

DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM DATALOGGER APLICADO AO MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR DE UMA GRANJA CUNÍCULA

Rafael Jacinto dos Santos (Universidade de Uberaba) E-mail: rafaeljsan@edu.uniube.br

Lúcio Rogério Junior (Universidade de Uberaba) E-mail: lucio.junior@uniube.br

Resumo: A temperatura e umidade relativa do ar desempenham papéis fundamentais na produção animal. Na cunicultura é de grande importância esses fatores, de maneira que venham a proporcionar conforto e bem-estar animal. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver, construir e instalar um sistema de medição e aquisição de dados em uma granja cunícula, acionando também os ventiladores do ambiente. O sistema proposto, além de confiável, ofereceu um baixo custo de implementação, utilizando componentes de fácil alcance comercial, tecnologias acessíveis e de fácil utilização. O equipamento foi construído utilizando dois sensores DHT22, um para medições internas do ambiente e outro para medições externas. O projeto foi composto por um relógio de tempo real (RTC, do inglês Real Time Clock), módulo gravador de cartões SD, display de cristal líquido (LCD) 4Cx20L, relé eletromecânico, buzzer e botões de pulso que são usados para realizar ajustes e configurações de parâmetros. Todos esses componentes foram conectados a um microcontrolador (Arduino Nano) através de uma placa de circuito impresso (PCI). Após instalação, os resultados mostraram que o sistema funcionou de acordo com o esperado, registrando os dados medidos em um cartão SD, gerando um arquivo de texto (txt). Através do controle ON-OFF aplicado ao comando de ventiladores, foi possível controlar o limite de temperatura do ambiente de forma automática. Portanto, percebe-se que o uso das tecnologias disponíveis de baixo custo no mercado, é possível desenvolver sistemas que atendam às necessidades de produtores e empresas do setor agropecuário, aumentando a qualidade e produtividade.

Palavra chave: Medição de temperatura; Medição de umidade; Aquisição de dados; DHT22.

DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF A DATALOGGER APPLIED TO MONITORING TEMPERATURE AND RELATIVE AIR HUMIDITY OF A RABBIT FARM

Abstract: The temperature and relative humidity of the air performs fundamental roles in animal production. In rabbit farming these factors are of great importance, so that they provide comfort and animal welfare. Thus, the objective of this work was to develop, build and install a data acquisition and measurement system on a rabbit farm, also activating the environment's fans. The proposed system, in addition to being reliable, offered low cost of implantation, using components with easy commercial reach, accessible and easy to use technologies. The equipment was built using two DHT22 sensors, one for internal measurements of the environment and another for external measurements. The project was composed of a real time clock (RTC), SD card recorder module, 4Cx20L liquid crystal display (LCD), electromechanical relay, doorbell and wrist buttons that are used to make adjustments and parameterizations. All of these components were connected to a microcontroller (Arduino Nano) using a printed circuit board (PCB). After installation, the results showed that the system worked as expected, recording the measured data on an SD card, generating a text file (txt). Through the ON-OFF control applied to the fan control, it was possible to control the room temperature limit automatically. Therefore, with the use of low-cost technologies available on the market, it is possible to develop systems that meet the needs of producers and companies in the agricultural sector, increasing quality and productivity.

Keywords: Temperature measurement; Moisture measurement; Data acquisition; DHT22

1. Introdução

A produção animal está sujeita aos efeitos do ambiente, como temperatura, umidade relativa do ar, ventilação, insolação, iluminação, poluição sonora e odorífera, que interferem diretamente na manifestação da capacidade de produção. Dessa forma, é necessário controlar esses fatores, de maneira que haja um equilíbrio entre eles, proporcionando assim, conforto e bem-estar

adequado aos animais, durante a fase produtiva, de acordo com as variações climáticas que ocorrem ao longo do ano (FERREIRA, 2005).

A cunicultura é considerada uma atividade com um elevado crescimento na cadeia produtiva, devido ao coelho ser um animal bastante prolífero, possuir carne de excelente qualidade, uma baixa necessidade de investimento e impactos positivos de produção. O coelho pode ser explorado de diversas formas, tanto vivo, comercializado como animal de estimação, como também após o abate, aproveitando-se desde a carne à pele (FERREIRA; MACHADO, 2007).

Os coelhos são animais bastante sensíveis à temperatura, são animais homeotérmicos, ou seja, conseguem regular sua temperatura corporal dentro de uma temperatura que seja adequada para que possam se desenvolver. Para coelhos essa temperatura deve variar de 15 a 20°C e a umidade relativa de 60 a 70% (DE OLIVEIRA, 1999; MULLER, 1989; SILVA, 2002). Para manter essa temperatura ideal ou dissipar o calor excessivo, devido ao aumento de calor, os coelhos utilizam mecanismos de dissipação da temperatura por meio do aumento da frequência respiratória e a vasodilatação cutânea nas orelhas. Por não possuir um sistema de transpiração eficaz, devido ao baixo número de glândulas sudoríparas, esses são os meios mais eficazes de perda de calor por esses animais (MULLER, 1989; CUNNINGHAM, 1999).

No entanto, para que essa perda de calor ocorra, grande parte da energia ingerida por esses animais é desviada, afetando a produção. Além da energia desviada, o consumo de alimento também é reduzido para evitar que seja produzido mais calor a partir de processos metabólicos. O excesso de calor ainda causa estresse no animal, afetando seu sistema imunológico, diminui sua capacidade reprodutiva e afeta o desenvolvimento de coelhos na fase de crescimento (CUNNINGHAM, 1999; BANI et al., 2005 citado por JARUCHE et al, 2012).

Por esses motivos, anteriormente relatados, o monitoramento das condições climatológicas é essencial para identificação do status de conforto térmico dos animais e auxilia na escolha de ferramentas para mitigação do estresse por calor e define em quais momentos essas ferramentas devem ser utilizadas.

As plataformas compostas por DSPs (Processador de sinal digital) e microcontroladores, como por exemplo a família Arduino e seus equivalentes, facilitam o acesso tecnológico da eletrônica e automação. Estes recursos possibilitam a criação de sistemas automatizados de baixo custo, quando comparados aos equipamentos tradicionais utilizados atualmente (BANZI, 2015). O Arduino engloba plataformas de software e hardware livres (open source) que proporciona aos usuários uma plataforma para prototipação de projetos interativos, englobando a área da computação física, onde o software interage com sensores, atuadores e outros dispositivos eletrônicos (MCROBERTS, 2015).

Desta forma, através da implementação prática do Arduino, é possível criar um sistema de aquisição de dados, medindo temperatura e umidade relativa do ar. Este trabalho teve como objetivo desenvolver, construir e instalar um sistema de medição e aquisição de dados em uma granja cunícula, controlando o limite de temperatura do ambiente através do acionamento de ventiladores.

2. Materiais e métodos

O projeto do dispositivo Datalogger foi constituído utilizando uma placa Arduino Nano, um display LCD de 4 linhas e 20 colunas (40 caracteres alfanuméricos), um módulo de relógio de tempo real (RTC DS3231), um módulo para cartão micro SD, cartão micro SD de 8GB, dois sensores de temperatura e umidade relativa do ar (DHT 22 – AM2302), um relé eletromecânico de 5VCC, um buzzer para alarmes sonoros e três botões pulsadores.

O componente principal do sistema é o Arduino Nano, sendo composto por um microcontrolador Atmega328p, com 8 entradas analógicas e 14 entradas/saídas digitais, sendo que 6 delas podem ser usadas como saídas PWM (Modulação de Largura de Pulso), uma porta de comunicação USB e um conversor analógico digital de 10 bits (BLUM, 2016). Na Figura 1 é apresentado o diagrama de blocos básico do sistema proposto.

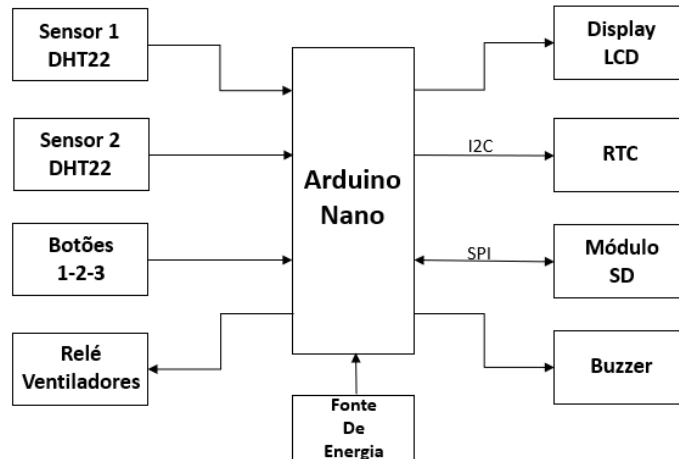


Figura 1 - Diagrama de blocos do sistema proposto.
Fonte: Autoria própria (2020)

A programação do microcontrolador foi realizada utilizando o software Arduino IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado). De acordo com Monk (2017), a IDE é um software livre (open source), e oferece recursos programação, debug e gravação de códigos, oferecendo a possibilidade de programação em linguagem C++.

O código do microcontrolador, responsável por toda a lógica de leitura, comunicação e controle do sistema, foi desenvolvido em várias etapas de melhorias e ajustes, sendo necessário simulações e diversos. Na Figura 2, é apresentado o fluxograma resumido do programa de controle do Arduino.

Quando o sistema é energizado, o display apresenta a mensagem inicial e, em seguida, ocorre a varredura para identificar se o RTC está ativo. O mesmo ocorre com o módulo de gravação de dados, indicando se está ativo ou apresentou falhas. Mesmo na ocorrência de falhas, o sistema irá ser inicializado.

Durante a inicialização, é apresentada uma mensagem de orientação, informando que o usuário terá 5 minutos para realizar ajustes de data e hora, se necessário. Após a mensagem e indicação de inicialização, os dados de temperatura e umidade começam a ser coletados. Esses dados, juntamente com data, hora, estado do cartão SD e setpoint dos ventiladores, ficam disponíveis no display para o usuário. A qualquer instante durante os 5 minutos iniciais, hora e data podem ser ajustadas através dos botões select, up (+) e down (-). Após os ajustes, o sistema retorna para a coleta de dados e assim ocorre as atualizações. Passados os 5 minutos iniciais, torna-se possível realizar o ajuste do setpoint de acionamento dos ventiladores e também definir o estado do cartão SD. A gravação de dados também inicia após esse tempo, e essa gravação ocorre em intervalos de 5 minutos. Todo o sistema fica em loop, atualizando de forma repetitiva as informações.

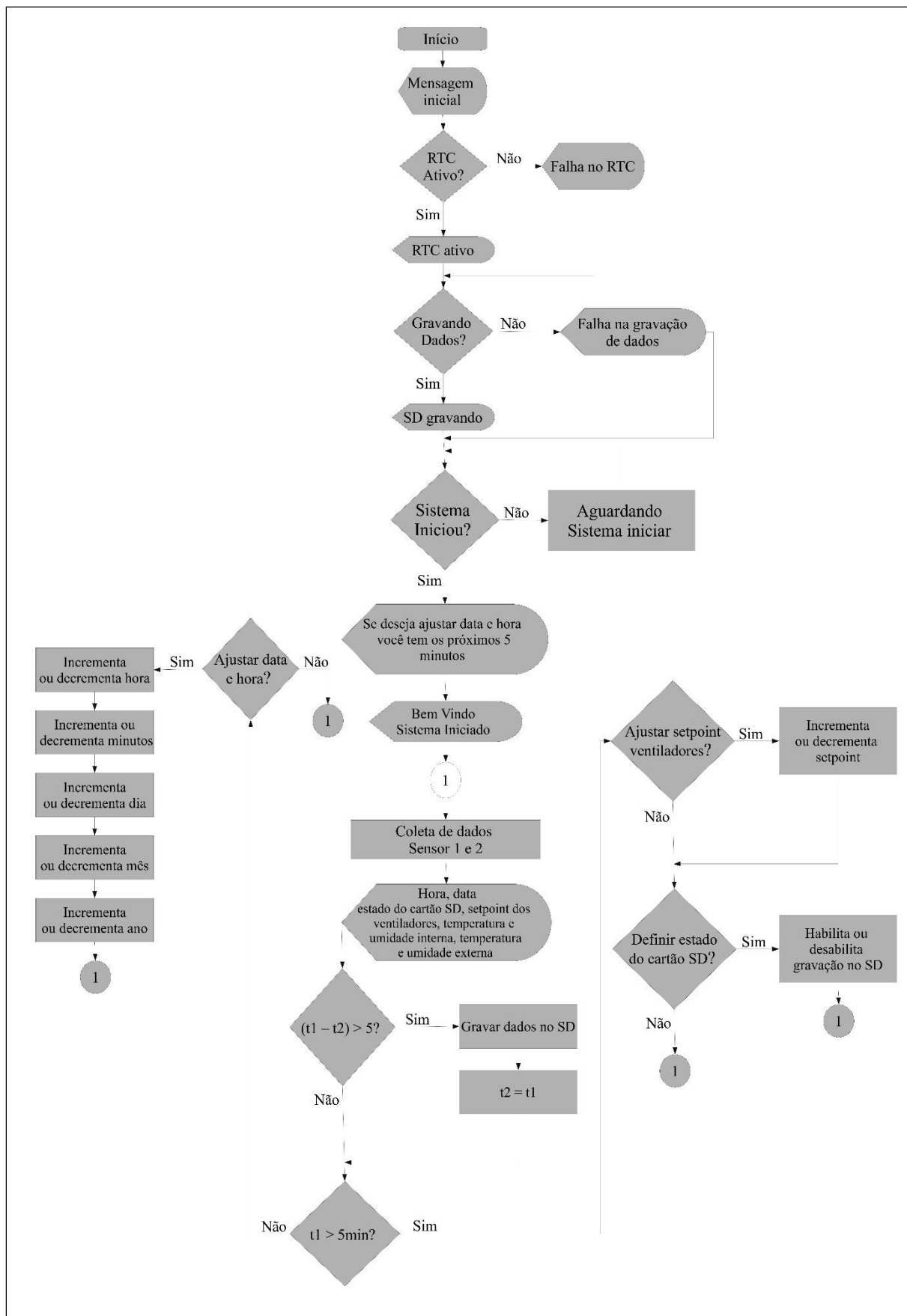


Figura 2 – Ambiente de programação - Arduino IDE
 Fonte: Autoria própria (2020)

A primeira parte deste trabalho foi a construção de um protótipo, possibilitando testar toda comunicação do microcontrolador com os módulos e sensores. Para construção do protótipo, foi utilizado um protoboard (matriz de contatos), em que todos os elementos foram posicionados e interligados de acordo com o diagrama da Figura 3.

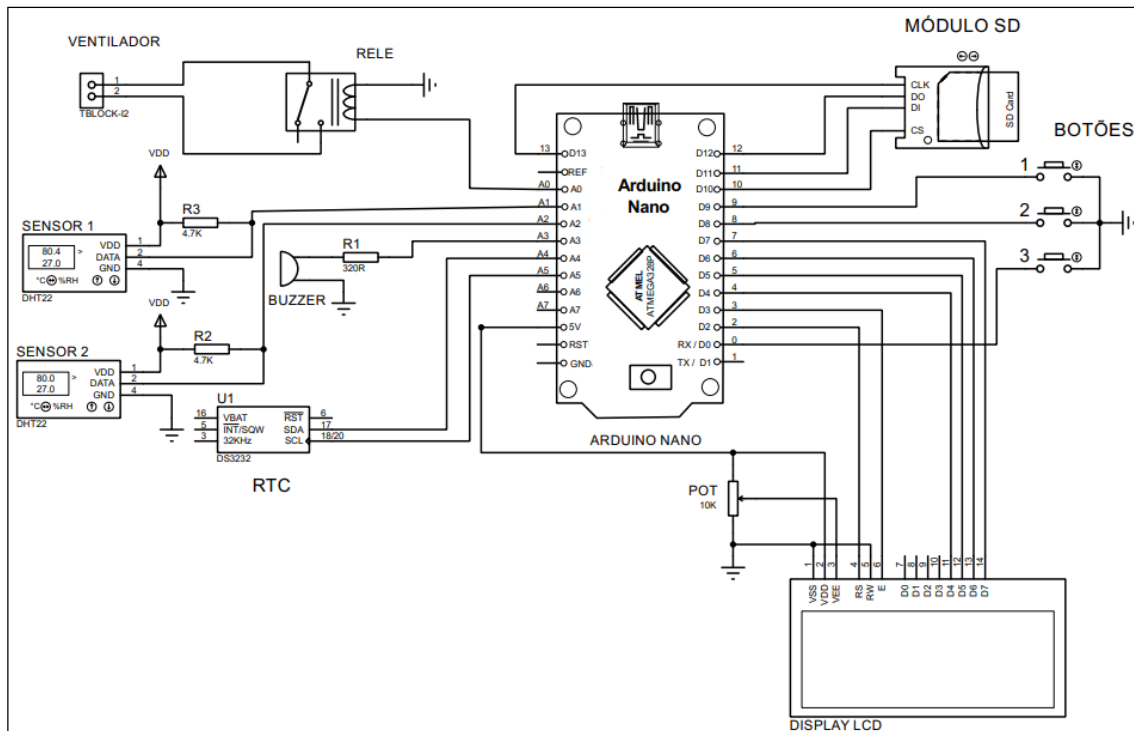


Figura 3 - Diagrama de interligação do sistema
 Fonte: Autoria própria (2020)

Inicialmente foi implementado um código de teste descarregado no microcontrolador do Arduino, para que fosse possível realizar os testes de funcionamento do sistema. As ligações foram realizadas com cabos de conexão (jumpers) e todo conjunto foi alimentado por uma fonte SMPS (Fonte de alimentação em modo chaveado) de 5VCC. Todo protótipo pode ser visto na Figura 4.

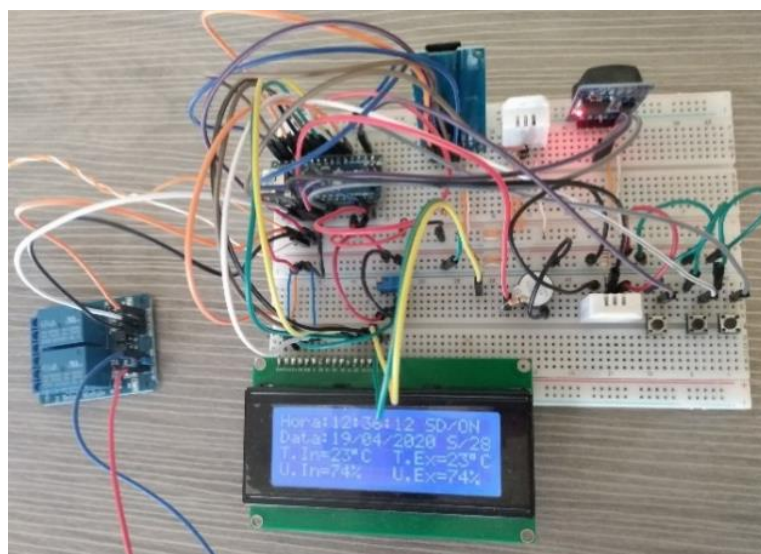


Figura 4 - Protótipo do sistema montado em matriz de contatos
 Fonte: Acervo do autor (2020)

O sensor usado para medir umidade relativa do ar (UR) e temperatura é o DHT22. Sendo ele composto por um sensor de umidade relativa do ar, do tipo capacitivo e um sensor de temperatura. Sua faixa de medição de umidade relativa do ar é de 0 a 100% e sua faixa de temperatura é de -40 a 80°C. Sua precisão é de $\pm 2\%$ UR e $\pm 5\%$ ° (DHT22, 2015). Dois sensores foram utilizados para medições interna e externa da granja de coelhos. Na Figura 5 são apresentados os sensores instalados em caixas plasticas de junção.



Figura 5 - Sensores DHT 22 nos suportes para instalação
Fonte: Acervo do autor (2020)

Os valores de data e hora do sistema são mantidos pelo RTC DS3231. O relógio de tempo real DS3231 é um relógio de alta precisão, capaz de fornecer informações de alta precisão como segundos, minutos, hora, dia, mês e ano. O mesmo, faz uso de uma bateria, mantendo a contagem precisa do tempo quando ocorrer falta de energia no dispositivo (RTC DS3231, 2015). O protocolo de comunicação usado para o Arduino se comunicar com o RTC é o protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit), estabelecendo uma comunicação serial através de barramentos (SDA e SCL). Os barramentos são compostos pelo mestre (Arduino) e seus escravos (RTC), no qual o mestre envia e requisita informações dos escravos. (CANDIA; SILVA, 2009).

A umidade relativa e a temperatura são armazenadas no cartão SD, sendo gravadas em intervalos de 5 minutos, registrando também data e hora. Esse armazenamento ocorre através do módulo micro SD e esses dados são salvos em arquivos de texto (.txt), possibilitando ao usuário habilitar ou desabilitar a gravação através de um botão. O módulo se comunica com o Arduino fazendo uso do protocolo de comunicação SPI (Serial Peripheral Interface) com sinal de 3,5V, contendo internamente um regulador de tensão, consequentemente, permitindo sua conexão a níveis de 5VCC do microcontrolador (MÓDULO SD, 2018). A comunicação SPI é um protocolo de comunicação síncrono entre dois pontos, mestre e escravo, que ocorre em ambos os sentidos, capaz de transmitir e receber informações simultaneamente (CANDIA; SILVA, 2009).

Os demais componentes do sistema possuem as seguintes funções: o display LCD exibe as informações do sistema, data, hora, temperatura interna e externa, umidade interna e externa, estado do cartão SD e Setpoint de acionamento dos ventiladores. O relé eletromecânico é utilizado para energizar o comando dos ventiladores, sendo eles acionados a partir de um valor desejado de acordo com a temperatura interna do ambiente. O buzzer emite sinal sonoro no momento que o sistema é energizado. Por fim, os três botões, os quais são usados para ajuste dos parâmetros, tais como: data, hora, estado do cartão SD e setpoint dos ventiladores.

A segunda etapa do trabalho teve como referência o diagrama eletrônico da Figura 3, no qual um novo diagrama foi desenvolvido, contemplando circuitos adicionais, necessários para o funcionamento adequado de todos os recursos. Na Figura 6 é apresentado o esquema eletrônico completo, sendo utilizado para confecção da (PCI).

Os transistores Q1 e Q2 foram utilizados como chaves eletrônicas para acionar o relê e o buzzer, respectivamente. Os diodos D9 e D11, foram utilizados para elementos de retorno (roda livre), eliminando os picos de tensão gerados pela força contra-eletromotriz (F_{cem}) das bobinas.

Considerando que foi utilizada uma fonte de alimentação de 12VCC, um regulador de tensão chaveado foi inserido no circuito para regular 5VCC. Para realizar esta tarefa o conversor step-down (rebaixador) LM2575 foi escolhido. Os reguladores chaveados possuem altos rendimentos em relação aos reguladores lineares, oferecendo ótima regulação, proteção contra curto circuito e operam com dimensões reduzidas por operar em altas frequências (AHMED, 2000).

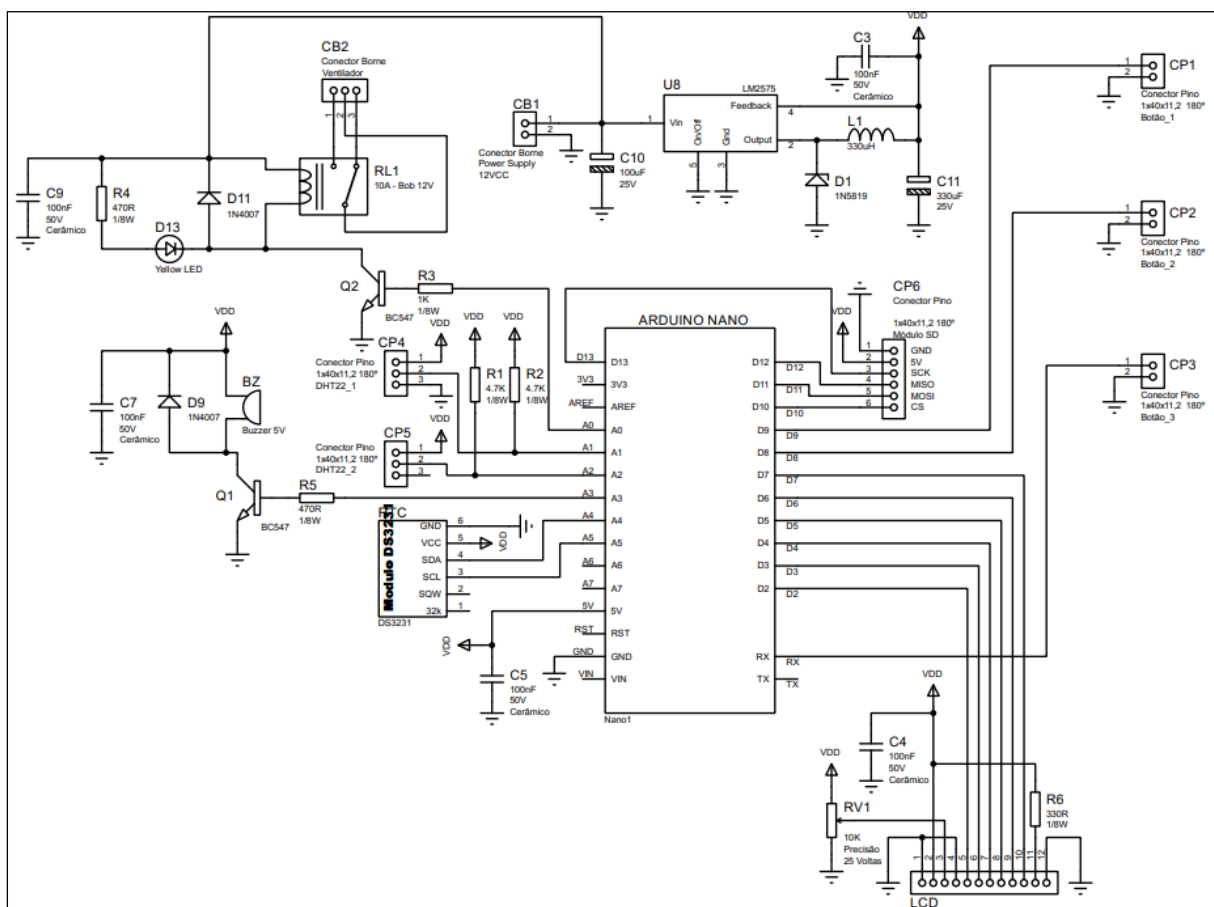


Figura 6 – Esquema eletrônico para confecção da PCI
 Fonte: Autoria própria (2020)

Fazendo uso das ferramentas apropriadas, um layout da placa de circuito impresso foi desenvolvido e posteriormente a placa física foi confeccionada. Todos os componentes utilizadas foram encontrados no comercio local. Na Figura 7a é mostrado o layout da PCI em 3D, e na Figura 7b podemos visualizar a placa física com todos os componentes eletrônicos soldados.

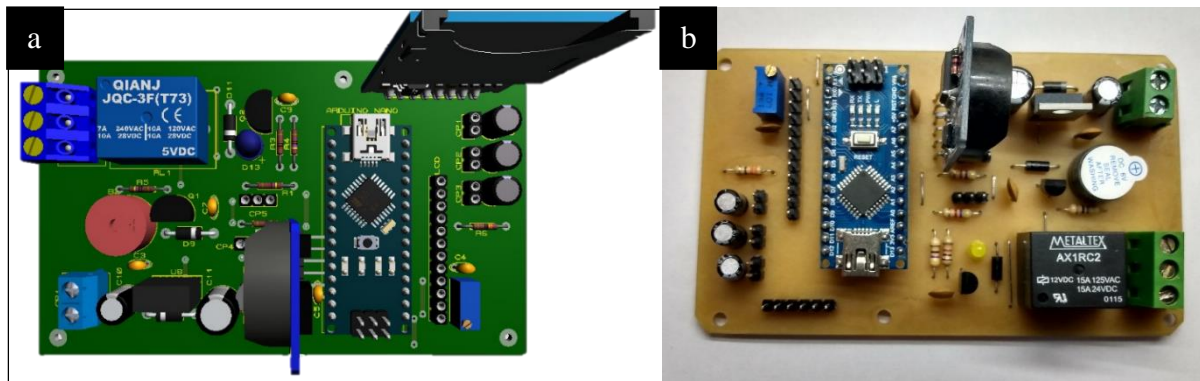


Figura 7 -Hardware do Datalogger, sendo (a) Layout da PCB em 3D e (b) a PCB física
Fonte: Acervo do autor (2020)

Depois de todo o circuito eletrônico pronto, uma terceira etapa foi realizada, consistindo na construção de um painel de controle do equipamento. De acordo com a Figura 8a, podemos verificar a montagem de todos os elementos elétricos e eletrônicos em uma caixa plástica de comando, sendo instalados disjuntores termomagnéticos para proteção do circuito e dos ventiladores, uma fonte de alimentação SMPS de 12VCC, uma chave alavanca para seleção do modo de operação do ventilador, uma chave on/off e todos os itens ligados a PCI.

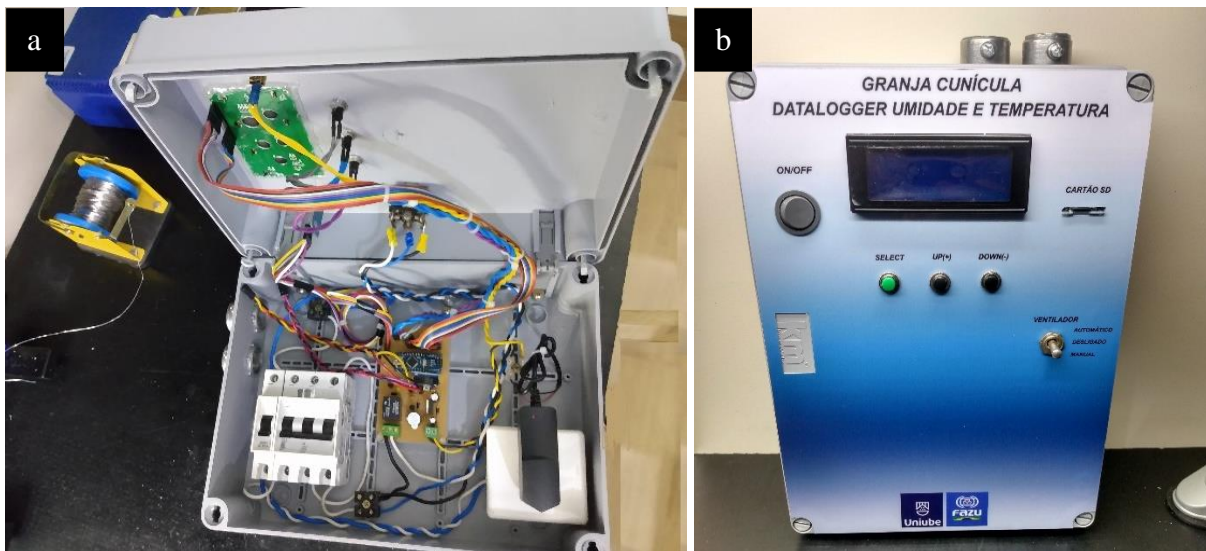


Figura 8 – Painel de controle com componentes do sistema – (a) Painel aberto (b) Painel fechado - Vista frontal
Fonte: Acervo do autor (2020)

Na Figura 8b podemos conferir a vista frontal do painel de controle finalizado, com todos os elementos instalados. Um adesivo de policarbonato foi elaborado, impresso e instalado no painel, identificando todos os componentes de interface com o usuário e oferecendo um aspecto profissional ao equipamento.

A última etapa do trabalho foi a instalação do equipamento na granja cunícula (Figura 9a). O sistema foi instalado em uma granja de coelhos do setor de zootecnia da Faculdades Associadas de Uberaba (FAZU). O painel de controle foi fixado em uma parede de alvenaria, sendo conectado ao sistema elétrico da sala por eletrodutos de PVC (Figura 9b). Um sensor DHT22 foi instalado internamente na parte superior da sala (Figura 9c), e outro sensor foi inserido para as medições de temperatura e umidade do ambiente externo (Figura 9d).

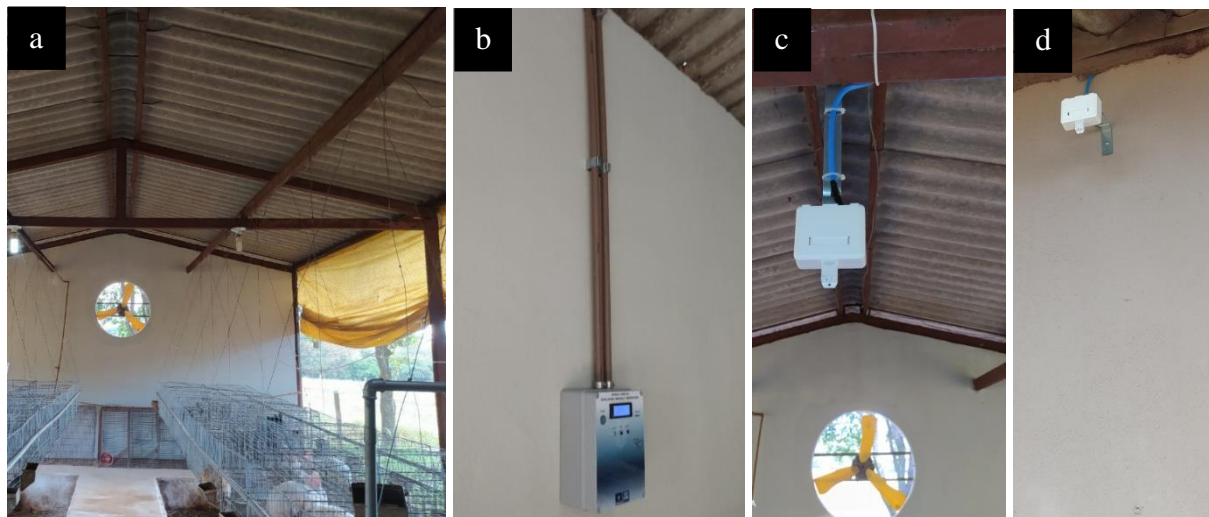


Figura 9 – Instalação do sistema Datalogger – (a) Granja cunícula (b) Painel de controle instalado (c) Sensor DHT22 instalado na parte interna da sala (d) Sensor instalado em área externa
Fonte: Acervo do autor (2020)

3. Resultados e discussão

Após instalado e energizado, o funcionamento do equipamento foi monitorado durante alguns dias, e observado sua operação normal de acordo com o esperado. Todo acompanhamento de operação e ajustes foram visualizados através do LCD (Figura 10), que apresenta os dados do sistema, oferecendo uma interface de interação ao usuário. São mostradas as informações de data, hora, estado da gravação no cartão SD, (ligado ou desligado), valor desejado de temperatura para o acionamento dos ventiladores, Temperatura interna e externa e umidade relativa interna e externa.



Figura 10 – Interface do usuário pelo display LCD
Fonte: Acervo do autor (2020)

Com o intuito de verificar o funcionamento do registro de temperatura e umidade realtiva, foram coletados dados durante alguns dias, e posteriormente verificados através do acesso aos arquivos de texto armazenados no cartão SD.

Os dados armazenados no cartão SD, foram gravados de forma alinhada e distribuídos em colunas (Figura 11), de forma que o usuário possa manipula-los para construção de gráficos e tabelas. O registro das grandezas físicas medidas é realizado em intervalos de 5 minutos, possibilitando uma boa precisão para experimentos e atividades realizadas por pesquisadores e estudantes do setor.

Na Figura 11 podemos visualizar os dados gravados no cartão SD em um arquivo de texto. Observe que na linha 14 a gravação de dados foi desabilitada intencionalmente, voltando a ser habilitada, aproximadamente, uma hora depois.

DATA	HORA	TEMP. INT	HUMI. INT	TEMP. EXT	UMID. EXT
22/05/2020	13:40:44	25°C	62 %	26°C	60 %
22/05/2020	13:45:45	25°C	61 %	26°C	60 %
22/05/2020	13:50:46	25°C	62 %	26°C	61 %
22/05/2020	13:55:47	25°C	64 %	26°C	62 %
22/05/2020	14:00:48	25°C	65 %	26°C	60 %
22/05/2020	14:05:49	25°C	63 %	26°C	60 %
22/05/2020	14:10:50	25°C	62 %	26°C	61 %
22/05/2020	14:15:51	25°C	63 %	26°C	62 %
22/05/2020	14:20:52	25°C	63 %	26°C	62 %
22/05/2020	14:25:53	25°C	63 %	26°C	61 %
22/05/2020	14:30:54	25°C	63 %	26°C	61 %
22/05/2020	14:35:55	25°C	63 %	26°C	60 %
22/05/2020	14:40:56	25°C	63 %	26°C	60 %
22/05/2020	14:45:57	25°C	63 %	26°C	60 %
22/05/2020	15:41:11	26°C	56 %	27°C	54 %
22/05/2020	15:46:12	26°C	56 %	27°C	54 %

Figura 11 - Dados armazenados no cartão SD

Fonte: Acervo do autor (2020)

Considerando, o intervalo de gravação, a quantidade de parâmetros gravados, o formato e a extensão de arquivo (.txt), e o tamanho do cartão micro SD utilizado (8Gb), podemos garantir que esses dados podem ser armazenados por inúmeros anos, sem a necessidade de troca do cartão ou limpeza de registros passados.

Outro teste importante realizado foi o acionamento dos ventiladores da granja, de acordo com a temperatura ajustada. Foram realizados ajustes de Setpoint para que os ventiladores acionassem com temperaturas de 25, 26, 27, 28 e 29 graus. Em todas as condições os equipamentos foram acionados. Em alguns casos a temperatura foi mantida e em outros, os ventiladores foram desligados após algum tempo, considerando o controle ON-OFF com histerese de 2 graus para o desligamento.

O sistema em si fez uso de 6 portas analógicas e 13 portas digitais do Arduino nano, restando disponíveis apenas 2 portas analógicas e 1 digital. Para projetos futuros em que se deseja implementar novas linhas de programação e inserir novos dispositivos no sistema que exceda a quantidade disponível, o Arduino mega 2560 atenderia essa nova demanda.

4. Conclusão

O equipamento desenvolvido mostrou-se funcional e confiável, conforme o esperado, desenvolvido com tecnologias de fácil acesso comercial, simples utilização e baixo custo, tornando-se uma ferramenta importante para as atividades de ensino e pesquisa do setor de cunicultura. Além disso, este equipamento poderá atender as necessidades de produtores do setor, auxiliando-os na produção e no bem estar dos animais.

Dessa forma, foi possível verificar o grande potencial do microcontrolador Arduino e as demais tecnologias utilizadas, assim como, as inúmeras possibilidades de trabalho com essa plataforma. Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se ser implementa nesse sistema, o armazenamento de dados em nuvem, podendo-se também, ser aplicado no setor primário e secundário da economia.

Referências

- AHMED, A. **Eletrônica de Potência**, São Paulo: Editora Prentice Hall, 2000. 479 p.
- BANZI, Massimo; Shiloh, Michael. **Primeiros passos com o Arduino: A plataforma de prototipagem eletrônica open source**. 2. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2015. 236p
- BLUM, Jeremy. **Explorando o Arduino: Técnicas e ferramentas para mágicas de engenharia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Alta Books. 2016. 386p
- CANDIA, E. Y. R. D.; SILVA, R. M. M. **Interface de Comunicação e Reconfiguração de Microcontrolador em Campo que utiliza Controle Robótico**. 2009. 71p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia da Computação)-Universidade Positivo-Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas, Curitiba, 2009.
- CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2. ed. Guanabara e Koogan, 1999.
- DHT22 AM2302 – DATASHEET. Disponível em:
<<https://datasheetspdf.com/pdf/file/792209/ABCPROYECTOS/DHT22/1>>. Acesso em: 15 mar 2020.
- RTC DS3231 – DATASHEET. Disponível em:
<<https://datasheetspdf.com/datasheet/search.php?sWord=ds3231>>. Acesso em: 15 mar 2020.
- Datasheet módulo cartão SD – disponível em:
<<https://cdn.awsli.com.br/945/945993/arquivos/DatasheetMicroSD-Module.pdf>>. Acesso em: 16 mar 2020.
- DE OLIVEIRA, E.M. **Ambiência e produtividade na cunicultura**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA E TECNOLOGIA EM CUNICULTURA, 3., 1999, Jaboticaba. Anais... Jaboticabal, 1999. p. 15.
- FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente**. Viçosa: A. Fácil, 2005.
- FERREIRA, W. M.; MACHADO L. C. **Perspectivas da cunicultura brasileira. Veterinária e Zootecnia em Minas**, p.41-44, 2007.
- JARUCHE, Y. G. et al. Efeito da densidade de alojamento sobre a homeostase térmica em coelhas em crescimento mantidas em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v. 1, n 01, 2012.
- MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico: Crie projetos simples e práticos com arduino**. 2. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2015. 506p.
- MONK, S. **Programação com Arduino: começando com sketches**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017. 200p.
- MULLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3. ed. Porto Alegre: SULINA, 1989. 262p.
- SILVA, A. Controle Ambiental em Cunicultura Industrial. **II Jornadas Internacionais de Cunicultura**. Vila Real, Portugal, p. 103-110, 2002.