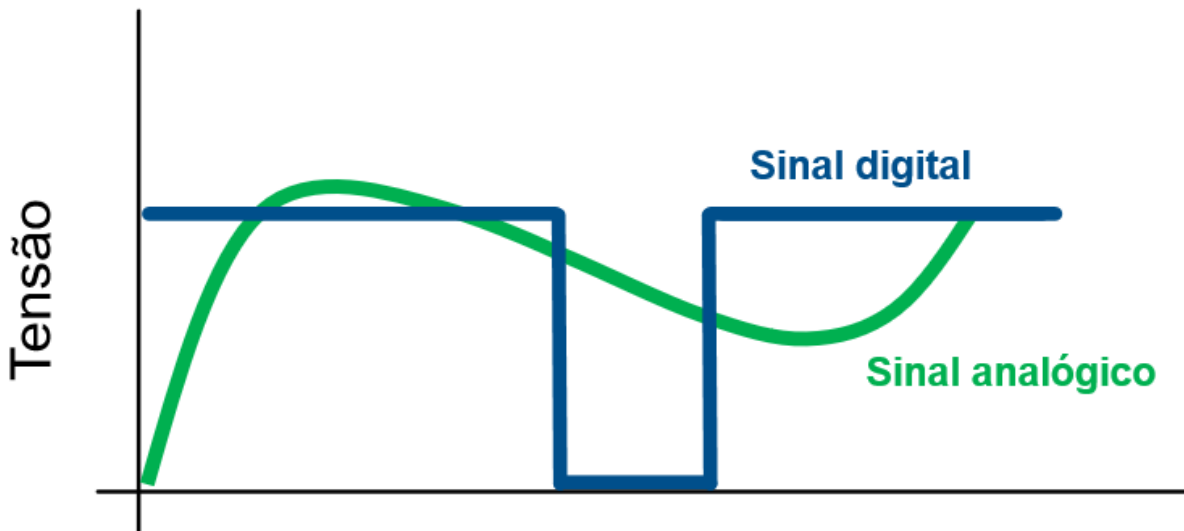
Os sensores digitais são aplicados por exemplo, na detecção de passagem de objetos, encoders na determinação de distância ou velocidade, entre outras aplicações (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).

Figura 17 – Gráfico representativo do sinal digital



Fonte: próprio autor (2020)

Figura 18 – Gráfico representativo dos sinais analógico x digital



Fonte: próprio autor (2020)

3.11 Transdutor

É o dispositivo completo que contém o sensor e que transforma uma grandeza qualquer em outra que pode ser utilizada nos dispositivos de controle. O transdutor pode ser considerado uma interface entre as formas de energia e o circuito de controle, ou ainda, entre o controle e o atuador (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).

O transdutor transforma a grandeza física – temperatura, por exemplo, em um sinal de tensão ou corrente, passíveis de serem interpretados pelo sistema de controle (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).

3.12 Sensor analisador de gases

Neste trabalho será utilizado para a detecção e leitura dos níveis de amônia dispersa no ambiente, um analisador de gases, ou simplesmente sensor de gases.

Para se especificar qual sensor de gás a ser utilizado, deve-se levar em conta alguns pontos, os quais serão brevemente descritos a seguir.

- Aplicação: deve-se ter como pré-requisito o pleno conhecimento da aplicação, para que se possa determinar o tipo de analisador mais conveniente. Considerar qual a finalidade da análise, qual o período de utilização desse

sensor, ou ainda, quais os itens mínimos de manutenção do sistema a ser instalado (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).

- Desempenho: a avaliação do desempenho de um sensor de gás costumeiramente é através de suas características técnicas, como: a sensibilidade – capacidade que o sensor tem de detectar a menor variação possível na composição da amostra; a seletividade – propriedade de um sensor de gás suprir as interferências dos componentes que formam a amostra; a reprodutibilidade – propriedade de um sensor de gás reproduzir o desvio médio quadrático dos valores medidos, sob condições similares com o mesmo instrumento; e sistema de amostragem – um bom tratamento da amostra implica no bom desempenho do sensor (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).
- Conhecimento da amostra: muito importante conhecer a composição da amostra, pois determinados componentes presentes podem influenciar no resultado final. Por composição entenda-se como os componentes corrosivos, voláteis, condensáveis, gás de fundo, e ainda pó, resíduos, etc (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).
- Conhecimento da área em que será instalado: conhecer a área contribui muito para o bom funcionamento e desempenho do sensor, pois em certas aplicações existe a necessidade de condicionar o equipamento a áreas classificadas, ou ainda a ambientes agressivos que, se não forem conhecidos, podem influenciar no sistema (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).

3.13 Sensor MQ-135

O sensor selecionado para este projeto – sensor de gás MQ-135 tem a capacidade de detectar a concentração de vários gases tóxicos a um ambiente, como amônia, dióxido de carbono, benzeno, óxido nítrico e também, fumaça e álcool. Por essa razão e ainda aliado ao fato de ser de baixo custo dentre os sensores similares disponíveis foram fatores determinantes para essa escolha. Além disso, o MQ-135 trabalha numa faixa de tensão entre 0 e 5V e capacidade de operar em temperaturas variando de -10°C a 70°C.

O MQ-135 é um sensor de gases apto para a detecção da amônia simples (NH₃), podendo detectar concentrações de gás de amônia até 100ppm. Possui alta

sensibilidade a amônia, sulfetos e benzeno com estabilidade a longo prazo e é um sensor de baixo custo (KASBE et al., 2015).

Figura 19 – MQ-135 - Sensor de Gás Amônia e outros Gases tóxicos



Fonte: (“Vida de Silício,” 2020)

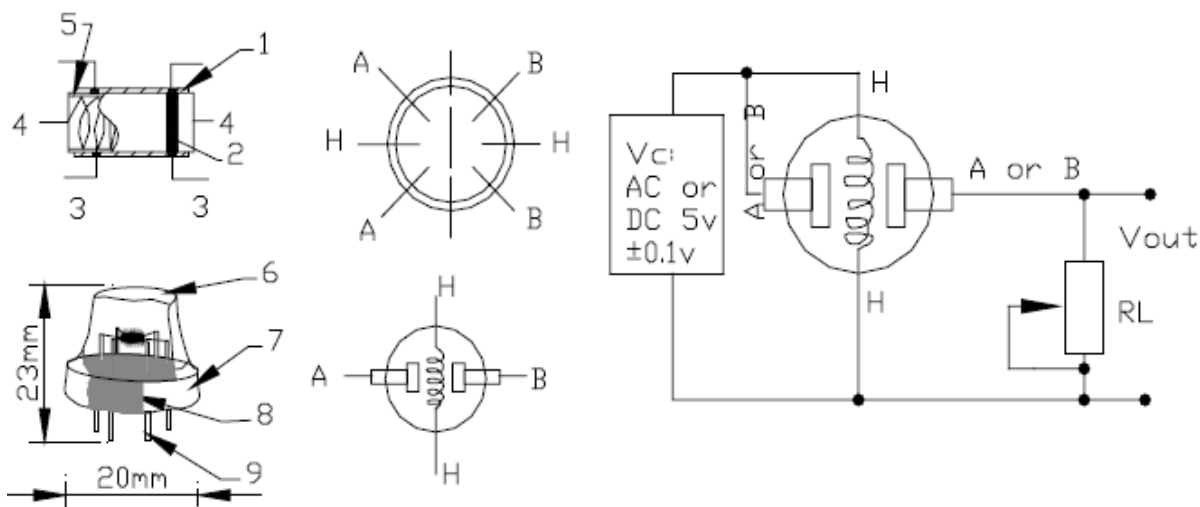
Figura 20 – MQ135 - vista interna



Fonte: (“Vida de Silício,” 2020)

Esse sensor é do tipo eletro-catalítico, composto por uma bobina de fio de platina aquecido eletricamente, com uma base de material cerâmico, como alumina e um revestimento final exterior do catalisador de metal – paládio (Pd) ou ródio (Rh), disperso em um substrato de tório (Th), envoltos por um encapsulamento metálico. Se uma mistura de gás e ar passa pela superfície do catalisador aquecido, irá ocorrer combustão, e em consequência, o aumento da temperatura do talão do sensor alterando a resistência da bobina de platina (“DSA Suppliers,” 2020), (“Vida de Silício,” 2020). Quando o sensor detecta a presença do gás, sua saída digital D0 é comutada para estado alto, ou seja, é ligada (“Vida de Silício,” 2020).

Figura 21 – Estrutura e configuração do MQ-135



Fonte: (“Olimex,” 2020)

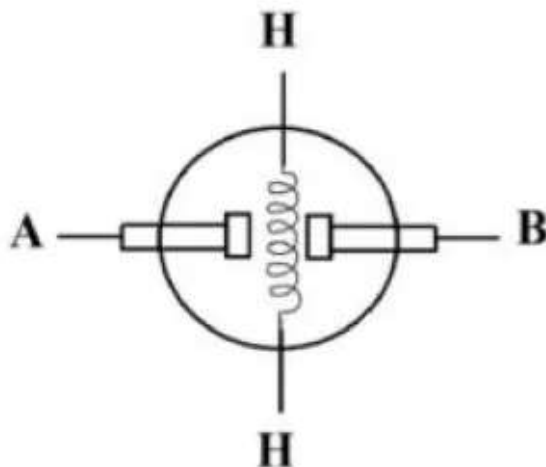
Tabela 5 – Partes do sensor MQ-135

Partes	Materiais
1 Face sensora	SnO ₂
2 Eletrodo	Au
3 Fio do eletrodo	Pt
4 Bobina do aquecedor	Liga de Ni-Cr
5 Tubo de cerâmica	Al ₂ O ₃
6 Rede anti-exploração	Tela de aço inoxidável (SUS316 100-mesh)
7 Anel de fixação	Cobre revestido de platina
8 Base de resina	Baquelite
9 Pinos	Cobre revestido de platina

Fonte: (“Olimex,” 2020)

Como já citado, o sensor MQ-135 possui a capacidade de detectar outros gases além da amônia, sendo que cada gás apresenta uma curva de sensibilidade diferente e específica, permitindo desse modo uma maior precisão nas análises para cada tipo de gás.

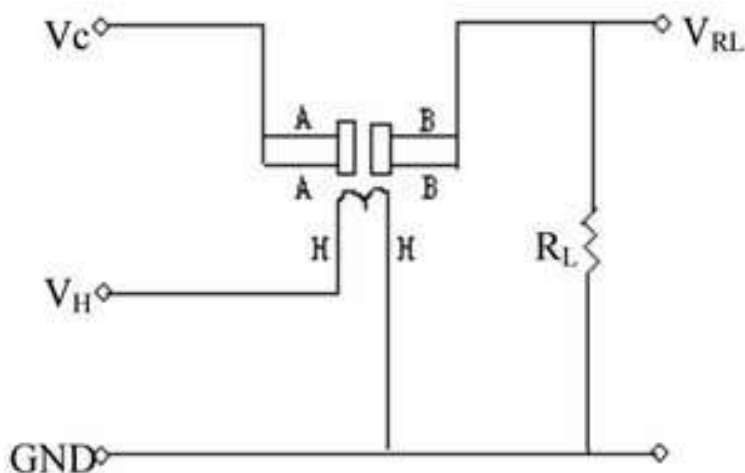
Figura 22 – Composição interna do sensor MQ-135



Fonte: (“Portal Vida de Silício,” 2021)

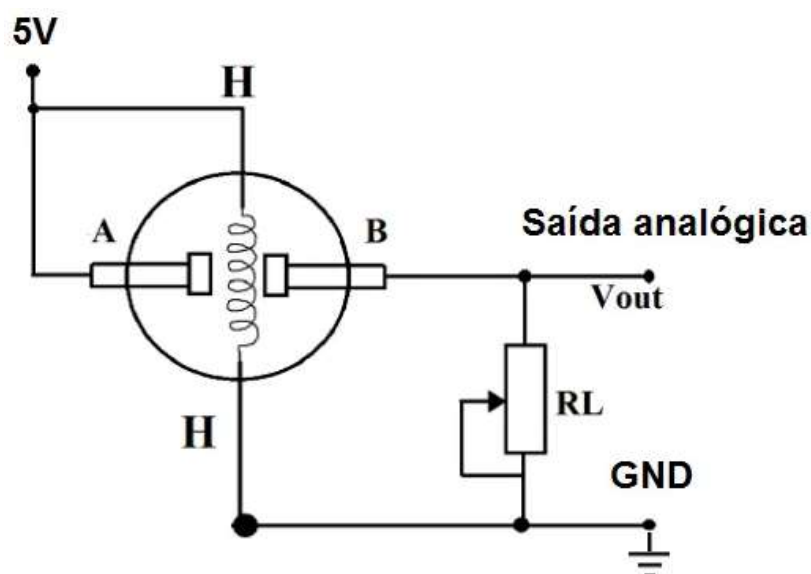
A Figura 22 mostra esquematicamente como é internamente a construção do sensor MQ-135. Na vertical, tem-se a resistência elétrica que aquece o ar, e está conectada através dos pinos H ao circuito da fonte de energia elétrica, sendo um ligado a alimentação de 5V e o outro ao referencial GND (ground) de 0V. Esse resistor “aquecedor” é usado para fornecer a temperatura de que o sensor precisa para funcionar corretamente. Transversal à resistência (pontos A e B) encontra-se o sensor de gás. Quando submetido a uma atmosfera em que exista gás poluidor, que neste caso trata-se da amônia, a resistência do sensor diminui conforme a concentração do gás aumente, ou seja, quanto mais amônia no ambiente, menor será a resistência entre A e B.

Figura 23 – Circuito do sensor



Fonte: jaycon systems (2021)

Figura 24 – Esquema interno do sensor de gás série MQ

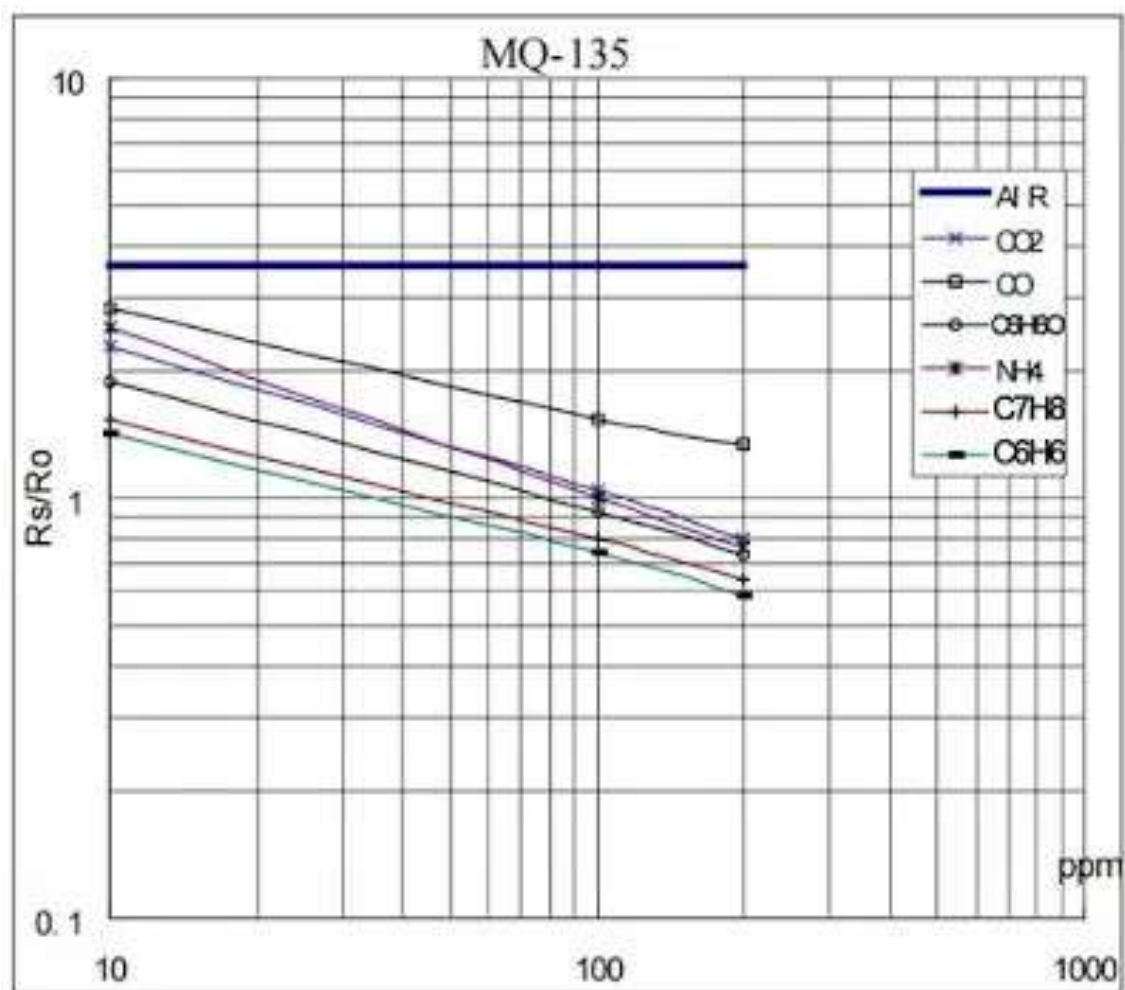


Fonte: ("Portal Vida de Silício," 2021)

Conforme a resistência entre A e B diminui indicando maior concentração de amônia, maior será a tensão sobre o resistor RL.

Para o levantamento da curva de sensibilidade representada na Figura 25, as condições de ambiente as quais o fabricante do sensor o submeteu foram: temperatura 20°C, umidade 65%, concentração de O₂ 21%, resistência de carga RL de 20 kΩ. O valor da concentração do gás, em partes por milhão (ppm) é obtida pela relação de resistência do sensor (R_S / R_0). Rs: resistência do sensor em várias concentrações de gases. Ro: resistência do sensor a 100ppm de NH₃ em ar limpo.

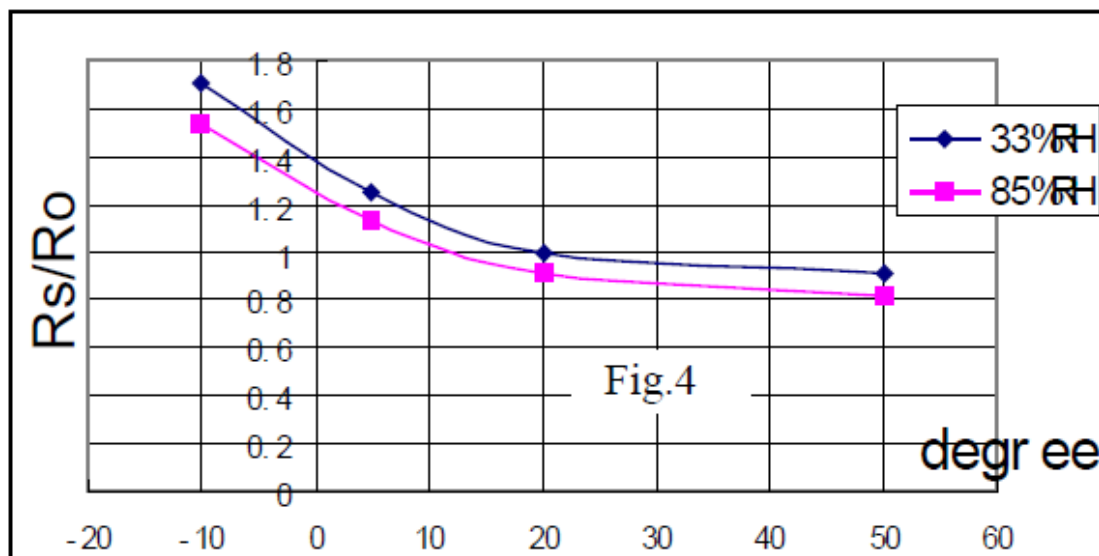
Figura 25 – Curva característica de sensibilidade



Fonte: ("Olimex," 2020)

A Figura 26 mostra a típica dependência do MQ-135 à temperatura e umidade. Ro: resistência do sensor a 100ppm de NH₃ em ar a 33% RH (umidade) a 20°C. Rs: resistência do sensor a 100ppm de NH₃ em diferentes temperaturas e umidades.

Figura 26 – Relação do MQ-135 com temperatura e umidade



Fonte: ("Olimex," 2020)

3.14 Ajuste da sensibilidade: calibração

O valor da resistência do MQ-135 é diferente para cada tipo e concentração dos vários gases tóxicos aos quais ele é sensível. Desse modo, o sensor deverá ser calibrado para que possa realizar a detecção e leitura corretas da amônia no ambiente, pois além desta, o sensor responde à presença de CO₂, fumaça, vapor de sulfeto e benzeno, na faixa de concentrações de 10 a 1.000 ppm.

O módulo sensor MQ-135 em sua face inferior conta com um potenciômetro (resistor variável) que permite alterar a sensibilidade do sensor através da alteração do valor da resistência. Quanto mais alto o valor da resistência, mais sensível se torna o sensor.

Figura 27 – face inferior do sensor MQ-135

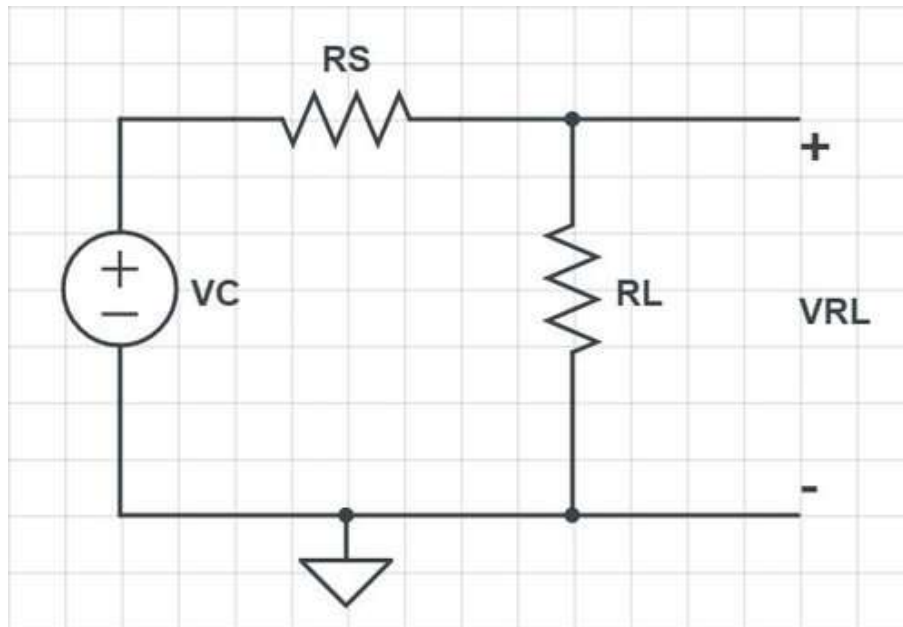


Fonte: ("Portal Vida de Silício," 2021)

Para encontrar o valor de R_S , usa-se a fórmula da 1ª Lei de Ohm, sendo V a tensão em volts, I a corrente em Amperes e R a resistência em Ohms.

$$V = I \times R \quad (4)$$

Figura 28 – Circuito simplificado do sensor

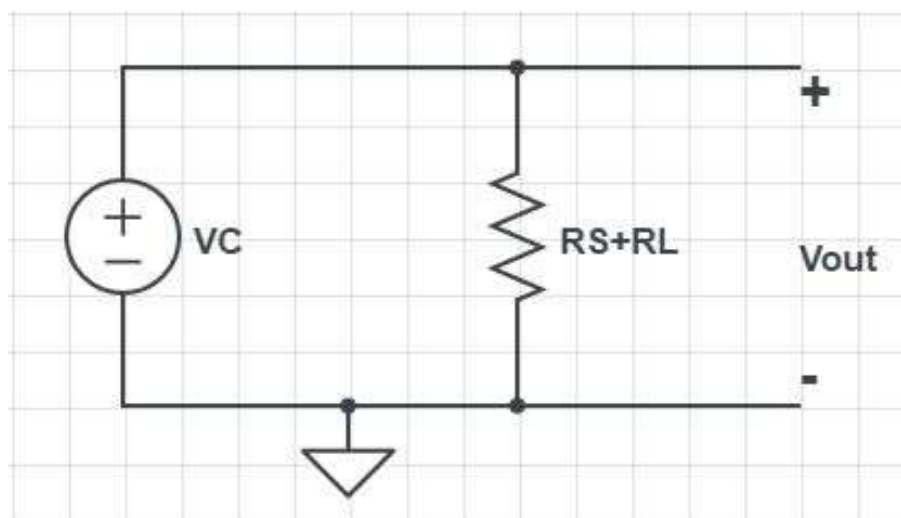


Fonte: jaycon systems (2021)

Na Figura 28 nota-se que R_S , resistor entre os pinos A e B e R_L estão em série, que podem ser substituídos pelo seu resistor equivalente, que vem a ser um único resistor capaz de manter as características resistivas, e que no caso de uma associação em série, é encontrado somando-se os valores dos resistores:

$$R_{eq} = R_S + R_L \quad (5)$$

Figura 29 – Resistor equivalente (RS + RL)



Fonte: jaycon systems (2021)

Continuando a decompor a 1ª Lei de Ohm, a corrente é encontrada por

$$I = V / R \quad (6)$$

Aplicando-se no circuito do sensor, considera-se V como sendo a tensão do circuito (VC) e substitui-se R pelo resistor equivalente que é a soma dos resistores RS e RL:

$$I = VC / (RS + RL) \quad (7)$$

Encontra-se o valor da tensão de saída no resistor de carga (VRL) utilizando-se o valor obtido de I e aplicando na 1ª Lei de Ohm.

$$VRL = [VC / (RS + RL)] \quad (8)$$

$$VRL = (VC \times RL) / (RS + RL) \quad (9)$$

Obtendo-se o valor de RS:

$$VRL \times (RS + RL) = VC \times RL \quad (10)$$

Substituindo 10 em 11:

$$(VRL \times RS) + (VRL \times RL) = VC \times RL \quad (11)$$

Isolando (VRL x RS):

$$(VRL \times RS) = (VC \times RL) - (VRL \times RL) \quad (12)$$

Encontrando o valor de RS:

$$RS = [(VC \times RL) - (VRL \times RL)] / VRL \quad (13)$$

Logo:

$$RS = [(VC \times RL) / VRL] - RL \quad (14)$$

Esta fórmula permite encontrar valores de resistência para diferentes gases.

No gráfico da Figura 25, pode-se verificar que a relação de resistência no ar livre é uma constante: $RS/R0 = 4,4$ ppm. Para se calcular o valor de R0 é necessário encontrar o valor de RS ao ar livre, que é obtido tomando as leituras médias analógicas do sensor e convertendo-as em tensão. Em seguida, aplica-se a fórmula de RS para encontrar R0.

Analisando o gráfico da Figura 25, verifica-se que:

1. A escala do gráfico é log-log, ou seja, em uma escala linear, o comportamento da concentração do gás em relação à razão de resistência é exponencial (JAYCON SYSTEMS, 2021);
2. Os valores de concentração de gás variam apenas de 200 ppm a 10.000 ppm (JAYCON SYSTEMS, 2021);
3. Ao contrário do que possa parecer, a razão entre resistência e a concentração de gás não é linear (JAYCON SYSTEMS, 2021).

Apesar dessa última afirmação, é conveniente de início, tratar as linhas como se fossem lineares, pois dessa maneira, pode-se usar uma fórmula que relaciona linearmente a razão e a concentração, o que possibilita encontrar a concentração de um gás em qualquer valor de razão, mesmo que esteja fora dos limites do gráfico. Aplica-se então uma equação para uma linha reta, porém numa escala log-log. A equação da reta é apresentada na fórmula (15) e representada no gráfico da Figura 30:

$$y = mx + b \quad (15)$$

Onde:

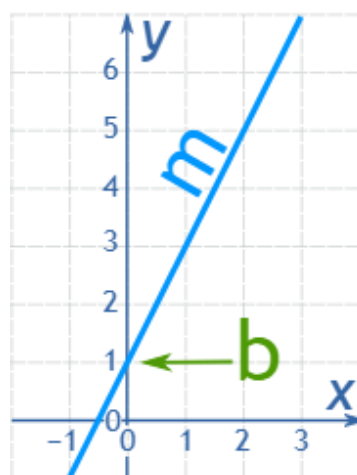
y = valor da coordenada no eixo Y

x = valor da coordenada no eixo X

m = inclinação da reta

b = valor de y quando x = 0

Figura 30 - Equação da reta



Fonte: Math is fun (2021)

Para uma escala log-log, a fórmula a ser aplicada considerando log base 10 é:

$$\log(y) = m * \log(x) + b \quad (16)$$

Para se encontrar a inclinação da reta é necessário escolher 2 pontos do gráfico que no caso da amônia, os valores escolhidos (10, 2,6) e (110, 0,75) da linha de NH₄ e aplicá-los na fórmula

$$m = [\log(y) - \log(y_0)] / [\log(x) - \log(x_0)] \quad (17)$$

Aplicando-se a regra do quociente logarítmico, obtém-se:

$$m = \log(y / y_0) / \log(x / x_0) \quad (18)$$

Substituindo-se os valores de x , x_0 , y e y_0 tem-se:

$$m = \log(0,75 / 2,6) / \log(110 / 10) \quad (19)$$

$$m = - 0,518 \quad (20)$$

Obtido o valor de m (inclinação da reta), pode-se calcular o intercepto ou interceptação que indica onde a linha cruza um eixo. A inclinação juntamente com o intercepto definem a relação linear entre duas variáveis, podendo com eles se estimar uma taxa média de mudança: quanto maior a magnitude da inclinação, mais íngreme será a posição da linha e a taxa de mudança será maior (MINITAB, 2021).

Para se calcular o intercepto é necessário escolher um ponto no gráfico, referente à linha do NH_4 (100, 1):

$$\log(y) = m \cdot \log(x) + b \quad (21)$$

Isolando-se b :

$$b = \log(y) - m \cdot \log(x) \quad (22)$$

$$b = \log(1) - (-0,518) \cdot \log(100)$$

$$b = 0 - (-0,518) \cdot 2$$

$$b = 1,036$$

E finalmente com os valores de m e de b , pode-se encontrar a concentração do gás, aplicando-se:

$$\log(x) = [\log(y) - b] / m \quad (23)$$

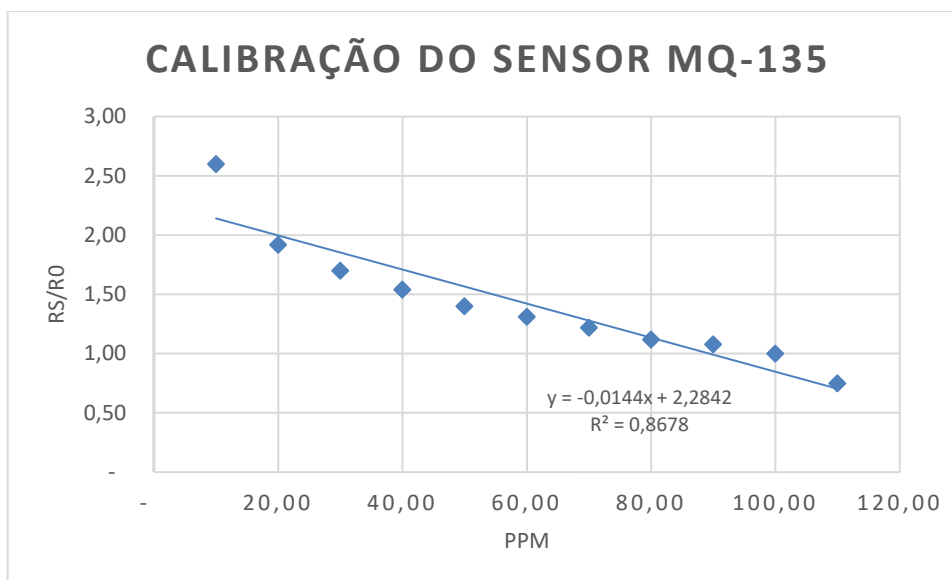
Porém, para se obter o valor real da concentração de gás, de acordo com o gráfico log-log, é necessário encontrar o log inverso de x :

$$x = 10^{\{[\log(y) - b] / m\}} \quad (24)$$

$$x = 10^{\{[\log(1) - 1,036] / -0,518\}}$$

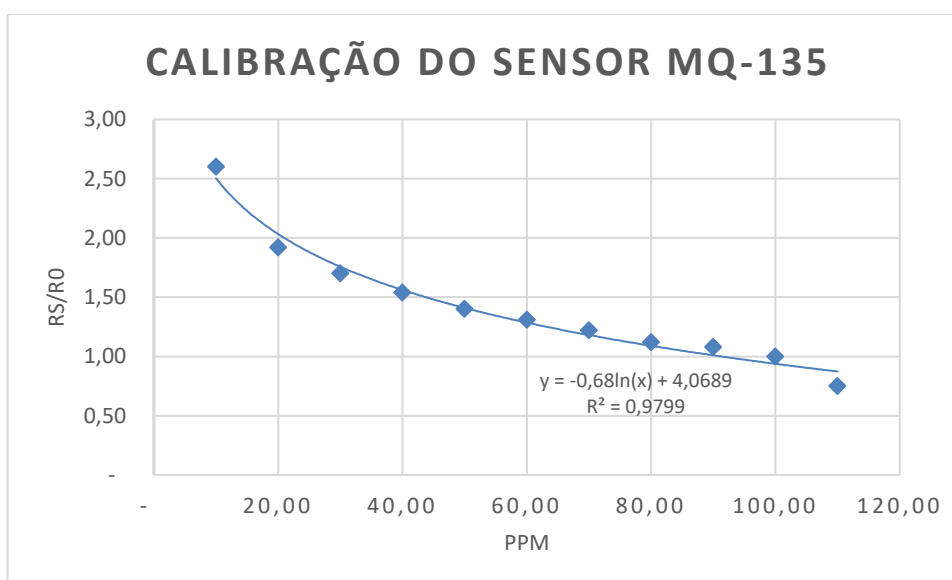
$$x = 100$$

Figura 31 – Calibração do sensor MQ-135: equação linear



Fonte: próprio autor (2021)

Figura 32 – Calibração do sensor MQ-135: equação logarítmica



Fonte: próprio autor (2021)

3.15 Sensor de temperatura – Termistores

São componentes semicondutores cuja resistência elétrica varia com a temperatura, sendo extremamente sensíveis a pequenas mudanças de temperatura, ou em outras palavras, são resistores sensíveis à variação de temperatura. Os elementos resistivos são óxidos de metais, como manganês, níquel, cobalto, cobre, ferro e titânio (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012).

Basicamente são dois tipos de termistores: os PTC (*Positive Temperature Coefficient*), que apresentam coeficiente positivo de temperatura, ou seja, a resistência aumenta com a temperatura e os NTC (*Negative Temperature Coefficient*), cuja resistência diminui com a temperatura. (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2012), (“ADD THERM,” 2020).

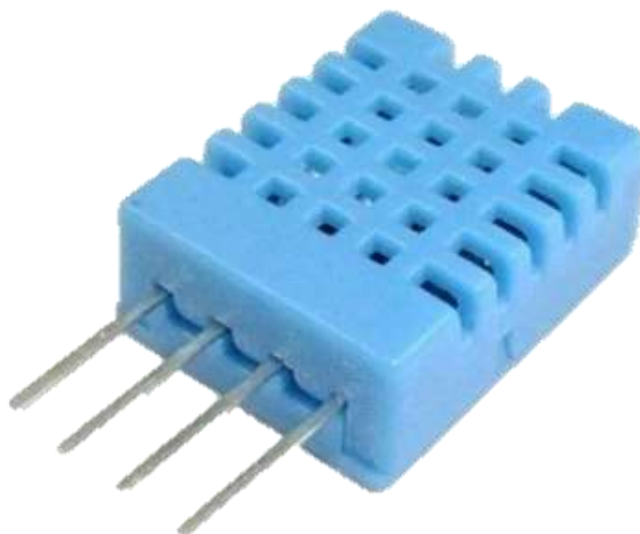
3.16 Sensor de temperatura NTC

Os sensores de temperatura do tipo NTC são fabricados a partir da mistura de óxidos de metais de transição – manganês, cobre, cobalto e níquel, apresentam variação na resistência ôhmica em relação a temperatura a qual foi submetida, sendo o elemento resistor termicamente sensível e apresenta coeficiente negativo, isto é, possuem resistência inversamente proporcional à temperatura, sendo os mais utilizados por apresentarem alta sensibilidade ao aumento de temperatura (“ADD THERM,” 2020).

3.17 Sensor DHT11

É um sensor de temperatura e umidade com sinal digital na saída que apresenta excelentes níveis de estabilidade e confiabilidade, pois possui em seu encapsulamento um microcontrolador de alta performance de 8bits. O elemento resistivo é do tipo NTC. A faixa de temperatura recomendada para leitura é de 0°C a 50°C com precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. O intervalo entre leituras é de 2 segundos (ROBOCORE, 2020).

Figura 33 – DHT11 - Sensor de umidade e temperatura

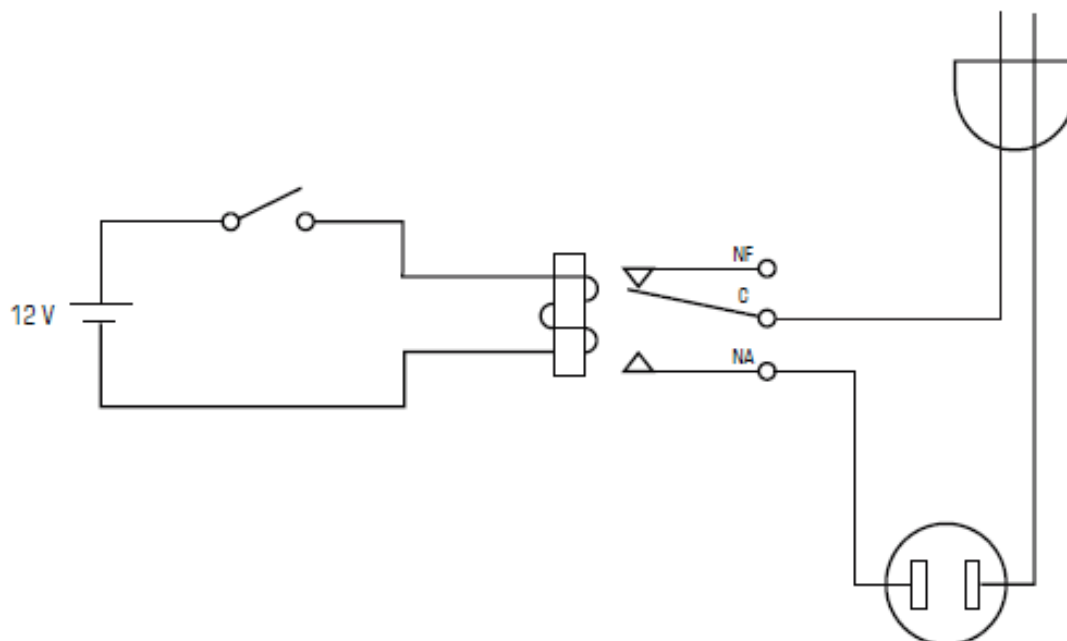


Fonte (“Vida de Silício,” 2020)

3.18 Relés

Os relés são chaves eletromagnéticas, as quais possuem uma bobina que ao ser energizada, age com um eletroímã, atuando sobre os contatos, fechando um circuito. Um relé básico tem quatro terminais, sendo dois para a alimentação da bobina e dois para a chave, que se fecha quando há corrente elétrica circulante na bobina. Tipicamente os relés tem uma chave de três contatos: NF – Normalmente Fechado; C – Comum e NA – Normalmente Aberto. Isso significa que quando o relé está desligado, existe contato entre NF e C, ficando o NA aberto. Com a bobina acionada, há o contato entre NA e C (NA se fecha), abrindo o NF (RIVERA, 2018).

Como a chave é acionada magneticamente, o relé possibilita acionar um outro circuito elétrico a partir de um circuito mais simples, por exemplo na Figura 34, aplicando 12V na bobina do relé de 12V, um circuito elétrico de 127V ou 220V poderá ser acionado (RIVERA, 2018).

Figura 34 – Esquemático do funcionamento do relé

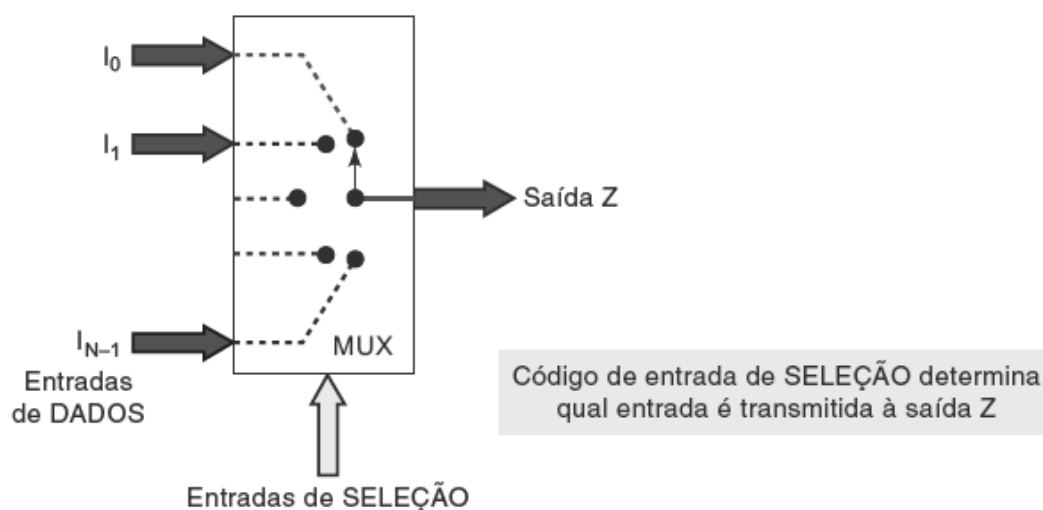
Fonte: (RIVERA, 2018)

3.19 Multiplexador

O multiplexador digital ou seletor de dados é um circuito lógico que recebe diversos dados digitais na entrada e seleciona um, em determinado instante, transferindo-o para a saída. Esse envio do dado de entrada para a saída é controlado pelas entradas de seleção (TOCCI; WIDMER; MOSS, 2011).

A atuação do multiplexador é como uma chave de múltiplas posições controlada digitalmente, sendo a entrada de dados a ser comutada para a saída controlada pelo código aplicado nas entradas de seleção (TOCCI; WIDMER; MOSS, 2011).

Figura 35 – Diagrama funcional de um multiplexador digital



Fonte: (TOCCI; WIDMER; MOSS, 2011)

3.20 Sistema operacional Android

Android foi o nome dado ao sistema operacional baseado no Linux desenvolvido principalmente para telefones inteligentes (*smartphones*) e tablets, tendo sido criado em 2005 pela Android Inc, sendo posteriormente vendido para Google. Em 2008 foi disponibilizado para venda o primeiro aparelho móvel com o sistema operacional Android instalado. O nome Android faz alusão ao romance de Philip K. Dick chamado “Androides sonham com ovelhas elétricas?” escrito entre 1966 e 1968, que conta uma história futurista em que existem androides super inteligentes e parecidos com os seres humanos (GCFGLOBAL, 2021).

3.21 Data Logger

O Data Logger é um registrador de dados que se comporta como um gravador autônomo, que monitora dados como tensão, temperatura, corrente e concentração de gases e registrando-os em tempo real. É uma opção quando a aplicação exigir tempos de gravação estendidos (DEWESOFT, 2021).

3.22 Módulo Sd Card com Mini Logger Data Clock

Trata-se de uma versão mais compacta, simples e prática de data logger para o uso com Arduino, porém por possuir conexão I2C e SPI, pode ser usado com uma variedade de dispositivos e não apenas limitado ao Arduino, como por exemplo com

o ESP8266 registrando remotamente dados, enquanto também mantém o registro do horário. O ESP8266 tem wifi integrado, porém se a conexão cai, haverá perda dos dados registrados nesse período. A interface do cartão SD funciona com cartões formatados FAT16 ou FAT32. Tem um circuito regulador de tensão de 3,3v evitando assim qualquer dano ao cartão SD. Possui ainda um relógio de tempo real (RTC) para o manter o horário atualizado mesmo quando o Arduino estiver desconectado.

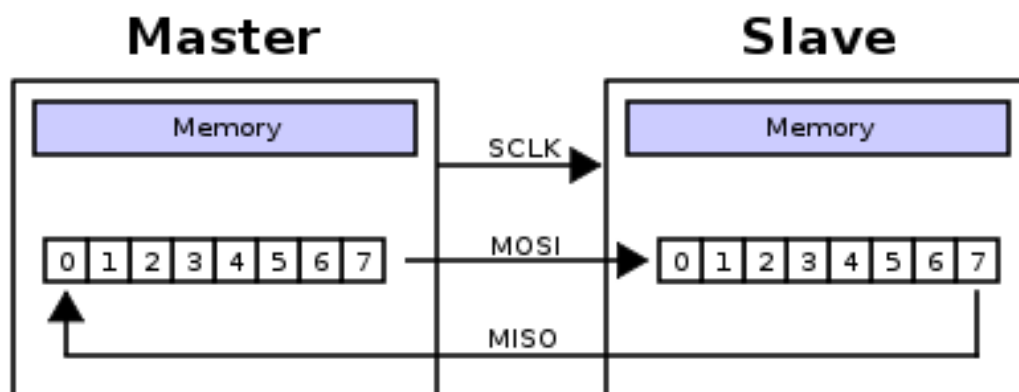
3.23 Protocolos de comunicação SPI e I2C

São protocolos de comunicação muito usados na interligação de microcontroladores com outros dispositivos, como sensores, conversores ADCs (conversor analógico-digital) e DACs (conversor digital-analógico), memórias, displays de cristal líquido, etc. Ambos são protocolos síncronos, ou seja, um dos sinais que transitam é um sinal de relógio, fato que permite transferências mais rápidas e usam estratégia master-slave (mestre-escravo), sendo o microcontrolador o mestre, que ao gerar o sinal de relógio (clock), comanda a troca de dados com os outros dispositivos, os escravos (FEU-PORTO, 2021).

3.24 Protocolo SPI (Serial Peripheral Interface)

Trata-se de uma interface de comunicação serial de baixa potência, projetada para a comunicação entre controladores e periféricos de IC (circuitos integrados). Apesar de ser um protocolo estabelecido, o SPI não é um padrão oficial. (TOP GADGET, 2021). Neste protocolo, quer seja o master, quer seja o slave, possuem internamente um registro de deslocamento os quais serão ligados entre si via duas linhas de dados, a MOSI (Master Output Slave Input) e a MISO (Master Input Slave Output). O deslocamento dos bits se dá segundo o ritmo do sinal de relógio (SCLK) que é gerado (FEU-PORTO, 2021).

Figura 36 – Representação do registro de deslocamento

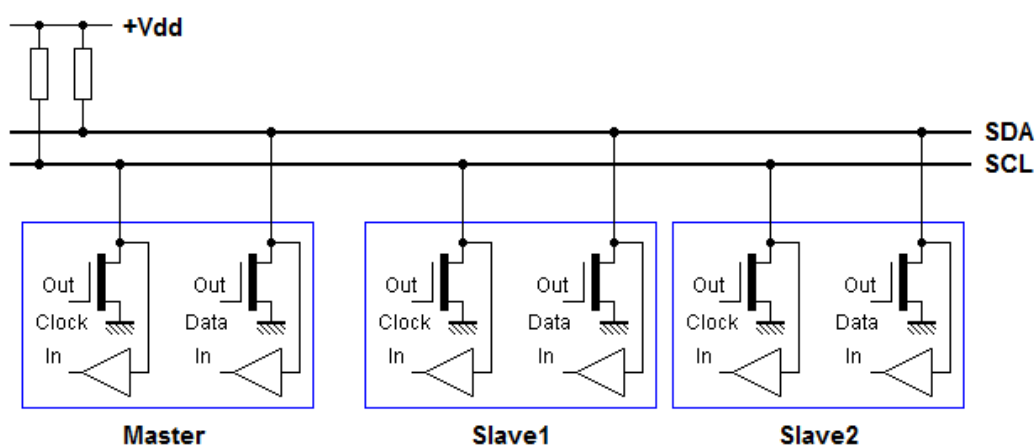


Fonte: (FEU-PORTO, 2021)

3.25 Protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit)

Este protocolo é implementado apenas com duas linhas, SDA (Serial Data) e SCL (Serial Clock). Como nesse protocolo somente existe uma linha para a transferência de dados, o envio e a recepção de dados não ocorrem simultaneamente (FEU-PORTO, 2021). O protocolo I2C foi estabelecido como um padrão oficial (TOP GADGET, 2021).

Figura 37 – Representação do esquema de comunicação no I2C



Fonte: (FEU-PORTO, 2021)

3.26 Delimitação dos campos de pesquisa

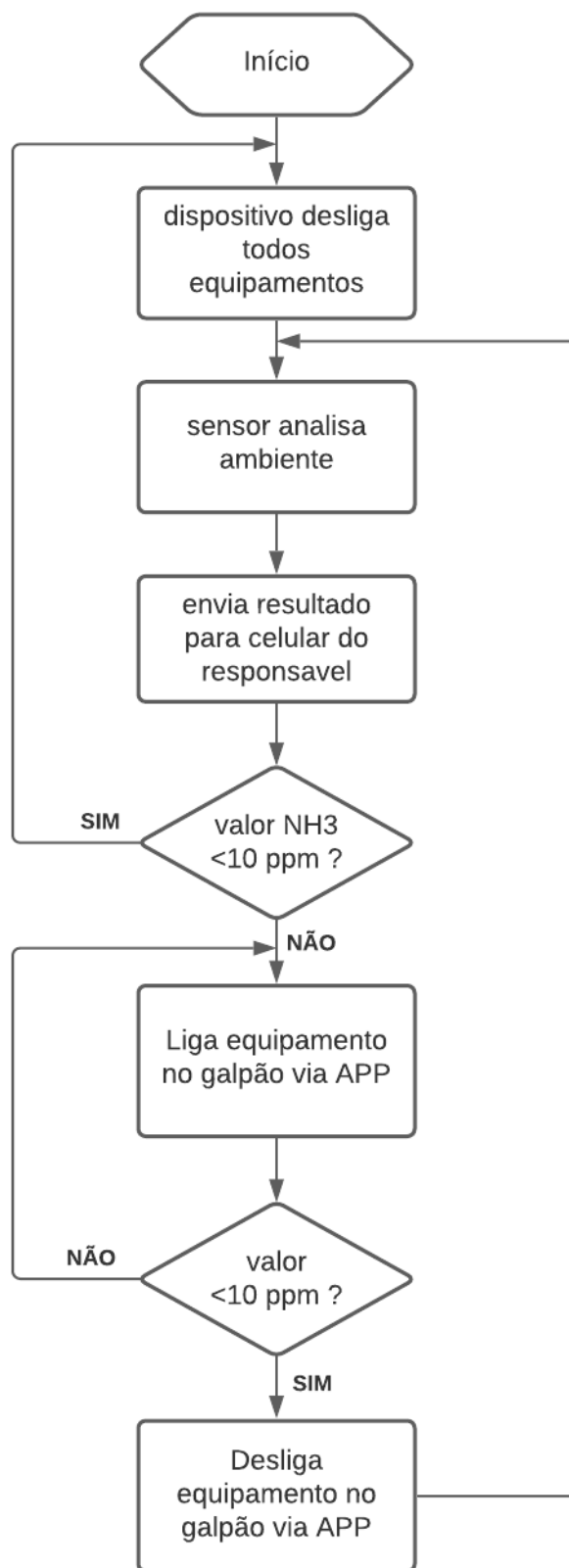
O trabalho será desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Fazenda Lageado – Botucatu São Paulo. Os dados serão coletados em

granjas da região, onde também será verificada a viabilidade do monitoramento e controle à distância dos níveis de amônia.

3.27 Atuação do AEREM NH₃ CONTROLLER

O dispositivo será disposto no galpão, na área de maior concentração das aves, para que o sensor MQ-135 possa realizar as leituras do nível de amônia. Após a aquisição dos valores e armazenamento na memória RAM, o Arduino irá fazer o processamento desses dados, comparando-os com os dados definidos no código gravado na memória Flash. O resultado dessa comparação será enviado via WiFi pelo módulo ESP8266 ESP-01 ao administrador da granja, o qual receberá em seu celular e verificará o nível de amônia e tomará a ação que achar apropriada, através do aplicativo especificamente desenvolvido para que possa haver a intervenção à distância. Essa intervenção poderá ser a abertura ou fechamento das cortinas, ligar ou desligar o sistema de ventilação forçada e ligar ou desligar o sistema de aspersão de água, não necessariamente nessa ordem, mas sim a qual o administrador achar mais adequada.

∴
.

Figura 38 – Fluxograma do funcionamento do AEREM NH₃ CONTROLLER

Fonte: próprio autor (2021)

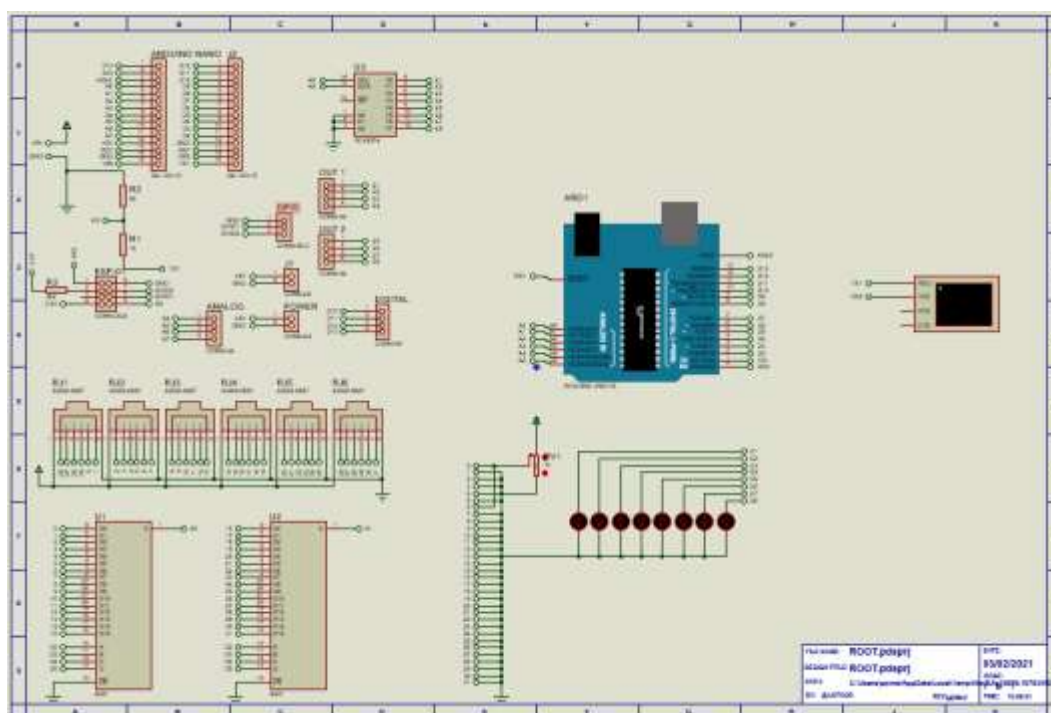
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma vez delimitado o problema da pesquisa, partiu-se para o levantamento dos componentes, o desenvolvimento do projeto com o esboço e simulação do circuito elétrico.

4.1 Simulação do circuito elétrico

Com a simulação via software Proteus foi possível definir o funcionamento do dispositivo, suas entradas, saídas, pinos, sensores e atuadores, suas funções, sequências de acionamento, etc. No esboço do circuito elétrico, alguns componentes definidos no projeto foram substituídos para que o acionamento sensores-atuadores pudesse ser simulado, como por exemplo, a substituição dos sensores por potenciômetro e os relês que irão acionar ventiladores e aspersores por LEDs.

Figura 39 – Circuito elétrico do projeto simulado no software Proteus



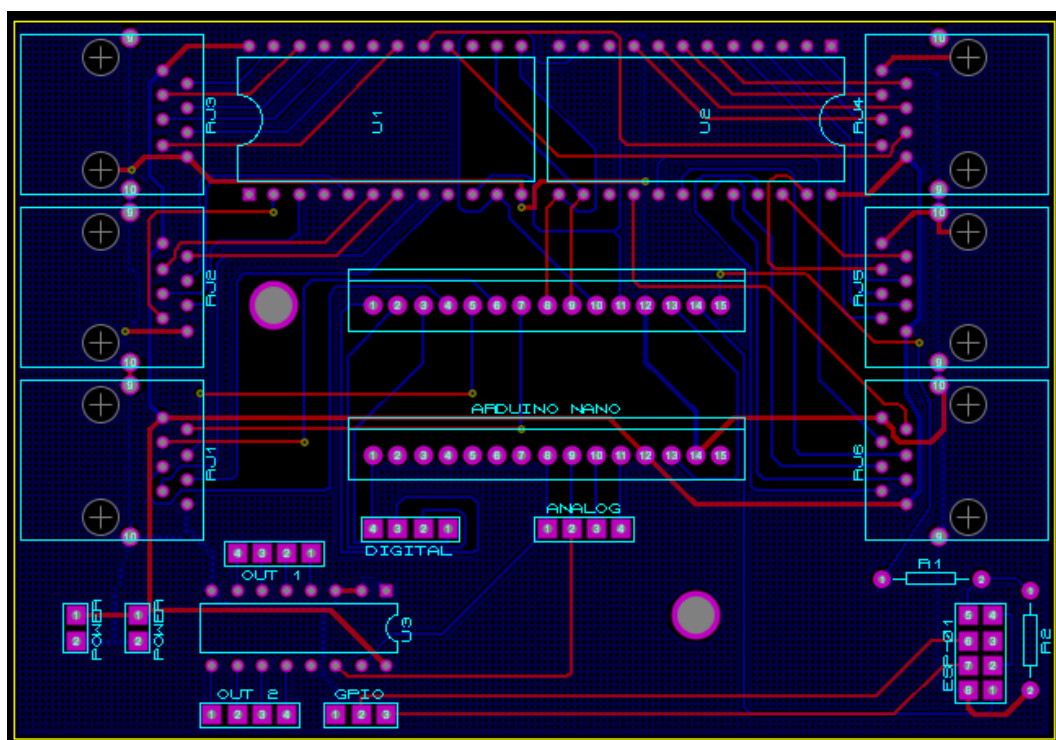
Fonte: próprio autor (2021)

4.2 Placa de controle

A partir da análise da simulação, optou-se pelo desenvolvimento de uma placa de controle para que sejam incorporados num só elemento, a plataforma de prototipagem Arduino modelo Nano e o módulo auxiliar de comunicação ESP8266

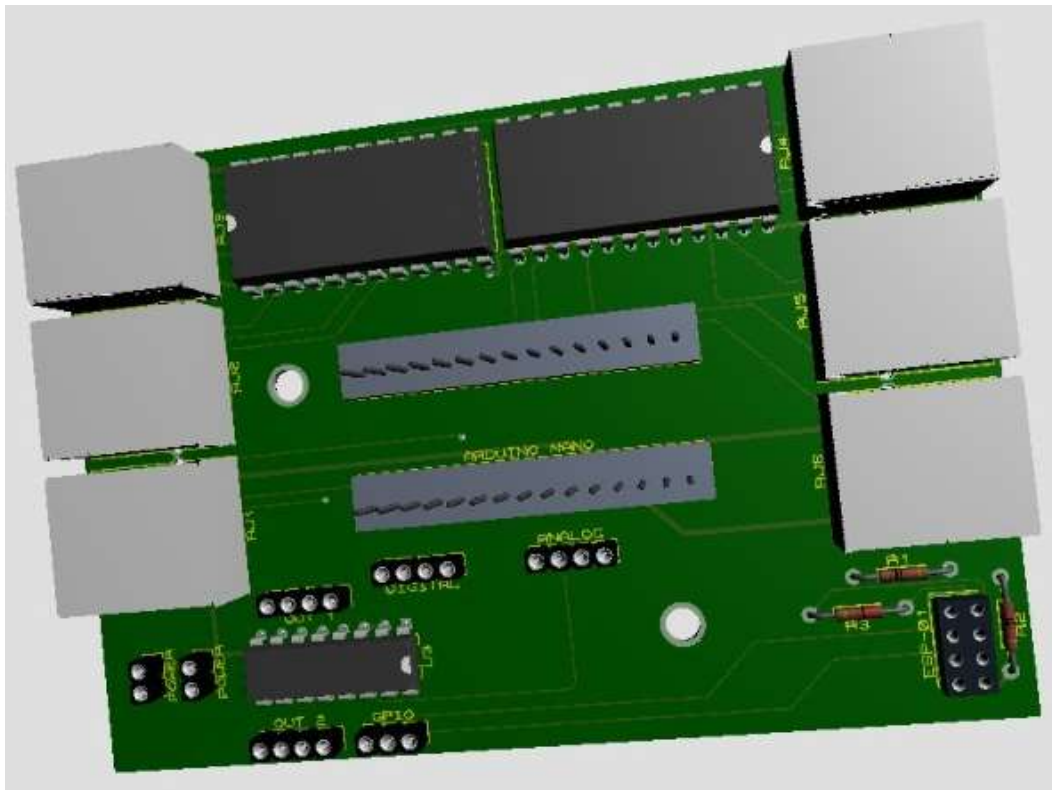
ESP-01 evitando desse modo a utilização de fios e cabos que poderiam apresentar e causar interferências e falhas causadas por desconexões e maus contatos. Uma vez definido o layout da placa de controle, o desenho foi enviado a uma empresa especializada na fabricação de placas de circuito onde então foi produzida.

Figura 40 – Layout da placa de controle



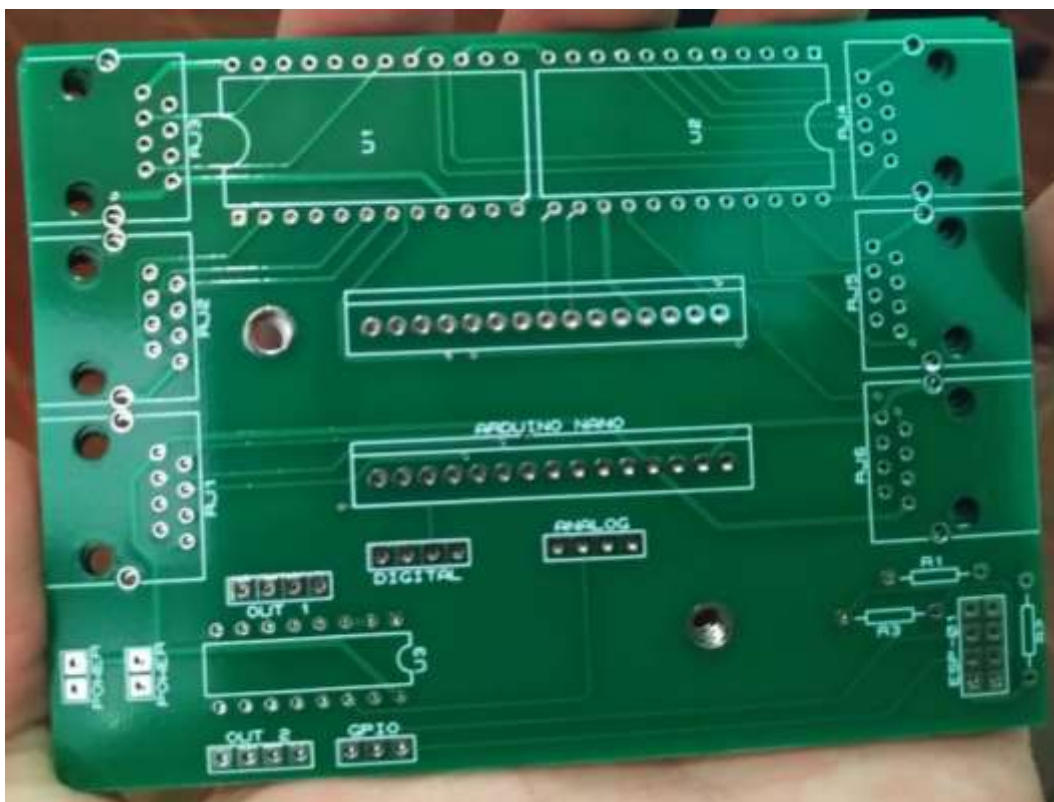
Fonte: próprio autor (2020)

Figura 41 – Simulação da placa de controle no software Proteus



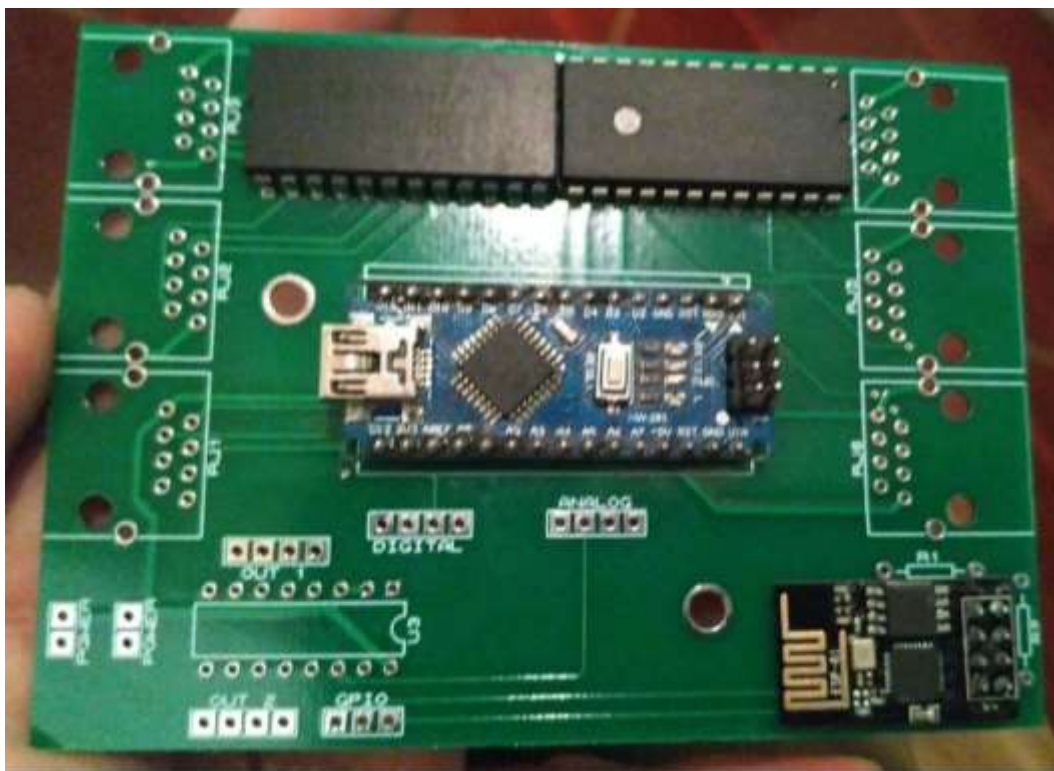
Fonte: próprio autor (2020)

Figura 42 – Placa de controle



Fonte: próprio autor (2020)

Figura 43 – Placa de controle com Arduino



Fonte: próprio autor (2020)

4.3 Módulo de relés

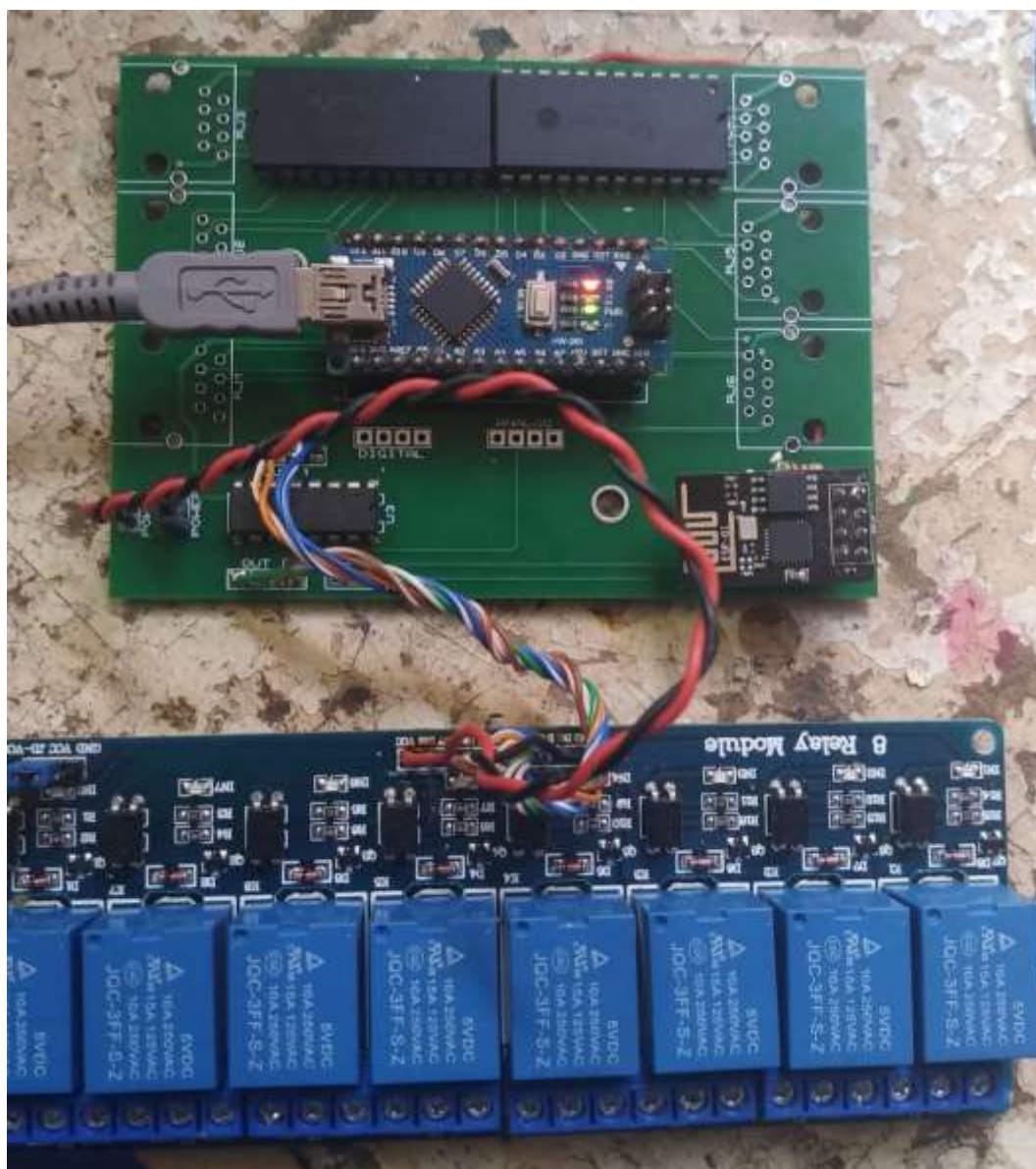
Para o acionamento dos atuadores (ventiladores e aspersores), serão utilizados relés: uma vez que o relé seja alimentado energizando sua bobina, a saída para o ventilador, por exemplo, será alimentada com a tensão normal da rede, permitindo seu funcionamento. O uso do módulo com 8 relés permitirá que os atuadores sejam acionados de maneira independente uns dos outros, possibilitando a dispersão direcionada dos gases.

Figura 44 – Módulo de relés



Fonte: próprio autor (2019)

Figura 45 – Placa de controle com módulo de relés



Fonte: próprio autor (2020)

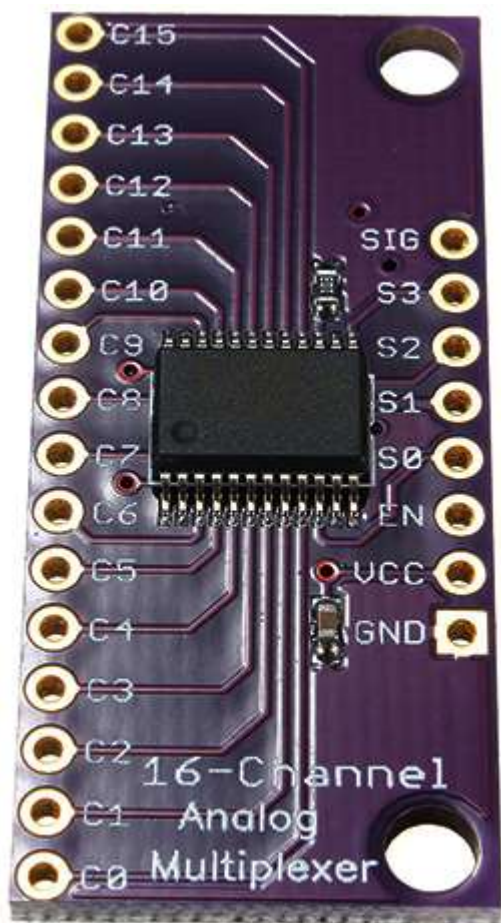
4.4 Módulo multiplexador

A atuação do multiplexador é como uma chave de múltiplas posições controlada digitalmente, sendo a entrada de dados a ser comutada para a saída

Como o Arduino nano é limitado a 8 entradas analógicas, optou-se por utilizar 2 módulos multiplexadores, que usam 4 bits compartilhando as entradas, multiplexando 16 portas analógicas, passando então a ter 32 portas tornando possível

a utilização de mais sensores, permitindo assim o monitoramento e controle de mais pontos de concentração de amônia dentro do galpão.

Figura 46 – Módulo multiplexador



Fonte: Flip e Flop (2020)

4.5 Módulo SD Card com Mini Logger Data Clock

Pela sua característica de registrador, o módulo SD card irá gerar registros contendo os valores dos dados de leitura dos sensores, dos estados dos relés, os estágios das cortinas entre outras informações, e o arquivo gerado sendo salvo e atualizado a cada leitura. Essas informações uma vez salvas, poderão ser acessados e servirem de parâmetros para possíveis correções, testes e manutenções, bem como ter acesso ao histórico do período, pois o módulo relógio adicionará ao sistema a capacidade de registrar os horários nos quais os sinais foram adquiridos e os valores obtidos.

Figura 47 – Módulo Sd Card com Mini Logger Data Clock

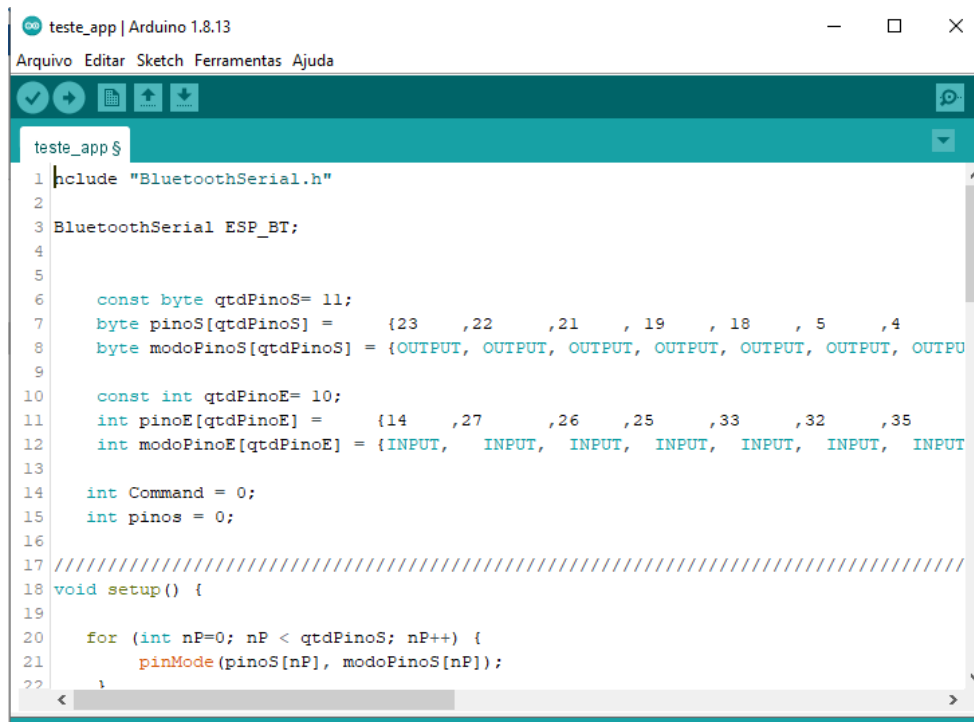


Fonte: próprio autor (2021)

4.6 Programação IDE Arduino

Toda a programação do funcionamento e comunicação entre todas as interfaces do sistema será realizada utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino, a chamada IDE (Integrated Development Environment), pois o Arduino e o ESP8266 compartilham desse ambiente para a elaboração dos seus códigos de controle, os programas como são chamados.

Figura 48 – Exemplo do uso da IDE Arduíno – ESP_BT

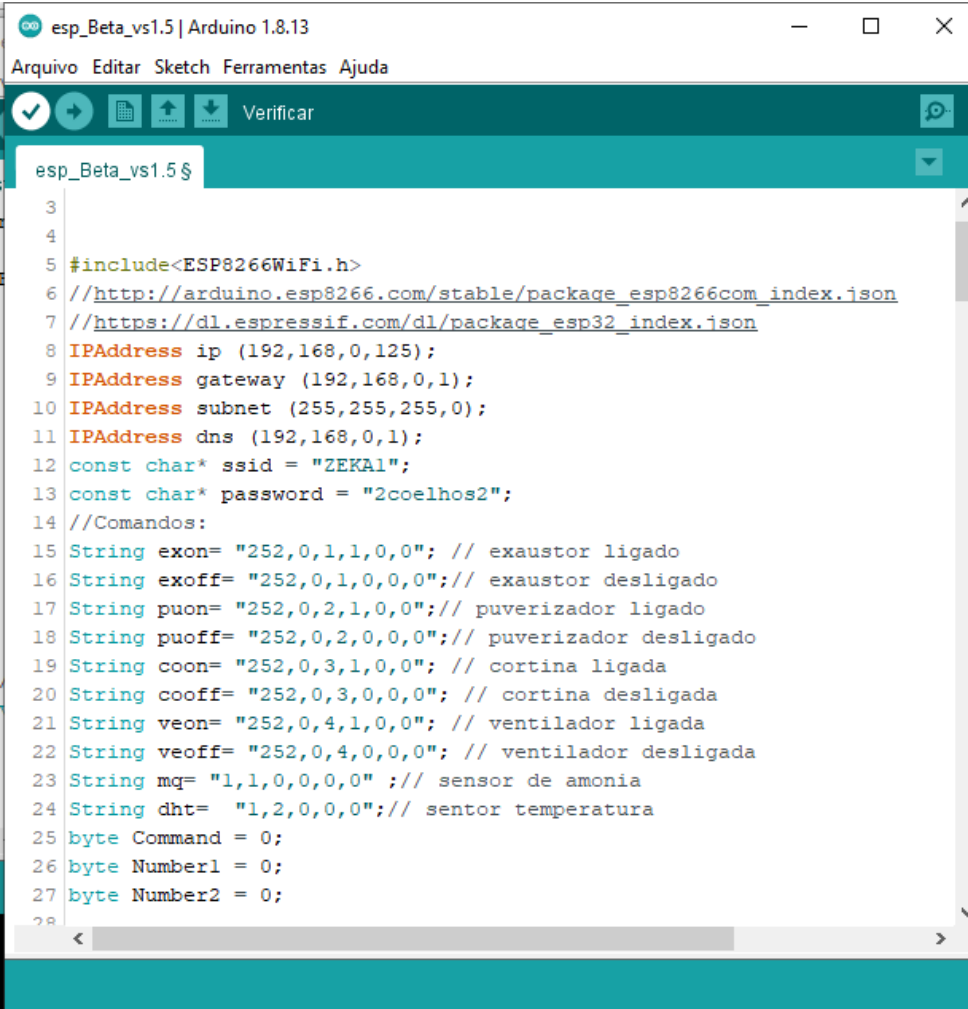


```
teste_app | Arduino 1.8.13
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

teste_app $
1 #include "BluetoothSerial.h"
2
3 BluetoothSerial ESP_BT;
4
5
6 const byte qtdPinoS= 11;
7 byte pinoS[qtdPinoS] = {23 ,22 ,21 , 19 , 18 , 5 ,4
8 byte modoPinoS[qtdPinoS] = {OUTPUT, OUTPUT, OUTPUT, OUTPUT, OUTPUT, OUTPUT, OUTPUT
9
10 const int qtdPinoE= 10;
11 int pinoE[qtdPinoE] = {14 ,27 ,26 ,25 ,33 ,32 ,35
12 int modoPinoE[qtdPinoE] = {INPUT, INPUT, INPUT, INPUT, INPUT, INPUT, INPUT
13
14 int Command = 0;
15 int pinos = 0;
16
17 ////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
18 void setup() {
19
20 for (int nP=0; nP < qtdPinoS; nP++) {
21 pinMode(pinoS[nP], modoPinoS[nP]);
22 }
```

Fonte: próprio autor (2021)

Figura 49 – Exemplo do uso da IDE Arduíno – ESP8266



```

esp_Beta_vs1.5 | Arduino 1.8.13
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Verificar
esp_Beta_vs1.5 $
3
4
5 #include<ESP8266WiFi.h>
6 //http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json
7 //https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json
8 IPAddress ip (192,168,0,125);
9 IPAddress gateway (192,168,0,1);
10 IPAddress subnet (255,255,255,0);
11 IPAddress dns (192,168,0,1);
12 const char* ssid = "ZEKA1";
13 const char* password = "2coelhos2";
14 //Comandos:
15 String exon= "252,0,1,1,0,0"; // exaustor ligado
16 String exoff= "252,0,1,0,0,0";// exaustor desligado
17 String puon= "252,0,2,1,0,0";// puerizador ligado
18 String puoff= "252,0,2,0,0,0";// puerizador desligado
19 String coon= "252,0,3,1,0,0"; // cortina ligada
20 String cooff= "252,0,3,0,0,0"; // cortina desligada
21 String veon= "252,0,4,1,0,0"; // ventilador ligada
22 String veoff= "252,0,4,0,0,0"; // ventilador desligada
23 String mq= "1,1,0,0,0,0" ;// sensor de amonia
24 String dht= "1,2,0,0,0";// sentor temperatura
25 byte Command = 0;
26 byte Number1 = 0;
27 byte Number2 = 0;
28

```

Fonte: próprio autor (2021)

4.7 Aplicativo celular

O aplicativo em desenvolvimento para o sistema Android, possibilitará que o usuário do sistema saiba em tempo real o nível da concentração de amônia no ambiente de produção de frangos bem como acionar remotamente os dispositivos para a dispersão do gás tóxico.

A tela do aplicativo mostrará um esquema representativo da área do galpão, como uma planta baixa, com a identificação dos sensores e locais nos quais estarão posicionados. Conforme ocorram as leituras desses sensores, em intervalos previamente definidos, a tela apresentará mudanças de cores, conforme a porcentagem de amônia concentrada na área, permitindo assim a identificação dos pontos críticos e a ação imediata localizada, acionando os dispositivos para a

dispersão da amônia de maneira otimizada, ou seja, somente aqueles cujo campo de ação esteja na região notificada e demonstrada no aplicativo.

4.8 Tela inicial do aplicativo

A Figura 50 mostra a tela inicial do aplicativo, com os dispositivos instalados no galpão que atuarão para expelir a amônia do ambiente. No modo manual, após a tomada de decisão, o usuário acionará remotamente, via aplicativo, os equipamentos clicando sobre o respectivo ícone na tela inicial, e será direcionado para a tela de acionamento manual.

Figura 50 – Tela inicial do aplicativo



Fonte: próprio autor (2021)

4.9 Tela de acionamento manual

Ao acessar a tela de acionamento manual, Figura 51, conforme os sensores indicarem os pontos ou regiões críticas, o usuário poderá tratar da dispersão do gás de modo localizado, ou seja, acionar somente os equipamentos que atendam esses locais, evitando assim de submeter todo o lote às ações dos dispositivos.

Figura 51 – Tela de acionamento manual



Fonte: próprio autor (2021)

4.10 Testes

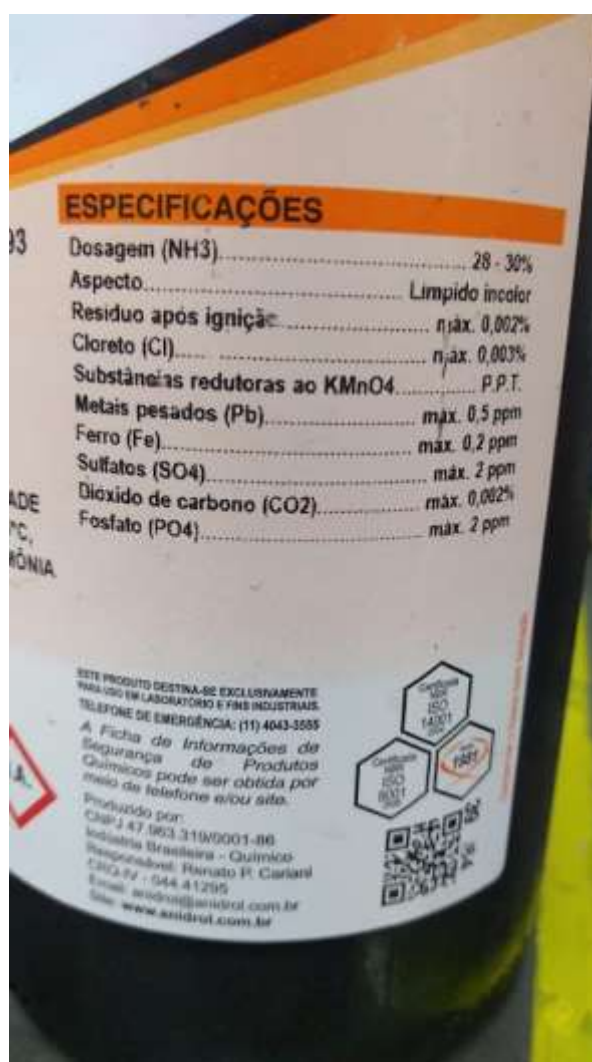
Devido a fase pandêmica pela qual o mundo todo vem passando desde o início do ano de 2020, não foi possível realizar os testes e verificações em campo, nas granjas da região devido aos protocolos de enfrentamento ao Covid-19. Assim sendo, realizamos o teste do sensor no laboratório de Química da Etec Sales Gomes, fazendo uso do hidróxido de amônio P.A. (NH_4OH), solução aquosa, com densidade relativa entre 0,88 e 0,957 a 15°C com mais de 10% e até 35% de amônia, de acordo com o fabricante. Segundo apresenta o rótulo do produto, a dosagem de NH_3 varia entre 28 a 30%. O NH_4OH foi colocado em um frasco menor para liberar o gás em um raio mais concentrado, sendo o sensor posicionado em frente à boca do frasco.

Figura 52 – Hidróxido de amônio P.A. rótulo



Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 53 – Hidróxido de amônio P.A. rótulo



Fonte: Próprio autor (2021)

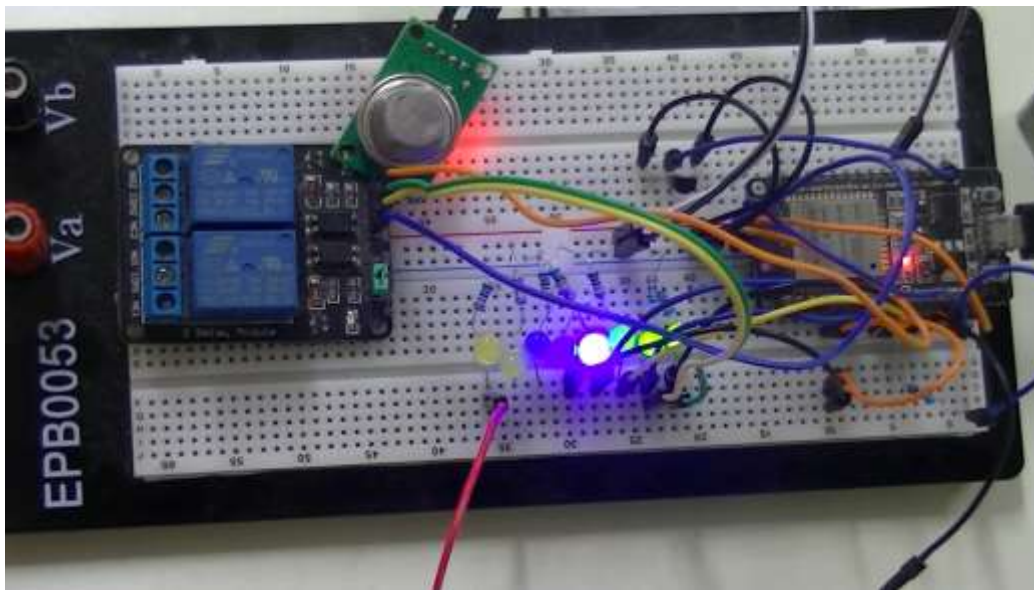
Figura 54 – Teste do sensor MQ-135



Fonte: Próprio autor (2021)

O teste de comunicação do dispositivo foi realizado em bancada, inicialmente com o anteprojeto, uma montagem “rascunho”, em protoboard e a placa de prototipagem ESP32, utilizando 2 reles ligados às saídas do microcontrolador e nestes foram ligados leds em substituição aos equipamentos normais de um galpão de criação de frangos: ventiladores, aspersores, etc. com o objetivo de confirmar a comunicação via sinal WiFi entre o *smart phone* e o dispositivo.

Figura 55 – Anteprojeto

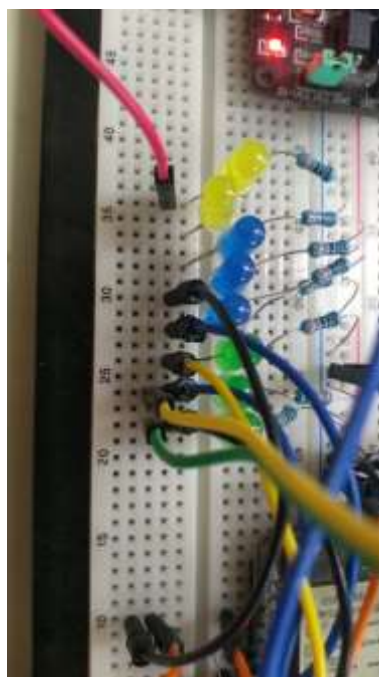


Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 56 – ESP32

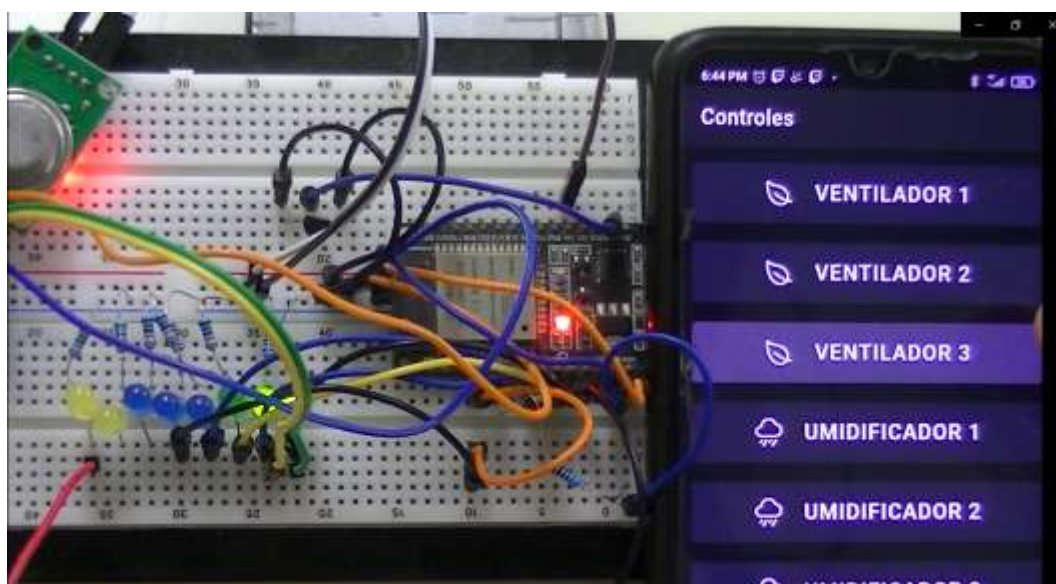


Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 57 – Leds em destaque

Fonte: Próprio autor (2021)

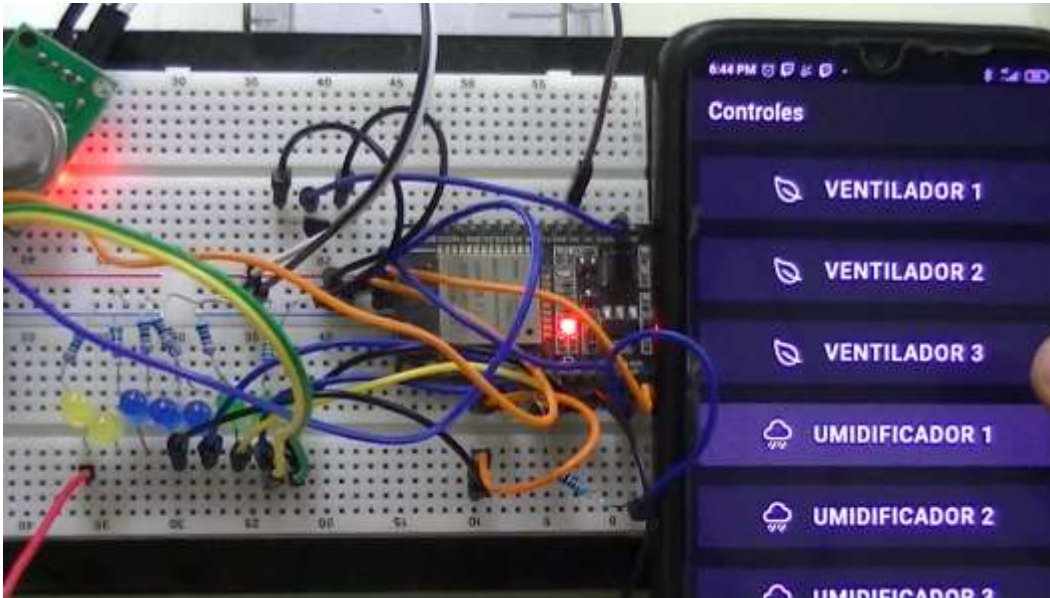
O comando enviado pelo *Smart phone* aciona os leds, respectivamente representando um equipamento. Cada acendimento de led indica que um equipamento recebeu o comando de acionamento e foi ligado.

Figura 58 – Acionamento via APP

Fonte: Próprio autor (2021)

Quando o app recebe o comando para desligar, envia o sinal ao ESP32 que desabilita a respectiva saída e desliga o equipamento, que nesta emulação são os leds.

Figura 59 – Desacionamento via APP



Fonte: Próprio autor (2021)

Para o desenvolvimento do protótipo, devido às dimensões do conjunto, foi necessária a confecção de uma caixa, um case para o seu acondicionamento, através da em 3D.

Figura 60 – Caixa "case"



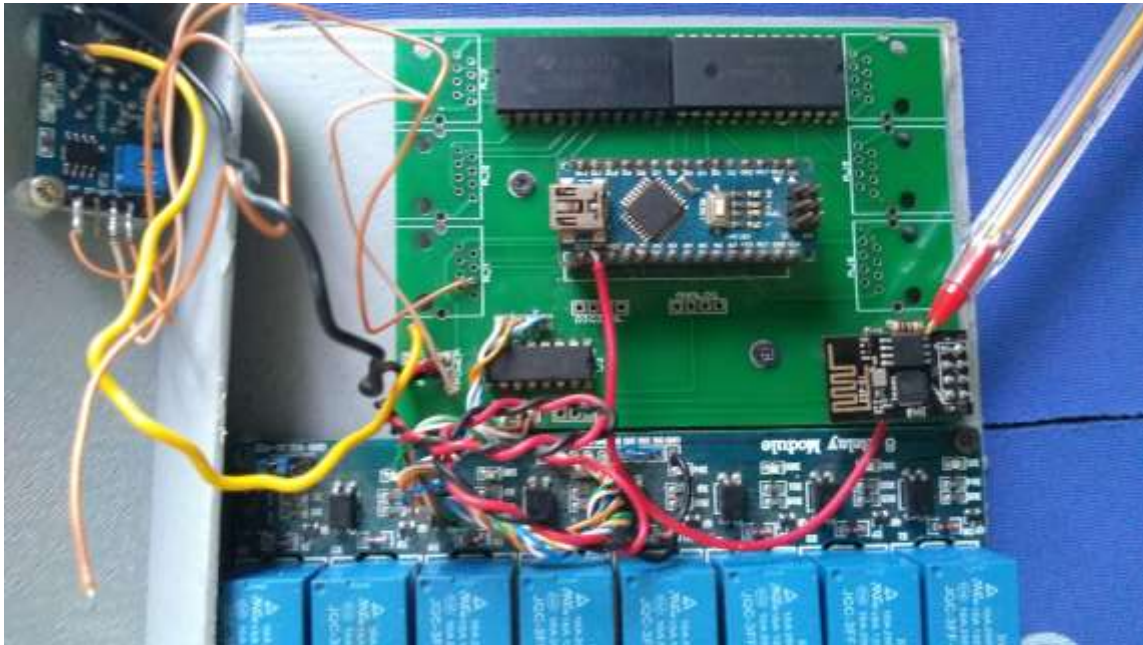
Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 61 – Impressão da caixa em 3D

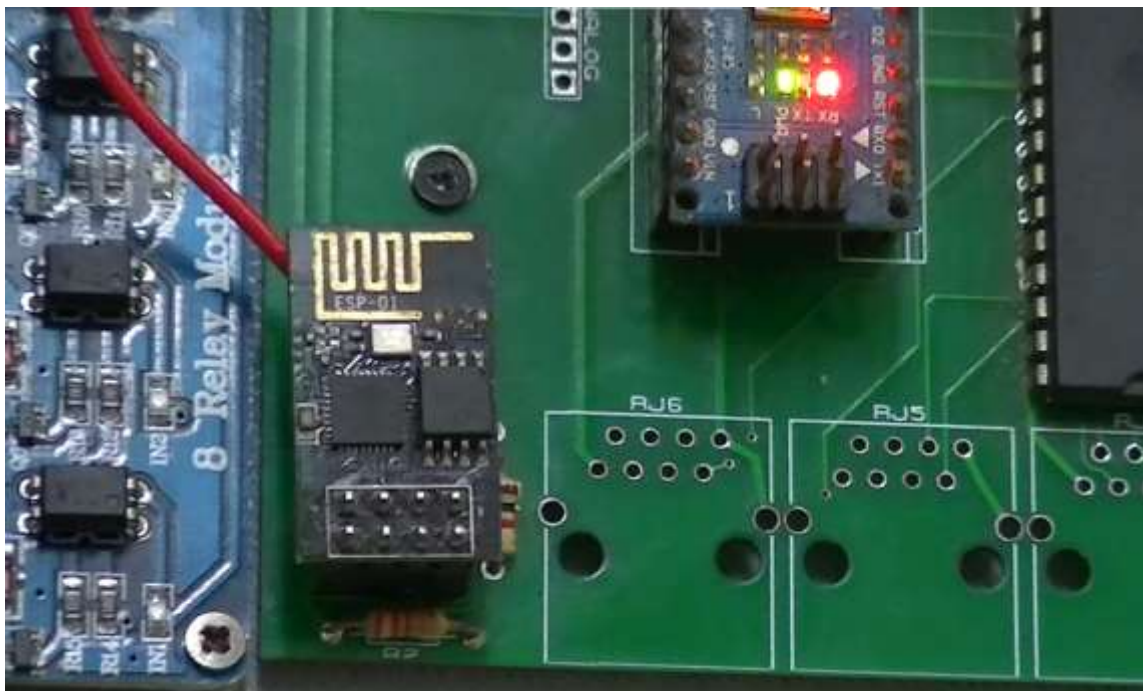


Fonte: Próprio autor (2021)

A partir da ideia materializada e testada no anteprojeto, foi desenvolvido o protótipo, o qual como já descrito anteriormente, utiliza um Arduino modelo Nano, e para a conexão via WiFi, utiliza o ESP8266 modelo ESP01.

Figura 62 – Dispositivo aberto: destaque para o ESP 8266 – ESP 01

Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 63 – Detalhe do ESP 8266 - ESP 01

Fonte: Próprio autor (2021)

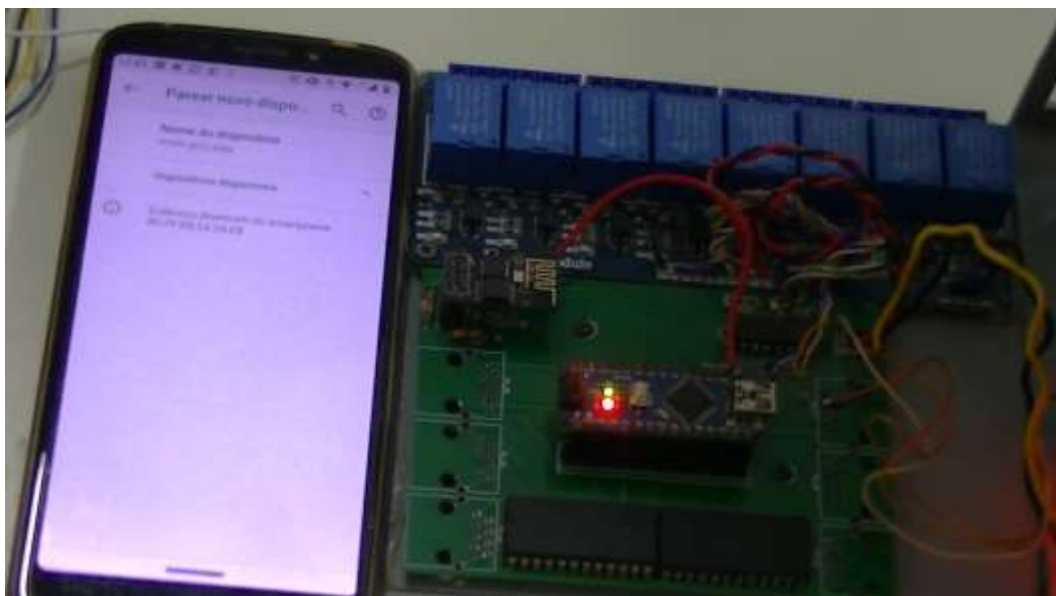
Após a realização dos testes de comunicação com a rede usando o anteprojeto, foi realizado o teste com o protótipo do dispositivo, ligando-o à uma fonte e usando um motor do sistema de resfriamento do HD de um computador, o chamado *cooler*.

Figura 64 – Teste do protótipo



Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 65 – Teste de conexão



Fonte: Próprio autor (2021)

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo para a medição e controle dos níveis de amônia liberados no ambiente de produção de frangos de corte composto por sensor de gás, microcontrolador módulo de transmissão de dados via internet foi levado a termo.

A ideia inicial era efetuar as leituras, deslocando-se o módulo contendo apenas um sensor para as áreas consideradas críticas ou que se desejasse conhecer a concentração de NH_3 para que então o sistema alertasse o usuário via aplicativo de celular inteligente e esse após a análise, tomasse a decisão e remotamente, diretamente do seu aparelho smartphone acionasse o dispositivo que achasse mais conveniente para promover a dispersão do gás.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, à medida em que se ia definindo quais componentes fariam parte do projeto, novas perspectivas, ideias e capacidades o foram sendo vislumbradas, como por exemplo, o módulo simples poderá comportar até 32 sensores, permitindo assim o monitoramento de uma área bem maior.

Outra operação que se percebeu possível é a do agora não mais um dispositivo mas sim um sistema, conforme parâmetros previamente definidos e configurados via software, acionar automaticamente os equipamentos da granja, conforme o nível de NH_3 no ambiente sendo possível ainda o acionamento desses equipamentos por setores, atuando de modo mais localizado na dispersão do excesso do gás amônia.

O nome escolhido AEREM NH_3 Controller para o sistema é uma alusão a um ambiente controlado e livre de gases, visto que a palavra AR em latim é AEREM.

Como descrito anteriormente, foram realizados testes com o dispositivo em ambiente de laboratório, porém os testes à campo serão realizados para comprovar a eficiência e eficácia do sistema, tão logo passe essa fase pandêmica pela qual estamos atravessando.

Melhorias e atualizações podem e devem ser realizadas, principalmente os que otimizem o funcionamento do dispositivo e tragam redução de custo e melhor desempenho, como por exemplo a substituição de componentes por mais atuais, de menor consumo de energia, bem como da tecnologia de acesso à rede, para aumentar

o alcance de ação do sistema. Mudanças que tornem o acionamento mais interativo e facilitem o acesso também poderão ser incorporadas, como por exemplo, as telas do aplicativo do celular

Figura 66 – Melhoria na tela inicial do APP



Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 67 – Melhoria na tela de acionamento do APP



Fonte: Próprio autor (2021)

REFERÊNCIAS

- ABPA. **ABPA RELATÓRIO ANUAL 2021**. [s.l: s.n.].
- ABREU, P. G. DE; ABREU, V. M. N. Ventilação na avicultura de corte. **Documentos - Embrapa Suínos e Aves**, v. 63, p. 51, 2000a.
- ABREU, P. G. DE; ABREU, V. M. N. Ventilação na avicultura de corte. p. 51, 2000b.
- ADD THERM**. Disponível em: <<https://www.addtherm.com.br/sensores-de-temperatura-ntc-e-ptc/>>. Acesso em: 27 dez. 2020.
- ALCÂNTARA, M. S. THE INCIDENCE OF AIRSACCULITIS IN THE PRODUCTION OF BROILER. 2018.
- ALVES, F. V; PORFIRIO-DA-SILVA, V; KARVATTE JUNIOR, N. Bem-estar animal e ambiência na ILPF. **Embrapa Gado de Corte**, p. 209–223, 2019.
- ANDREATTI FILHO, R. L. Saúde aviária e doenças. In: 1. ed. São Paulo: Roca, 2006. p. 2–8, 112–117.
- AviSite**. Disponível em: <<https://www.avisite.com.br/index.php?page=noticias&id=23634>>.
- BANHAZI, T. M. ; et al. Identification of the risk factors for high airborne particle concentrations in broiler buildings using statistical modeling. **Biosystems Engeneering**, v. 101, p. 100–110, 2008.
- BECKER, B. G. Comportamento de aves e sua aplicação prática. **CONFERÊNCIA APINCO, DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002**, p. 81–90, 2002.
- BECKER, B. G. Bem-estar animal em avicultura. **VII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA. Chapecó, SC.**, 2006.
- BRANCO, T. Concentração E Emissão De Amônia Em Aviários De Frango De Corte. p. 119, 2017.
- BROOM, D. M. The scientific assessment of animal welfare. **Applied Animal Behaviour Science, Amsterdam**, v. 20, p. 5–19, 1988.
- BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-Estar Animal: Conceito E Questões Relacionadas - Revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, p. 1–11, 2004.
- CAETANO DE ALMEIDA, G. et al. **Efeitos Adversos de Altos Níveis de Amônia na Sanidade e Desempenho de Frangos de Corte** **REVISTA ELETRÔNICA BIOCÊNCIAS, BIOTECNOLOGIA E SAÚDE**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://seer.utp.br/index.php/GR1/article/view/1649>>. Acesso em: 27 jan. 2021.
- Cetax**. Disponível em: <<https://www.cetax.com.br/blog/big-data/>>.
- CHAGAS, A. P. **A síntese da amônia: Alguns aspectos históricos** **Quimica NovaSBQ**, , jan. 2007. Disponível em:

- <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000100039&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 1 fev. 2021
- COBB. Manual de Manejo de Frangos de Corte. **Manual de Manejo de Frangos de Corte**, p. 70, 2009.
- CORKERY, G. et al. Monitoring Environmental Parameters in Poultry Production Facilities. **Computer Aided Process Engineering**, v. 1, p. 1–10, 2013.
- CREDER, H. **Instalações elétricas**. 16. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- CURI, T. M. R. C. Avaliação do sistema de ventilação em instalações para frangos de corte através de diferentes modelagens. p. 1–295, 2014.
- CURTIS, S. E. Environmental management in animal agriculture. **AMES: The Iowa State University Press**, p. 409, 1983.
- DA ROCHA, H. P. et al. Bioclimatic and production parameters in different poultry houses in the semiarid region of paraíba state. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1330–1336, 2010.
- DAO, T. H.; ZHANG, H. Rapid composition and source screening of heterogeneous poultry litter by x-ray fluorescence spectrometry. **Annals of Environmental Science**, v. 1, p. 69–79, 2007.
- DAVID, B. et al. Air Quality in Alternative Housing Systems May Have an Impact on Laying Hen Welfare. Part II—Ammonia _ Enhanced Reader. **Animals** , p. 886–896, 5 set. 2015.
- DE MAURO, A.; GRECO, M.; GRIMALDI, M. A formal definition of Big Data based on its essential features. **Library Review**, n. 65, p. 122–135, 2016.
- DE OLIVEIRA, M. C. et al. Dry matter content, pH and volatilized ammonia from poultry litter treated or not with different additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 951–954, 2003.
- DEWESOFT. **Dewesoft**. Disponível em: <<https://dewesoft.com/br/aquisicao-de-dados/what-is-data-logger#o-que-e-registrador-de-dados>>. Acesso em: 19 jan. 2021.
- DSA Suppliers**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-arduino-tutorial/>>. Acesso em: 19 dez. 2020.
- Duino For Projects**. Disponível em: <<https://duino4projects.com/arduino-nano-tutorial-pinout-schematics/>>. Acesso em: 19 dez. 2020.
- FEU-PORTO. **Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto**. Disponível em: <<https://paginas.fe.up.pt/~hsm/>>.
- FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Amônia (NH₃) atmosférica: fontes, transformação, sorvedouros e métodos de análise. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 123–130, 2004.

Flip e Flop. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-arduino-tutorial/>>. Acesso em: 19 dez. 2020.

FURTADO, D. A. et al. . Índices de conforto térmico e concentração de gases em galpões avícolas no semiárido paraibano. *Engenharia Agrícola*, v. 30, n. 6, p. 993–1002, 2010.

GAY, S. W.; KNOWLTON, K. F. Ammonia Emissions and Animal Agriculture. *Philosophy of Complex Systems*, v. 442, n. 110, p. 569–601, 2011.

GCFGLOBAL. **Como usar o Android?** Disponível em: <<https://edu.gcfglobal.org/pt/como-usar-o-sistema-android/o-que-e-o-sistema-android/1/>>.

GLOBALGAP. Pontos de controle e critérios de cumprimento: garantia integrada da fazenda – aves. p. 22, 2007.

GROOT KOERKAMP, P. W. G. et al. The effect of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *Journal Agric.Engineering Research*, v. 70, p. 79–95, 1998.

Hardware Livre USP. Disponível em: <<https://hardwarelivreusp.org/tutoriais/>>.

HELLICKSON, M. A.; WALKER, J. N. Ventilation of agricultural structures. *St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers*, v. 70, n. 1, p. 213, 1983.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, p. 824–829, 2001.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O.; DE MORAES, V. M. B. Frações nitrogenadas, glicídicas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 4, p. 1795–1802, 2002.

HINZ, T.; LINKE, S. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 1: Methods. *Journal of Agricultural and Engineering Research*, v. 70, n. 1, p. 111–118, 1 maio 1998.

INOUE, K. R. A. et al. Análise Da Concentração De Amônia Em Galpões De Frango De Corte Submetidos a Diferentes Dietas. *Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng*, v. 20, n. 1, p. 19–24, 2012.

JAYCON SYSTEMS. **Jaycon Systems**. Disponível em: <<https://jayconsystems.com/blog/understanding-a-gas-sensor>>. Acesso em: 30 dez. 2021.

JONES, E. K. M.; WATHES, C. M.; WEBSTER, A. J. F. Avoidance of atmospheric ammonia by domestic fowl and the effect of early experience. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 90, n. 3, p. 293–308, 2005.

- KASBE, M. S. et al. An Electronic nose with LabVIEW using SnO₂ Based Gas Sensors: Application to test freshness of the fruits. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 6, n. 4, p. 1977–1982, 2015.
- KELLEHER, B. P. et al. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 27–36, 2002.
- LIMA, K. A. O. DE. Avaliação de sistemas de ventilação mecanizada por pressão positiva e negativa utilizados na avicultura de corte. p. 205, 2011.
- LIMA, N. D. S. et al. **Estimativa de emissão de amônia em aviários no interior do Mato Grosso do Sul**. [s.l: s.n.]. v. 9
- MATUCHAKI, G. Projeto De Um Sistema De Climatização De Aviário. p. 38, 2011.
- MELLOR, D. J. Updating animalwelfare thinking: Moving beyond the “five freedoms” towards “A lifeworth living.” **Animals**, v. 6, n. 3, 14 mar. 2016.
- MENDES, L. B. et al. O ciclo do nitrogênio na criação de frangos de corte e suas perdas na forma de amônia volátil: uma revisão. **PUBVET**, v. 72, p. 85–89, 2012.
- MENEGALLI, I. et al. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período d aquecimento. Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 13, n. supl. especial, p. 984–990, 2009.
- Michaelis**. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/ambiência/>>. Acesso em: 6 jan. 2021.
- MINITAB. **Minitab**. Disponível em: <<https://www.minitab.com/en-us/>>. Acesso em: 3 jan. 2022.
- MIRAGLIOTTA, M. Y. Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciados. **Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas**, 2000.
- MOURA, D. J. et al. Animal welfare concepts and strategy for poultry production: A review. **Revista Brasileira de Ciencia Avicola**, v. 8, n. 3, p. 137–148, 2006.
- MULTILÓGICA SHOP. Arduino Guia Iniciante. p. 150, 2009.
- NÄÄS, I. D. A. **Princípios do conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone Editora, 1989.
- NÄÄS, I. D. A. et al. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 611–618, 2007.
- NÄÄS, I. D. A. et al. AMBIÊNCIA AÉREA EM ALOJAMENTO DE FRANGOS DE CORTE: POEIRA E GASES. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 27, n. 2, p. 326–335, 2007.

NASCIMENTO, S. T. et al. Zootecnia de precisão e os desafios da ambiência na produção animal no Nordeste brasileiro. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 19, n. 2, p. 103–112, 2017.

Olimex. Disponível em: <fonte: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>>.

OLIVEIRA, C. L. V.; ZANETTI, H. A. P. **Arduino Descomplicado como Elaborar Projetos de Eletrônica**, 2015.

OLIVEIRA, P. A. V. DE; MONTEIRO, A. N. T. R. Emissão de amônia na produção de frangos de corte. **Embrapa Suínos e Aves**, p. 11, 2013.

OLIVEIRA, S. DE. **Internet das coisas com esp8266, arduino e raspberry pi**. [s.l.: s.n.].

ORO, C.; GUIRRO, E. C. B. DO P. Influência da amônia proveniente da cama aviária sobre o bem-estar de frangos de corte. **Veterinária em Foco**, v. 12, n. 1, p. 49–63, 2014.

PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Precision animal production: Basic principles and news in the swine production. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 13, n. 2, p. 558–568, 2012.

PONCIANO, P. F. et al. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. **Archivos de zootecnia**, v. 60, n. 1, 2011.

Portal Vida de Silício. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135/>>.

RITZ, C. W.; FAIRCHILD, B. D.; LACY M.P. Litter quality and broiler performance. **Cooperative Extension Service**, p. 1–4, 2009.

RIVERA, G. T. **Eletrônica para autodidatas, estudantes e técnicos**. 2a. ed. [s.l.: s.n.].

ROBOCORE. **Robocore**. Disponível em: <<https://www.robocore.net/sensor-ambiente/sensor-de-temperatura-dht11>>. Acesso em: 27 dez. 2020.

ROSS. ROSS Manual de Manejo de Frangos de Corte. p. 148, 2018.

SILVA, I. J. O. DA. Contribuições à zootecnia de precisão na produção industrial de aves e suínos no Brasil. p. 140, 2007.

SILVA, I. J. O. DA; MIRANDA, K. O. DA S. Impactos do bem-estar na produção de ovos. **Thesis**, v. 11, n. Vi, p. 89–115, 2009.

SILVA, I. J. O.; NÄÄS, I. A. Zootecnia de Precisão: um novo conceito e um desafio para a ambiência na engenharia agrícola. **Notesalq**, n. 2, p. 6, 1998.

SMIL, V. **Enriching the Earth**. [s.l.] MIT Press, 2000.

SOUSA, F. C. DE et al. Saraz method adjustment for the quantification of ammonia emissions generated in opened or hybrid animal production facilities. **Dyna**, v. 83, n. 195, p. 61–68, 2016a.

SOUSA, F. C. et al. Medidas para minimizar a emissão de amônia na produção de frangos de corte: revisão. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 1, p. 51, 21 mar. 2016b.

SOUZA, F. C. DE. POTENCIAL DE GERAÇÃO E EMISSÃO DE AMÔNIA PELA AVICULTURA DE CORTE DO BRASIL. **Photosynthetica**, v. 2, n. 1, p. 1–13, 2018.

SOUZA, F. C. et al. MEDIDAS PARA MINIMIZAR A EMISSÃO DE AMÔNIA NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: REVISÃO. v. 10, n. June, p. 51–61, 2016.

SUNDMAEKER, H. et al. Internet of food and farm 2020. In: **Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds**. [s.l: s.n.]. p. 129–151.

SUNYAEV, A. **Internet Computing Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies**. [s.l: s.n.].

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações**. [s.l: s.n.].

TINÔCO, I. D. F. F. Critérios Para O Planejamento De Instalações Avícolas. **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA**, 1998.

TINÔCO, I. DE F. F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, n. 1, p. 1–30, 2001.

TINÔCO, I. F. F. et al. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1381–1386, 2010.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**. 11. ed. São Paulo: [s.n.].

TOP GADGET. **Top Gadget**. Disponível em: <<https://www.topgadget.com.br/howto/eletronica/selecionando-entre-protocolos-i2c-e-spi-para-o-seu-projeto.htm>>.

Vida de Silício. Disponível em: <<https://www.vidadesilicio.com.br/mq-135-sensor-de-gas>>. Acesso em: 27 dez. 2020.

VILELA, M. O. et al. Emissão de amônia na produção de frangos de corte. In: **Anais IV SIMEAA**. [s.l: s.n.].

VILELA, M. O. et al. **SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NA AVICULTURA BRASILEIRA: ESTADO DA ARTE** *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<<http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/891>>. Acesso em: 27 jan. 2021.

WATHES, C. et al. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall. **Computers and electronics in agriculture.**, 2008.

WOLFERT, S. et al. Big Data in Smart Farming – A review. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 69–80, 2017.

ANEXO A – Technical Data MQ-135 gas sensor

HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD

MQ-135

<http://www.hwsensor.com>**TECHNICAL DATA****MQ-135 GAS SENSOR****FEATURES**Wide detecting scope
Stable and long lifeFast response and High sensitivity
Simple drive circuit**APPLICATION**They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃, NO_x, alcohol, Benzene, smoke, CO₂, etc.**SPECIFICATIONS**

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

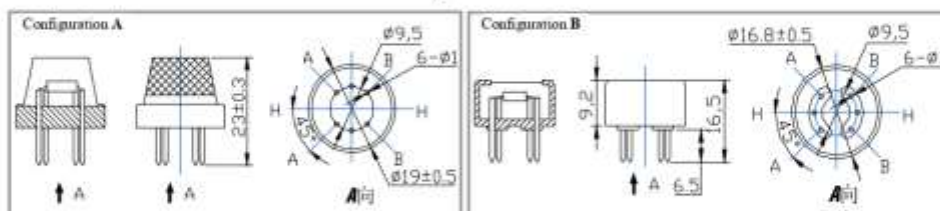
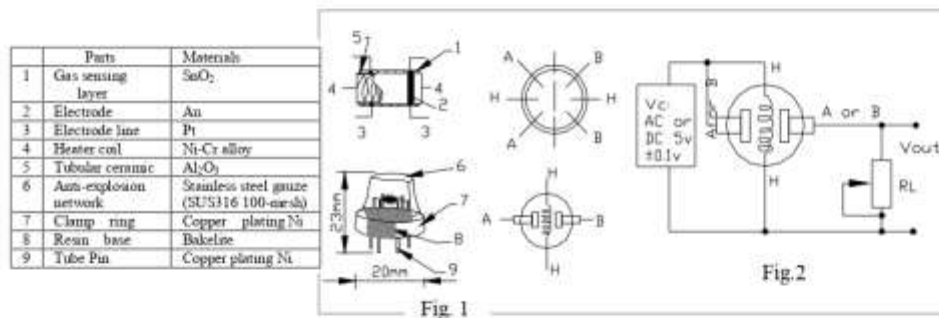
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10℃~45℃	
T _{as}	Storage Tem	-20℃~70℃	
R _H	Relative humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30K Ω -200K Ω (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope: 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65%±5%	V _c : 5V±0.1 V _H : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of

HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD

MQ-135

<http://www.hwsensor.com>

sensitive components. The enclosed MQ-135 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

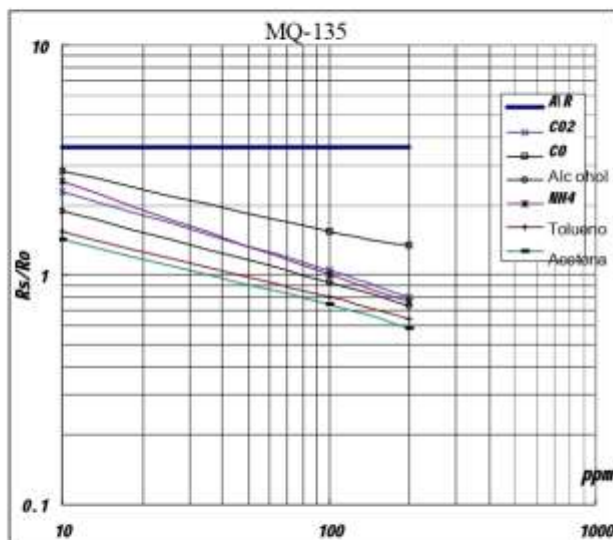


Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases.

in their: Temp: 20 °C,
Humidity: 65%,
O₂ concentration 21%

RL=20k Ω

R₀: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air.

R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

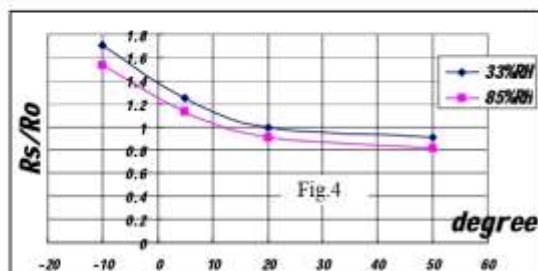


Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity.

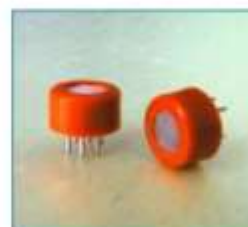
R₀: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree.

R_s: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R_L) about 20 K Ω (10K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



TEL: 86-371-67169070 67169080

FAX: 86-371-67169090

E-mail: sales@hwsensor.com

Notification

1 Following conditions must be prohibited

1.1 Exposed to organic silicon steam

Organic silicon steam cause sensors invalid, sensors must be avoid exposing to silicon bond, fixture, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment

1.2 High Corrosive gas

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H_2S , SO_x , Cl_2 , HCl etc), it will not only result in corrosion of sensors structure, also it cause sincere sensitivity attenuation.

1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution

The sensors performance will be changed badly if sensors be sprayed polluted by alkali metals salt especially brine, or be exposed to halogen such as fluorin.

1.4 Touch water

Sensitivity of the sensors will be reduced when spattered or dipped in water.

1.5 Freezing

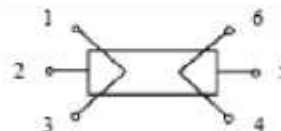
Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

1.6 Applied voltage higher

Applied voltage on sensor should not be higher than stipulated value, otherwise it cause down-line or heater damaged, and bring on sensors' sensitivity characteristic changed badly.

1.7 Voltage on wrong pins

For 6 pins sensor, if apply voltage on 1, 3 pins or 4, 6 pins, it will make lead broken, and without signal when apply on 2, 4 pins



2 Following conditions must be avoided

2.1 Water Condensation

Indoor conditions, slight water condensation will effect sensors performance lightly. However, if water condensation on sensors surface and keep a certain period, sensor' sensitivity will be decreased.

2.2 Used in high gas concentration

No matter the sensor is electrified or not, if long time placed in high gas concentration, if will affect sensors characteristic.

2.3 Long time storage

The sensors resistance produce reversible drift if it's stored for long time without electrify, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airproof without silicon gel bag with clean air. For the sensors with long time storage but no electrify, they need long aging time for stbility before using.

2.4 Long time exposed to adverse environment

No matter the sensors electrified or not, if exposed to adverse environment for long time, such as high humidity, high temperature, or high pollution etc, it will effect the sensors performance badly.

2.5 Vibration

Continual vibration will result in sensors down-lead response then repture. In transportation or assembling line, pneumatic screwdriver/ultrasonic welding machine can lead this vibration.

2.6 Concussion

If sensors meet strong concussion, it may lead its lead wire disconnected.

2.7 Usage

For sensor, handmade welding is optimal way. If use wave crest welding should meet the following conditions:

2.7.1 Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine

2.7.2 Speed: 1-2 Meter/ Minute

2.7.3 Warm-up temperature: $100 \pm 20^\circ C$

2.7.4 Welding temperature: $250 \pm 10^\circ C$

2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, sensors sensitivity will be reduced.

ANEXO B – Certificado de Registro de Patente**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de ComputadorProcesso Nº: **BR512021002484-2**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 01/09/2021, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: NH3 Aerem Controller**Data de publicação:** 01/09/2021**Data de criação:** 11/03/2021**Titular(es):** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO**Autor(es):** SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA; JAYME DE CAMPOS JUNIOR**Linguagem:** C; C++**Campo de aplicação:** AG-06**Tipo de programa:** AT-01**Algoritmo hash:** SHA-512**Resumo digital hash:**

16555ab3c64f855861bd06c551f0cbec1969956e094e001c546bc46ead3d17fb671ce3a6d11a278f63c0f5dd02c141eea3f2f4f975970bc7e08a43242a46f78

Expedido em: 26/10/2021**Aprovado por:**

Carlos Alexandre Fernandes Silva

Chefe da DIPTO