

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES / ENGENHARIA ELÉTRICA

HUMBERTO AMÂNCIO ALENCAR DA SILVA

**OTIMIZAÇÃO DO CONTROLE DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO
DE FRANGOS DE CORTE**

Trabalho Final de Curso como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. ANTONIO MARCOS MELO MEDEIROS – Orientador. PONTIFÍCIA
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS-PUC GOIÁS.

Prof. Me. CARLOS ALBERTO VASCONCELOS BEZERRA – Banca examinadora.
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS-PUC GOIÁS.

Prof. Me. CARLOS DANIEL DE SOUSA BEZERRA – Banca examinadora.
FACULDADE SENAI ÍTALO BOLOGNA-SENAI GOIÁS.

Goiânia, 06 de junho de 2023.

OTIMIZAÇÃO DO CONTROLE DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO DE FRANGOS DE CORTE

Silva, H. A. A.; Medeiros, A. M. M.; Bezerra, C. A. V.; Bezerra, C. D. S.

Resumo — Este estudo apresenta um controle de parâmetros fundamentais aplicados em sistemas de aviários de frango de corte. A gerência destas variáveis possibilita o controle térmico e ambiental necessário para que a ave expresse seu potencial máximo de produção e reduzir os custos do produtor rural. Com a utilização de um Sistema automatizado, interligado a um microcontrolador que recebe dados de sensores, tornando-se possível alcançar o controle da zona de conforto térmico pelo Sistema de ventilação forçada.

Palavras chaves — Frango de corte, sistema de ventilação, microcontrolador, zona de conforto térmico.

Abstract — This study presents a control of fundamental parameters applied in broiler aviary systems. The management of these variables enables the necessary thermal and environmental control for the bird to express its maximum production potential and reduce the costs of the rural producer. With the use of an automated system, interconnected to a microcontroller that receives data from sensors, making it possible to achieve control of the thermal comfort zone by the forced ventilation system.

Key words — Broiler chicken, ventilation system, microcontroller, thermal comfort zone.

I. INTRODUÇÃO

A Agropecuária é a principal atividade econômica concedida no Brasil. Garantida de forma significativa para o Produto Interno Bruto (PIB) do país. A avicultura de corte é considerada uma das principais cadeias agropecuárias do Brasil [1].

De acordo com o relatório anual produzido pela ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal) em 2022 a produção de carne de frango foi de 14,524 milhões de toneladas, tornando o Brasil o segundo maior produtor do mundo. Já os números de exportação foram 4,822 milhões de toneladas para 145 países sendo o número um em exportação [2]. Em virtude disso, garantir o conforto térmico é essencial para aumentar a produtividade na criação de frangos de corte, já que os frangos de corte precisam de ambientes adequados para atingir seu máximo de produção.

A chegada da era digital, já não é mais uma visão futurista. Já faz parte do nosso cotidiano, mudando o dia a dia das pessoas, levando-as a aprimorar sua capacidade de pensar logicamente

e abandonar estruturas e hábitos antigo, e transformando suas atividades em mais eficientes e convenientes. Essa evolução também alcançou os agricultores, auxiliando na automação de suas atividades, oferecendo soluções simples e precisas, e melhorando os resultados através de uma maior integração entre os processos.

O estresse, seja por frio ou calor, é um dos principais fatores que interferem negativamente o desempenho do das aves comerciais [1]. As aves por serem animais homeotermos, necessitam de uma temperatura ambiente confortável, para que obtenha a máxima produtividade de sua espécie.

Como consequência da rápida introdução de tecnologias na modernização dos aviários e na tentativa de diferenciá-los, várias denominações de sistemas foram surgindo no setor. As empresas produtoras de aves classificam os sistemas de forma diferente. Assim, para uniformização do conhecimento, existe a necessidade de padronizar a definição dos sistemas de produção de aves [3].

Ao compreender as características de cada sistema e identificar qual tecnologia é mais adequada a um determinado empreendimento, é possível aumentar o potencial de produção e reduzir o consumo de energia elétrica. E assim, saber qual sistema é mais eficaz e qual tecnologia deve ser usada para automatizar o ambiente rural.

Neste artigo, exploraremos a extensão das possibilidades de produção de frangos de corte, utilizando um sistema de controle da ventilação para regular a zona de conforto térmico.

II. METODOLOGIA

Frangos são animais homeotermos, o que significa que possuem a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de uma faixa estreita quando sujeito a variações de temperatura, dentro de um certo limite. É importante manter o ambiente em controle, entretanto entender o comportamento deste animal ajuda neste controle.

Desta forma, o desafio é monitorar o ambiente térmico em que as aves estão e promover o conforto térmico com faixa de temperatura e umidade adequadas para cada fase de criação, de modo que as aves consigam manter sua homeotermia e conseqüentemente, expressarem sua máxima capacidade produtiva (ABREU; ABREU, 2011) [1].

Um ambiente para ser considerado confortável é quando não há gasto de energia por desnecessário por parte do animal, seja para combater o frio ou ativar seus mecanismos de resfriamento para eliminar o excesso de calor corporal. Isso

quer dizer que o ambiente proporciona condições ideais para que os animais não precisem realizar esforços extras para manter a sua temperatura corporal estável, resultando em um melhor equilíbrio energético e bem-estar.

Para atender às exigências de conforto térmico das aves no início da vida é fundamental o fornecimento de fontes de calor, pois o sistema termorregulador desses animais ainda não está completamente desenvolvido (CORDEIRO et al.,2010) [1].

Na fase inicial o pintinho é totalmente dependente de uma fonte externa de calor. Promovem ambiente adequado ao pintinho, garante que ele se mantenha dentro da zona de conforto térmico, evitando gastos desnecessários de energia com produção de calor.

Após essa fase inicial é necessário ter um cuidado com altas temperaturas e umidade relativa do ar.

A temperatura de conforto térmico para frangos de corte varia principalmente em função da idade (NASCIMENTO, 2016) [1]. A temperatura ambiente de conforto térmico na primeira semana de vida é 32°C, decrescendo até 26°C, 24°C, 20°C durante os períodos de 18 a 21, 22 a 28, 35 e 42 dias de idade, respectivamente (ROSS,2009) [1].

Sendo assim, um melhor controle do ambiente térmico, irá propiciar um desempenho produtivo melhor e mais eficiente.

A. TIPOS DE SISTEMAS DE AVIÁRIOS

A.1 SISTEMA CONVENCIONAL

Possui comedouro tubular, bebedouro pendular e sem forro. Não possui sistema de controle artificial da temperatura. O condicionamento térmico é natural. Cortina de rafia amarela, azul ou branca [3].

A.2 SISTEMA SEMICLIMATIZADO

Possui comedouro tubular ou automático, bebedouro pendular ou nipple e ventiladores em pressão positiva. Pode ou não ter forro. Cortina de rafia amarela, azul ou branca [3].

A.3 SISTEMA CLIMATIZADO

Possui comedouro automático, bebedouro nipple e ventiladores em pressão positiva ou exaustores em pressão negativa. Sistema de resfriamento pode ser por nebulização ou “pad cooling”. Pode ou não ter forro ou defletores e gerador de energia, dependendo da densidade populacional de aves. Cortina de rafia amarela, azul, branca ou reflexiva [3].

A.4 BLUE HOUSE E GREEN HOUSE

Ambos os sistemas blue (fig. 1) e green house utilizam a teoria da cor proporcionando maior produtividade das aves, por meio do controle da intensidade de luz e cor da cortina. Os sistemas são os mesmos, exceto a cor da cortina e o forro. Nos sistemas blue e green house, a cortina e o forro são azuis ou verdes de um lado e reflexivos do outro, respectivamente. Possuem comedouro automático, bebedouro nipple e exaustores em pressão negativa [3].

A.5 DARK HOUSE

Atualmente existe uma tendência de produção de frangos de corte no sistema “Dark House” [4].

O sistema de criação *Dark House* (fig. 2) foi trazido dos Estados Unidos, e basicamente está relacionado ao controle de luminosidade e temperatura do aviário (COLUSSI, 2014),

visando o bem-estar das aves, por meio do isolamento das condições ambientais externas que são desfavoráveis, mantendo as aves calmas (FERREIRA, 2027; VIEIRA et al., 2018) [5].



Fig. 1 Galpão Blues

Fonte: Instalação e ambiência para aviários. Agroceresmultimix, 6 de setembro de 2022[4].

Possui comedouro automático, bebedouro *nipple* e exaustores em pressão negativa. O sistema de resfriamento pode ser por nebulização ou *pad cooling*. Possui forro de polietileno preto de um lado e preto ou claro do outro lado. Alguns produtores utilizam defletores de forro. Necessitam de controle de luz natural por meio de *light-trap* na entrada e saída do ar [3].

Essa tecnologia traz como benefício fundamental a melhoria do bem-estar animal dos frangos de corte. Controle da luminosidade os mantém mais tranquilos, permitindo o alojamento de um maior número de aves. Uso de geradores é essencial e uma cortina bem vedada. Além disso, traz vantagens durante o carregamento, evitando o amontoamento e reduzindo a ocorrência de lesões e mortalidade.



Fig. 2 Aviário Dark House

Fonte: Revista aviNews.com [7].

A.6 BROWN HOUSE

Assemelha-se ao Dark House. No entanto, o controle de luz natural na entrada e saída do ar não é eficiente e pode ser realizado por meio de armadilhas de luz confeccionadas com tijolos, telhas, madeira ou ferro. Possui comedouro automático, bebedouro nipple e exaustores em pressão negativa. O sistema de resfriamento pode ser por nebulização ou *pad cooling*. Possui forro de polietileno preto de um lado e preto ou claro do outro lado [3].

B. VARIÁVEIS DE CONTROLE

O microclima gerado dentro de uma instalação é definido pela combinação de elementos como temperatura, umidade relativa do ar, radiação, densidade do animal entre outros [5]. Dentre os fatores do ambiente, os térmicos são os que afetam mais diretamente a ave, pois comprometem sua função vital mais importante, que é a manutenção de sua homeotermia (Baêta & Souza, 1997) [8].

O conforto térmico dentro de uma instalação desempenha um papel crucial, uma vez que condições inadequadas têm um impacto significativo na produção de frangos de corte. Portanto, é fundamental que as condições de temperatura, umidade, e ventilação sejam ideais para garantir o bem-estar e a saúde das aves.

Quando essas condições se aproximam do que é considerado ideal, cria um ambiente favorável para um maior nível de produtividade. Em outras palavras impactando diretamente no crescimento saudável e na máxima produção animal.

B.1 TEMPERATURA E UMIDADE

Baêta & Souza (1997) e Tinôco (2001) consideraram o ambiente confortável aquele com temperaturas entre 18 a 28°C e umidade relativa entre 50 e 70% [9].

Tabela 1 – Valores ideais de Temperatura ambiente e umidade do ar, em função das aves [3].

IDADE (SEMANAS)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	UMIDADE DO AR (%)
1	32-35	60-70
2	29-32	60-70
3	26-29	60-70
4	23-26	60-70
5	20-23	60-70
6	20	60-70
7	20	60-70

A ocorrência de desconforto térmico, na primeira semana de vida das aves, implicará de maneira marcante a redução de peso corporal e pior conversão alimentar à fase de abate, pois o desenvolvimento inicial do pintainho é fundamental para melhor desempenho do frango de corte até ao final do ciclo de produção (TEIXEIRA et al., 2009) [10].

Isso porque a fase inicial é crucial para o desempenho geral do frango de corte ao longo de todo ciclo de sua produção, isso falando especialmente das condições de temperatura.

De acordo com Ponciano et al. (2011) animais mantidos em temperaturas adequadas evitam o desperdício de energia metabólica contida na ração fornecida, pois praticamente não há gastos para manutenção corporal [11].

Por isso o controle de ambiente de produção é muito importante. Sendo ele monitorado e ajustado cuidadosamente, garantindo ótimas condições de temperatura, umidade e ventilação. Ajudando as aves a manter suas condições fisiológicas em equilíbrio, isso significa seus sistemas digestivos metabólicos e imunológicos funcionando de maneira eficiente, permitindo um melhor aproveitamento dos nutrientes. Fazendo com que as aves cresçam de saudável e eficiente, provocando uma produção maior. Além disso, elas não precisam consumir uma quantidade excessiva de ração pra compensar qualquer

estresse. Beneficiando não só as aves, mas também o produtor rural, economizando os custos de alimentação, contribuindo com o lucro de maneira geral.

B.2. ITU

O índice de temperatura e umidade é um indicador que nos permite identificar a faixa de condições ambientais em que os animais estão admitidos. É levado em consideração a temperatura ambiente e umidade relativa em que os animais estão vivendo. Quando o ITU está dentro de uma faixa considerada aceitável, significa dizer que os animais se sentem mais confortáveis no ambiente e conseguem regular de maneira mais equilibrada sua temperatura corporal.

Agora quando ITU está fora desta faixa aceitável. Geralmente quando a temperatura ambiente está muito alta, deixando assim os animais expostos ao estresse térmico. Podendo levar o animal a uma série de problemas de saúde, redução da produtividade e até a morte.

Valores de ITU menores que 74 indicam conforto térmico para o animal e entre 74 e 79 representam situações de alerta para os produtores e perigo para a produção (THO, 1959; NWSCR, 1976). Valores de ITU entre 79 e 84 indicam situações de perigo com possibilidades de ocorrências de perdas na produção e, valores acima de 84 configuram situações de emergência, sendo necessárias providências urgentes para se evitar a perda do plantel (THOM, 1959; NWSCR, 1976; HAHN, 1982; HUBBARD et al., 1999) [12]. O cálculo do ITU passou por vários estudos e aprimoramentos, a mais recente, desenvolvida [Mader] em 2006 é mostrada conforme equação (1) [13].

$$ITU = (0,8 \cdot Tdb) + \left[\frac{UR}{100} \cdot Tdb - 14,4 \right] + 46,4 \quad (1)$$

Onde:

Tdb=Temperatura de bulbo seco (°C).

UR=Umidade relativa do ar(%).

Tabela 2 – Faixa ideal de ITU em função das aves [10].

ITU	SITUAÇÃO
ITU ≤ 74	CONFORTO TÉRMICO
74 < ITU ≤ 79	ALERTA
79 < ITU ≤ 84	PERIGO
ITU > 84	EMERGÊNCIA

C. SISTEMA AUTOMATIZADO

Visando tornar mais eficiente um dado processo, reduzindo os riscos de acidente e aumentando a produção com redução no consumo energético, utiliza-se então da automação que são conjuntos de técnicas computadorizadas no qual funcionam de maneira automática por meio de medições e inserindo correções, dispensando a intervenção humana. A automação permite uma redução nos custos com ganhos na produção (MIRANDA et al., 2014) [14].

Uma das razões pela qual surgiu a automação, foi a necessidade de otimizar o sistema produtivo, buscando uma melhor produção de bens e serviços. Dentre as técnicas capazes de reduzir impactos ambientais, utilizando de forma

precisa a energia e matérias primas, está a automação, proporcionando melhorias no desempenho de processos agroindustriais e de empresas tanto na aquisição de dados quanto no manejo (PINHEIRO, 2008) [14].

Automação significa basicamente substituir as tarefas realizadas pelo homem por tecnologia, máquinas e controladores. Isso traz um grande benefício, redução de mão de obra, maior precisão de dados, eficiência em diversas etapas do processo. O sistema controlado é capaz de produzir e executar tarefas das mais complexas as mais fáceis.

Ao monitorar os dados das variáveis de controle é possível criar um modelo que alcance a máxima produção de frangos de corte. Estes dados podem ser coletados 24h por dia, permitindo um total controle do conforto térmico das aves. Por assim dizer, aumentando o lucro do produtor rural.

D. BENEFÍCIOS

Além de aumentar a produção, reduzir o estresse térmico, também resulta na diminuição do gasto que o produtor rural venha ter com veterinário.

Isso porque as condições de estresse térmico e desconforto, faz com que a saúde do animal seja comprometida. No entanto, controlar o ambiente e suas condições, faz com que o risco de doenças seja reduzido.

Com a automação, os sistemas de ventilação são controlados de maneira inteligente, isso para o lado do consumo de energia, significa otimizar o uso dela. Fazendo com que os ventiladores não trabalhem em plena capacidade o tempo todo, mas de acordo com a necessidade das aves e das condições ambientais.

Isso ocorre porque a lógica programada no sistema controlado permite que os ventiladores aumentem a potência conforme a necessidade do conforto térmico. Em resumo, os produtores que utilizam sistemas automatizados podem se beneficiar da redução da conta de energia devido à operação inteligente dos ventiladores.

Conforme demonstrado na equação (2):

$$\text{Consumo} = P \cdot H_f (\text{KWh}) \quad (2)$$

Onde:

P = Potência (W)

Hf = Horas de funcionamento. [13]

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. ARDUINO UNO (ATmega 328P)

O Arduino uno (Fig.3) é baseado em um microcontrolador Atmel AVR de baixo custo e alta performance, ATmega 328P. Este microcontrolador possui 32 KB de memória flash, 2 KB de memória SRAM e 1 KB de memória EEPROM. Opera em uma tensão de 5 V e possui 14 pinos digitais de entrada/saída, dos quais 6 são saídas PWM, 6 pinos analógicos de entrada. O Arduino uno possui uma interface USB para programação e comunicação com computador.

O Arduino uno é uma plataforma de prototipagem baseada em um microcontrolador programável. O microcontrolador é programado usando linguagem de programação, baseada em C e C++. A linguagem de programação inclui diversas bibliotecas de software que permite controlar os pinos do microcontrolado, ler sensores e atuadores, e realizar operações matemáticas e de controle de fluxo [15].



Fig.3 ARDUINO UNO (ATmega 328p)

Fonte: O autor.

B. INVERSOR ALTIVAR 312 (ATV 312)

O driver escolhido para realizar o controle dos ventiladores do Sistema de confinamento será o Inversor *ALTIVAR 312 (ATV 312)* (Fig.4), fabricado pela Schneider Electric, empresa reconhecida mundialmente. Este inversor é projetado para controle de velocidade de motores elétricos trifásicos em uma ampla gama de aplicações industriais. Este inversor consegue controlar motores de até 30kW e tem uma faixa de tensão de entrada de 200 a 600 VAC, com uma frequência de saída de até 240 Hz. O Altivar 312 é projetado para ser fácil de instalar e operar.

Principais características técnicas do ALTIVAR 312:

- Faixa de tensão de entrada: 200 a 600 VAC;
- Faixa de potência do motor: 0,18 a 30 kW (0,25 a 40 HP);
- Frequência de saída: 0 a 240Hz;
- Corrente de saída máxima: 60 A;
- Controle vetorial;
- Filtro EMC integrado;
- Interface de usuário com display LCD e botões de controle;
- Comunicação em rede Modbus, CANopen, Profibus-DP, Ethernet IP, Device Net e Modbus TCP;
- Software de configuração e monitoramento SoMove;
- Proteção contra sobrecarga, curto-circuito e sobretensão [16].



Fig. 4. Inversor altivar 312 (ATV 312)

Fonte: O autor.

C. SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE DHT22

A comunicação de sensores com a rede utilizando controladores para interligar os dados na agropecuária possibilita a regulação da quantidade de substâncias utilizadas para aumentar a produção de forma econômica e sustentável.

O sensor de umidade e temperatura DHT 22 (fig. 5) permite um range de -40 a 80 graus celsius e para a umidade, que é medida pelo percentual da umidade relativa do ar (que é a relação da densidade do valor da água presente no ar com a densidade do vapor d'água saturado), tem uma variação possível detectada pelo sensor de 0 a 100% a faixa de precisão para ambos parâmetros é de 0,1, cada um com a sua respectiva medida.

Este detector facilita a comunicação com microcontroladores, porque há apenas um pino digital para comunicar com o microcontrolador (ocupando apenas uma entrada do mesmo), os demais são responsáveis pela alimentação do sensor, no pino 1 a tensão pode variar de 3 a 5V de corrente contínua e o pino 4 é o com tensão de 0V para que haja diferença de potencial no sensor, o pino3 não executa nenhuma função neste dispositivo [17].



Fig. 5 Sensor de Temperatura e Umidade DHT 22.
Fonte: O autor.

D. SHIELD ARDUINO COM SENSOR DE UMIDADE E TEMPERATURA DESENVOLVIDO.

Para a construção do sistema de controle do conforto térmico, foi utilizado um sensor DHT 22 conectado ao Arduino, a qual pela logica programada determina a velocidade do motor do ventilador. Através de um pino do Arduino é conectado o filtro ativo passa baixa de 2ª ordem, conectado ao inversor de frequência, o inversor de frequência alimentando Arduino, conforme o diagrama de blocos ilustrado na figura 6.

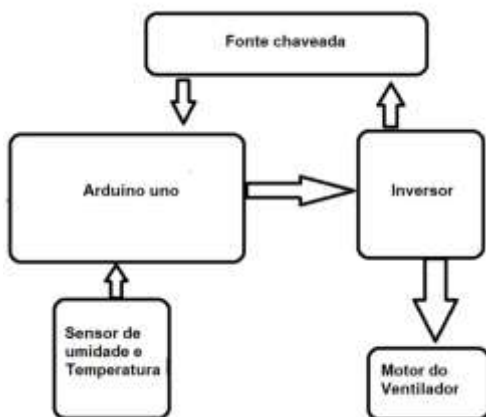


Fig. 6. Diagrama de blocos
Fonte: O autor.

Foi desenvolvido o circuito (fig.7 e fig.8) para executar a lógica programada. O circuito projetado contém Arduino Uno alimentado por um módulo conversor (MT 3608 DC-DC Step Up). Nos pinos 5v, GND e 13 é conectado o sensor de temperatura que além de ser alimentado pelo Arduino faz também a comunicação, coletados dados de temperatura ambiente e umidade e enviando para o Arduino. Já nos pinos 7(GND), 2 e 5v é conectado o filtro ativo butterworth de segunda ordem, que é um tipo de filtro passa-baixa. O filtro permite a passagem de frequências abaixo da frequência de corte enquanto atenua as frequências acima. Após o filtro o circuito é conectado ao inversor de frequência e depois ao motor.

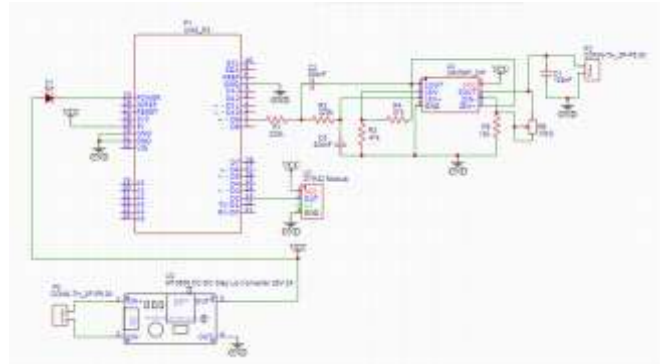


Fig. 7. Circuito do projeto
Fonte: O autor.

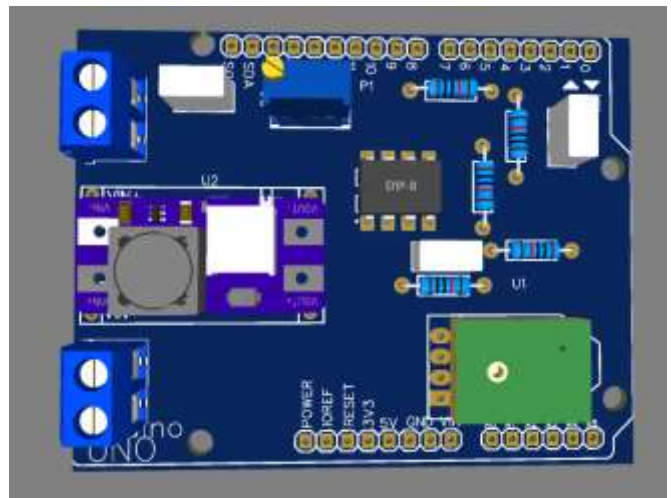


Fig. 8. Circuito em 3D do projeto.
Fonte: O autor.

E. SISTEMA ON/OFF

A seguir é apresentada uma tabela demonstrando o uso do sistema de ventilação para frangos de corte sem controle (ON/OFF), juntamente com fluxograma correspondente (Fig.9).

O Sistema On/Off é um tipo básico de controle usado para ativar ou desativar uma função ou processo. Baseado em um valor de referência onde sistema é ligado quando a variável de controle ultrapassa a variável de referência.

Porém este sistema possui algumas limitações, como por exemplo, não possui um controle preciso da variável. Podendo assim levar a flutuações indesejadas na variável controlada, causando um comportamento oscilatório.



Fig. 9. Fluxograma ON/OFF
Fonte: O Autor.

Havendo assim a necessidade de uma técnica de controle mais sofisticada, por exemplo, técnica de controle digital.

F. SISTEMA COM CONTROLE DIGITAL

A seguir será apresentada uma tabela demonstrando o uso do sistema de ventilação para frangos de corte com controle digital, juntamente com fluxograma correspondente (fig.10). Projetado para regular o comportamento de acordo com o ITU desejado. O comportamento do sistema de controle é ajustado dentro dos limites estabelecidos. Ler o script, dar início na comunicação, o sensor DHT22 coleta os valores de temperatura e umidade. O Arduino recebe esses valores, faz o cálculo de ITU e conforme lógica programada ele aumenta ou diminui a velocidade dos ventiladores de acordo com valor de referencial de ITU.

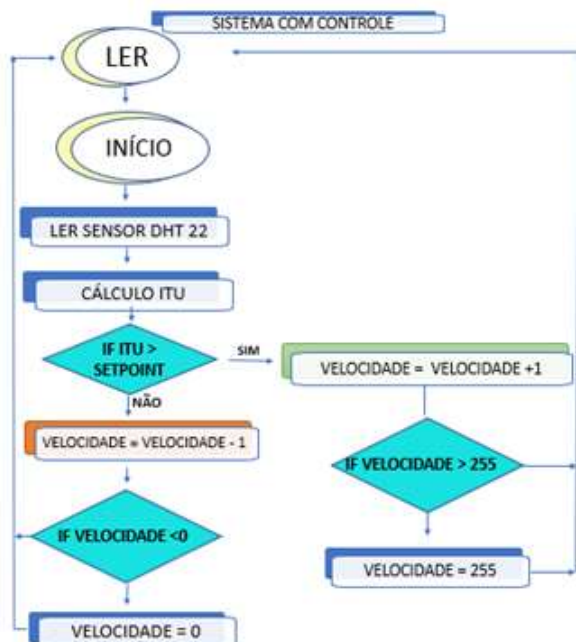


Fig. 10. Fluxograma do Sistema em malha fechada
Fonte: O Autor.

IV. RESULTADOS

Neste tópico serão apresentadas tabelas demonstrando o uso do sistema de ventilação ON/OFF (tabela 3 e 4) na tabela 3 e 4 pode-se observar que para ITU igual ou menor que o ITU de SETPOINT (SETPOINT=64) a velocidade é zero ou seja

aeração desligado. Já quando o ITU é maior ou igual ao ITU de SETPOINT aeração ligada.

Tabela 3 – Dados do sistema ON/OFF de desligado para ligado. Fonte: O autor.

TEMPERATURA(°C)	UMIDADE(%)	ITU	VELOCIDADE (%)
24.40	51.10	63.33	0
24.40	51.10	63.99	0
24.50	56.40	63.99	0
24.50	59.90	65.42	100
24.50	59.90	66.28	100
24.60	63.20	67.23	100

Tabela 4 – Dados do ON/OFF de ligado para desligado. Fonte: O autor.

TEMPERATURA(°C)	UMIDADE(%)	ITU	VELOCIDADE(%)
24.70	52.90	64.83	100
24.70	51.70	64.53	100
24.70	50.90	64.33	100
24.70	50.20	64.16	100
24.70	49.50	63.99	100
24.80	49.00	63.99	0
24.80	48.50	63.87	0
24.90	48.20	63.87	0
25.00	47.90	63.92	0

No sistema de ventilação com controle digital (tabela 5 e 6), pode-se observar o controle atuando, quando o ITU está acima ou igual o valor de ITU de SETPOINT (SETPOINT=64) a velocidade aumenta (incrementando de 1 em 1). Agora quando o ITU é menor ou igual o ITU de SETPOINT (SETPOINT=64), a velocidade diminui (decrementando de 1 em 1) como é observado na tabela 5 e 6. Demonstrando que o controle está atuando quando o ITU lido for igual ao ITU de SETPOINT a velocidade permanecerá constante até novo valor de ITU lido.

Tabela 5 – Dados do sistema de controle de malha fechada em aceleração. Fonte: O autor

TEMPERATURA(°C)	UMIDADE(%)	ITU	VELOCIDADE(%)
25.20	47.20	64.05	4
25.20	47.00	64.05	5
25.20	47.00	64.00	6
25.30	47.00	64.00	7
25.30	47.00	64.13	8
25.30	46.90	64.13	9
25.30	46.90	64.11	10
25.30	46.80	64.11	11
25.30	46.80	64.08	12
25.30	46.70	64.08	13
25.30	46.70	64.06	14
25.30	46.70	64.06	15
25.30	46.70	64.06	16
25.30	46.70	64.06	17
25.30	46.70	64.06	18

Tabela 6 – Dados dos sistemas de controle de malha fechada acelerando e desacelerando. Fonte: O autor.

TEMPERATURA(°C)	UMIDADE(%)	ITU	VELOCIDADE(%)
25.20	46.80	63.95	22
25.20	46.90	63.95	21
25.20	46.90	63.98	20
25.20	46.90	63.98	19
25.20	46.90	63.98	18
25.20	46.80	63.98	17
25.20	46.80	63.95	16
25.20	46.70	63.95	15
25.20	46.70	63.93	14
25.30	46.70	63.93	13
25.30	46.70	64.06	12
25.30	46.70	64.06	13
25.30	46.70	64.06	14
25.30	46.60	64.06	15
25.30	46.60	64.03	16

V. CONCLUSÃO

O circuito feito para o controle de ITU demonstrou o controle atuando no sistema aeração controlando a velocidade do motor com acelerando e desacelerando conforme setpoint estabelecido. Os resultados coletados demonstram que o controle está funcionando adequadamente de acordo com os valores de temperatura e umidade coletados pelo sensor DHT 22 e o cálculo de ITU feito pelo Arduino.

É essencial ter um monitoramento preciso das variáveis de temperatura e umidade para garantir um conforto térmico para que as aves possam alcançar a sua produtividade máxima e manter uma boa saúde. Porque estas variáveis exercem um papel crucial no bem-estar e no desempenho das aves. Controlando estas variáveis proporciona um ambiente ideal, promove crescimento saudável, eficiência alimentar e o desenvolvimento adequado.

Além disso, implementar este sistema controlado é possível reduzir os custos, já que a potência dos ventiladores é ajustada conforme o índice de conforto térmico. Isso resultará em um menor consumo comparado ao sistema ON/OFF. Em outras palavras, ao utilizar o controle é possível otimizar o uso de energia, de acordo com as necessidades do ambiente, resultando economia de energia e redução de custos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Oliveira, G. S.; Santos, V. M.; Rodrigues, J. C.; Nascimento, S. T. Protótipo para estudo do comportamento e da zona de conforto térmico de frangos de corte. **Revista Eixo**, Brasília-DF, v.8, n.1, janeiro-junho de 2019.
- [2] Relatório Anual 2023. **Associação Brasileira de Proteína animal**. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf>. Acesso em: 05 de junho de 2023.
- [3] ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Concórdia, v.40, p.1-14, 2011.
- [4] Instalação e ambiência para aviários. **Agroceresmultimix**, 6 de setembro de 2022. Disponível em: <https://agroceresmultimix.com.br/blog/instalacao-e-ambiencia-para-aviarios/>. Acesso em: 06 de junho de 2023.
- [5] Nowicki, R.; Butze, E.; Otutumi, L. K.; Piau-Júnior, R.; Alberton, L. R.; Merlini, L. S.; Mendes, T. C.; Dalberto, J. L.;

Gerônimo, E.; Caetano, I. C. S. Desempenho de frangos de corte criados em aviários convencionais e escuros. **Arg. Ciênc. Vet. UNIPAR**, Umuarama, v. 14, n.1, p. 25-28, jan./jun. 2011.

[6] Smaniotto, C.; Herrman, V.; Bonavigo, A.; Schropfer, D. L.; Bassani, M. T. Sistema de criação em aviários dark house. **2ª Conferência e Mostra Científica Internacional em Bem-Estar Animal ISSN 2526-9240**, UCEFF, Chapecó-SC, 2018.

[7] Paganin, R.; Bedin, J.; Siqueira, J. A. C.; Nogueira, C. E. C.; Moreira, C. R.; Souza, S. N. M.; Strassburger, F.; Strassburger, A.; Nascimento, M. E. C. Avaliação do consumo energético em aviários dark house, com e sem isolamento térmico: um estudo de caso na região oeste do estado do Paraná. **Revista aviNews.com**, Paraná, 08 julho de 2020.

[8] FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V.; TINÔCO, I. F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 7, n.3, p. 559-564, 2003.

[9] Furtado, D. A.; Dantas, R. T.; Nascimento, J. W. B.; Santos, J. T.; Costa, F. G. P. Efeitos de diferentes sistemas de condicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 10, n. 2, p.484-489, 2006.

[10] Schiassi, L.; Junior, T. Y.; Ferraz, P. F. P.; Campos, A. T.; Abreu, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n.3, p. 390-396, maio/jun. 2015.

[11] Queiroz, M. L. V.; Filho, J. A. D. B.; Sales, F. A. L.; Lima, L. R.; Duarte, L. M. Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 48, n. 4, p. 586-595, out-dez, 2017.

[12] Carvalho, V. F.; Junior, T. Y.; Damasceno, F. A.; Morais, S. R. P.; Tinôco, I. F. F. Desenvolvimento de um software para predição do ambiente térmico e desempenho de frangos de corte em galpões climatizados. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 9, n. 2, p. 1-16, 2009.

[13] Dantas, D. G.; Cunha Filho, G. F.; Oliveira, B. Q.; Medeiros, A. M. M. Automação para obter ganhos do conforto térmico para gados leiteiros em confinamentos. **CEEL XVII ISSN 2596-2221**, UFU, Uberlândia, MG, 2019.

[14] Battilani, M. **Desenvolvimento de dispositivo para monitoramento de atuadores em ambientes agrícolas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018.

[15] ATmega 328/P, Datasheet. **IC Components Limited**. Disponível em: <https://www.ic-components.hk/>. Acesso em: 01 de junho de 2023.

[16] Altivar 312 (ATV312), Datasheet. **Schneider Electric**. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/>. Acesso em: 01 de junho de 2023.

[17] Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302). **SparkFunElectronics**. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2023.

APÊNDICES

Apêndice A-Programa em C ++ do controle liga e desliga.

```

#include <DHT.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_ADXL343.h>
#define DHTPIN 2 // Pino de conexão do sensor DHT22
#define DHTTYPE DHT22 // Define o tipo de sensor utilizado
int pinVentilador=9;
int velocidade=255;
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Inicializa o sensor DHT22
int itulimite=64;
void setup() {
  pinMode(pinVentilador,OUTPUT);
  Serial.begin(9600); // Inicializa a comunicação serial
  dht.begin(); // Inicializa o sensor DHT22
}
void loop() {
  // Leitura da umidade relativa do ar
  float h = dht.readHumidity(); // Leitura da temperatura em Celsius
  float t = dht.readTemperature(); // Verifica se houve erro na leitura dos valores
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Erro ao ler os valores do sensor DHT22!");
    return;
  }
  float ITU=0.8*t+(h*t*0.01-14.4)+46.4; // Imprime os valores lidos no monitor serial
  Serial.print("Umidade: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %t");
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(t);
  Serial.println(" °C");
  Serial.print("ITU: ");
  Serial.print(ITU);
  Serial.print("\t");
  Serial.print("\%velocidade: ");
  Serial.print(velocidade);
  //controle
  if (ITU > itulimite) {
    //int velocidade = map(ITU, 0, 50, 0, 255); // Mapear o valor do ITU para a velocidade
    //do ventilador
    analogWrite(pinVentilador, 255); // Controlar a velocidade do ventilador com o
    //inversor de frequência
    velocidade=255;
  } else {
    analogWrite(pinVentilador, 0); // Desligar o ventilador se o valor do ITU estiver
    //dentro do limite confortável
    velocidade=0;
  }
  delay(1000);
}

```

Apêndice B-Programa em C ++ do controle digital.

```

#include <DHT.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#define DHTPIN 2 // Pino de conexão do sensor DHT22
#define DHTTYPE DHT22 // Define o tipo de sensor utilizado
#define motor_pin 3//pino de saída do motor
int pinVentilador=9;
int velocidade=0;
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Inicializa o sensor DHT22
void setup() {
  //pinMode(motor_pin, OUTPUT);//define o pino do motor
  pinMode(pinVentilador,OUTPUT);
  Serial.begin(9600); // Inicializa a comunicação serial
  dht.begin(); // Inicializa o sensor DHT22
}
void loop() {
  analogWrite(pinVentilador, velocidade);
  // Leitura da umidade relativa do ar
  float h = dht.readHumidity();
  // Leitura da temperatura em Celsius
  float t = dht.readTemperature();
  // Verifica se houve erro na leitura dos valores
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Erro ao ler os valores do sensor DHT22!");
    return;
  }
  float ITU=0.8*t+(h*t*0.01-14.4)+46.4;// Imprime os valores lidos no monitor serial
  Serial.print("Umidade: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(t);
  Serial.println(" °C");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("ITU: ");
  Serial.print(ITU);
  Serial.print("\t");
  Serial.print("velocidade: ");
  Serial.print(velocidade);
  Serial.print("\t");
  int SETPOINT=64; //valor do setpoint
  float erro=ITU-SETPOINT;// cálculo do erro
  if (erro>0 ) { velocidade=velocidade+1;
  analogWrite(pinVentilador, velocidade);//delay(1000); }
  if (erro<0 ) { velocidade=velocidade-1;
  analogWrite(pinVentilador, velocidade); }
  if (erro=0) { velocidade=velocidade;
  analogWrite(pinVentilador, velocidade); }
  if (velocidade<=0) { velocidade=0;
  analogWrite(pinVentilador, velocidade); }
  if (velocidade>=255) { velocidade=255;
  analogWrite(pinVentilador, velocidade); }
  delay(1000)

```