



CONSTRUÇÃO DE UMA CÂMARA DE CURA PILOTO COM ALIMENTAÇÃO COM NEBLINA FRIA PARA PRODUÇÃO DE PLACAS DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO

B. G. DALVI¹, K. C. SANTOS¹, L. C. SANTANA², C. M. de CARVALHO³ e G. A. O. BRITO⁴

¹ Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura

² Universidade Federal do Espírito Santo, Faculdade de Engenharia Química

³ Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

⁴ Universidade Federal de Uberlândia, Departamento de Química

E-mail para contato: lucascarvalhosantana@outlook.com.br

RESUMO – O processo de fabricação de baterias chumbo-ácido engloba etapas desde a reciclagem de material de placas usadas, até a formação eletroquímica das placas. Contudo, uma etapa desse processo de fabricação se destaca quanto a importância na qualidade das placas e durabilidade, sendo essa etapa designada como processo de cura. Com isso, estudos quanto ao aprimoramento dessa etapa reflete um ganho de desempenho para o processo, e consequentemente, aperfeiçoamento dos acumuladores. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é a construção de uma câmara de cura com alimentação a neblina fria, com o intuito de controlar a umidade e temperatura no interior da câmara em que as placas das baterias são submetidas a cura. O controle dessas variáveis proporciona adequar as condições deste processo para facilitar a adesão do material a grade da placa. A câmara piloto construída apresentou resultados satisfatórios, sendo, com isso, um equipamento eficiente para a submissão à essa etapa do processo de fabricação em escala piloto.

1. INTRODUÇÃO

Um passo essencial para a se atingir o nível tecnológico da sociedade contemporânea foi o avanço na área de geração de energia. Tão importante quanto os sistemas de geração de energia são os sistemas de acúmulo de energia, que permitem a estocagem e mobilidade de energia. Um desses sistemas, que está consolidado no mercado a mais de 150 anos, são as baterias de chumbo-ácido (CARNEIRO, 2017).

A busca por inovações nesse sistema de acumulo de energia tornou-se essencial para o avanço tecnológico em vários setores, como o automotivo (CARNEIRO, 2017). Dentre os vários tipos de inovações nos sistemas de baterias de chumbo-ácido, se encontra o aprimoramento do processo de cura. Este envolve o controle de umidade, temperatura e composição, que influenciam diretamente o tamanho de partículas formadas e a cinética de crescimento de cristais, impactando diretamente na qualidade das placas das baterias (FOXWORTHY, 1988).

Nesse sentido, o presente trabalho busca contribuir para o estudo desta etapa de produção, com o desenvolvimento de uma câmara de cura com alimentação por neblina fria em escala piloto. Para a verificação do funcionamento do equipamento, esse foi submetido a testes para condições de umidade e temperatura distintas.

2. METODOLOGIA

2.1. Construção da Estrutura Câmara de Cura

Na construção da estrutura externa da câmara, foi utilizado polipropileno, devido ao baixo custo de obtenção e propriedades físicas e químicas que permitem os testes dentro das condições propostas. Utilizou-se um recipiente cilíndrico com uma base em forma de tronco de cone, sendo essas duas partes seladas com fita asfáltica.

Para o controle do fluxo de ar e vapor entre a câmara e o meio externo, utilizou-se dois sistemas de ventoinhas, um localizado na lateral inferior da estrutura e outro na lateral superior. A primeira direciona o fluxo de ar do meio externo para dentro da câmara, e a segunda de dentro da câmara para o meio externo. Para a geração de calor, utilizou-se uma lâmpada incandescente de 100 W. Para a alimentação de umidade, utilizou-se um umidificador de 32 W de potência para a alimentação de névoa fria. Na parte superior do recipiente cilíndrico foi posicionado, de modo centralizado, um sensor de temperatura e umidade DHT22.

2.2. Controle de Temperatura e Umidade

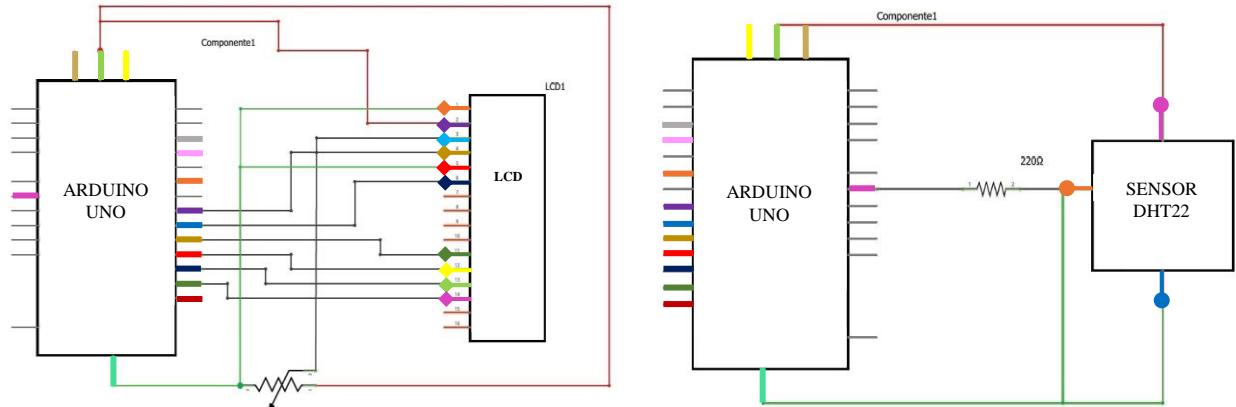
Para leitura e controle das variáveis umidade e temperatura utilizou-se uma placa Arduino versão UNO aliada ao software Arduino 1.0.6. Para utilização desses recursos, foi necessária a montagem de circuitos elétricos com os outros equipamentos da câmara. A Figura 1 apresenta os símbolos utilizados neste trabalho para descrição dos circuitos.

Figura 1 –Descrição dos símbolos utilizados nos circuitos das Figuras 2, 3 e 4.

Símbolos			
D5PWM	GND	R/W	D2
D6PWM	A1	E	GND2
D7	5V	DB4	3V3
D8	VIN	DB5	D3
D9PWM/SS	VSS	DB6	Vcc
D10PWM/MOSI	VDD	DB7	RS
D12/MISO	V0	DATA	D13

Primeiramente, foram realizadas as conexões relacionadas ao display LCD a placa Arduino (como apresentado na Figura 2, à esquerda). Neste foram exibidos os valores de umidade e temperatura programadas para o teste. As conexões de aterramento e de ligação com a fonte de alimentação de 5 V estão representadas, respectivamente, nas cores verde e vermelha.

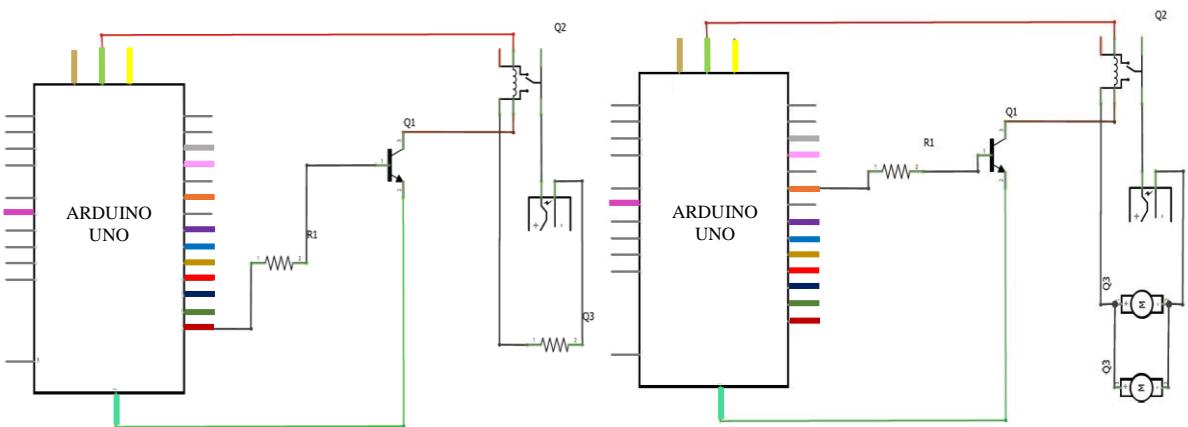
Figura 2 – Esquema do circuito para conexão do display (à esquerda) e do sensor DHT22 (à direita) a placa Arduino.



No circuito à direita na Figura 2, são representadas as conexões utilizadas para conectar o sensor DHT22 a placa Arduino. Para garantir um nível lógico válido para os pinos A1 da placa Arduino, foi associado ao pino de dados do sensor um resistor de 220Ω . O pino GND foi ligado ao aterramento da placa e o pino VCC à fonte de alimentação de 5 V.

O primeiro circuito representado na Figura 3, ao lado esquerdo, designa as conexões necessárias para conectar a lâmpada incandescente a placa Arduino. A conexão entre o pino 13/SCK e o pino 1 da base do transistor Q1 (NPN 4001), foi realizada através de um resistor de $10\text{ K}\Omega$ (R1). O pino emissor do transistor foi conectado ao aterramento, e o seu pino coletor foi conectado a um dos terminais de controle da bobina do relé de 5 V (Q2). Quanto ao efeito prático, o transistor funcionou como uma chave controlada pelo pino 13 do Arduíno. O outro terminal da bobina do relé foi ligado a fonte de alimentação de 5 V. A lâmpada incandescente foi ligada a uma fonte externa de energia e ao relé, onde o neutro foi ligado a tomada e a fase no rele. Isso faz com que a lâmpada incandescente seja acionada quando o relé permitir a passagem de corrente.

Figura 3 - Esquema do circuito para conexão da lâmpada incandescente (à esquerda) e das ventoinhas (à direita) a placa Arduino.

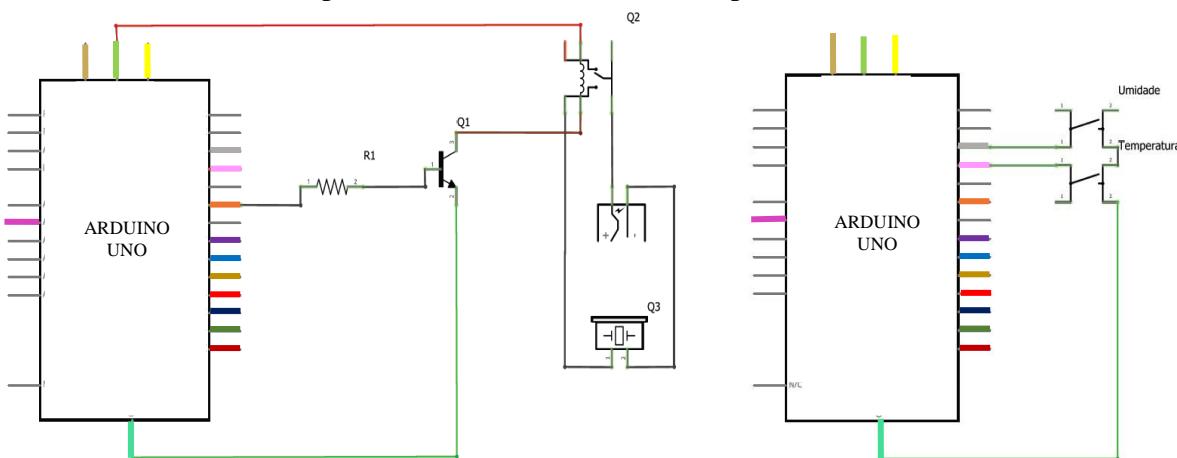


Ainda na Figura 3, o circuito ao lado direito representa as conexões necessárias para o funcionamento das ventoinhas (Q3), que foram conectadas em paralelo. As conexões sequem

o mesmo esquema utilizado para a lâmpada incandescente. Contudo, neste caso o pino GND foi conectado ao pino base 1 do transistor (NPN 4001), utilizando um resistor de $220\ \Omega$.

O circuito que representa a ligação do umidificador a placa Arduino é mostrado na figura 4 (à esquerda). O resistor R1 ($220\ \Omega$) é conectado ao pino 4, já as conexões e especificações do relé (Q2) e do transistor (Q1) são as mesmas descritas anteriormente (esquema do circuito da lâmpada incandescente). O piezo speaker (Q3) presente no circuito representa o transdutor ultrassônico do umidificador.

Figura 4 - Esquema do circuito para conexão do umidificador (à esquerda) e dos botões de temperatura e umidade (à direita) a placa Arduino.



Ainda na Figura 3, o circuito ao lado direito representa as conexões para a inclusão dos botões de ajuste de umidade e temperatura. O botão responsável por variar a umidade dentro da câmara foi ligado ao pino 2 da placa Arduino. Este foi também interligado ao botão de ajuste de temperatura que está conectado ao pino 4 e ao GND.

Para a criação do código foram utilizadas duas bibliotecas: LiquidCrystal.h (responsável pelo display de temperatura e umidade) e DHT.h (para o funcionamento do sensor de temperatura e umidade) (Arduino & Cia, 2016). O sistema de controle define que, caso a temperatura ou a umidade no interior da câmara estejam abaixo do valor programado o relé é acionado. Este por sua vez aciona a lâmpada incandescente e o umidificador. Com esses dois equipamentos em funcionamento, ambas as variáveis (temperatura e umidade), aumentam gradualmente. Ao se atingir a temperatura e umidade programada, o umidificador e a lâmpada são desligados e as ventoinhas são acionados para resfriar o ambiente e promover a circulação de ar.

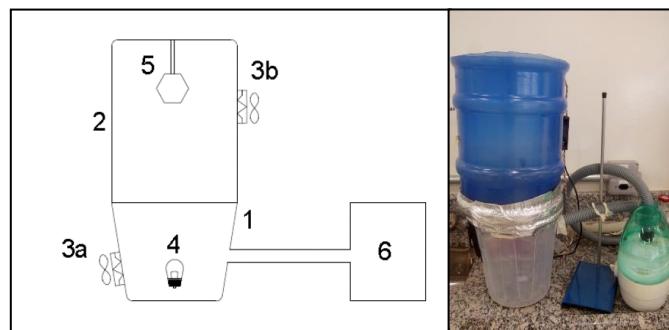
Com a câmara de cura por alimentação a neblina fria e os códigos de comandos inclusos no programa, foram conduzidos testes com o intuito de avaliar a efetividade do controle das variáveis umidade e temperatura. O primeiro teste foi realizado com umidade relativa programada a 100% e temperatura a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. O segundo teste foi realizado com umidade programada de 80% e temperatura a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. O terceiro teste foi realizado com umidade relativa definida em 60% e temperatura igual a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Todos os testes foram realizados em triplicatas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Construção da Câmara de Cura com Alimentação a Vapor

Após seguir a metodologia descrita anteriormente e utilizando-se os materiais citados, foi possível construir a câmara de cura com alimentação por neblina fria. A Figura 5 apresenta a ilustração dos componentes da câmara e a imagem real da câmara.

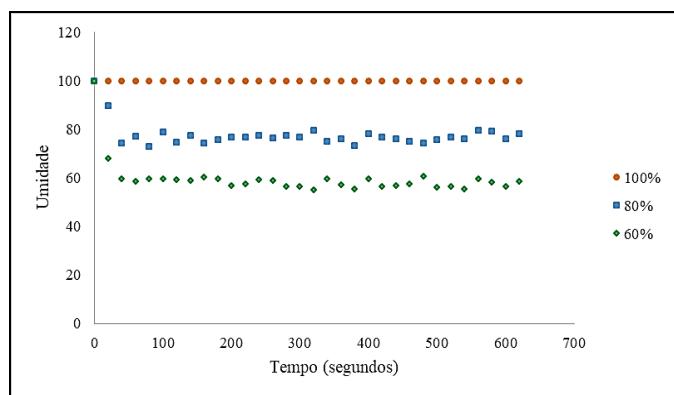
Figura 5 – Desenho esquemático e foto da câmara de cura piloto.



3.1. Testes de Controle de Umidade e Temperatura

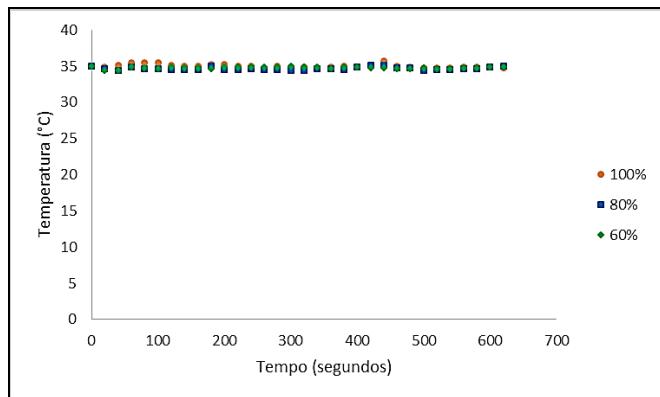
As Figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, o comportamento da umidade e da temperatura para o primeiro, segundo e terceiro testes. Os resultados apresentados são as médias dos valores das triplicatas para cada condição de operação.

Figura 6 - Variação temporal da umidade no interior da câmara de cura.



Conforme a Figura 6, para o teste programado com umidade relativa em 100%, os valores das leituras se mantiveram muito próximos do set point, com média de $99,9 \pm 0,1\%$. Para o segundo teste, obteve-se uma média de $78,45 \pm 2,34\%$. E por fim, para o terceiro teste foi obtido uma média de $58,97 \pm 2,34\%$ com desvio em 2,98%. Com respeito a variável temperatura (Figura 7), obteve-se $35,02 \pm 0,68\%$, $34,67 \pm 0,59\%$ e $34,80 \pm 0,43\%$, respectivamente primeiro, segundo e terceiro teste. Os valores médios obtidos foram próximos ao programado (35°C), atendendo as expectativas desejadas.

Figura 7 - Variação temporal da temperatura no interior da câmara de cura durante o teste.



Os resultados indicam que foi possível obter um controle da variável umidade, com pequenas oscilações. Para a temperatura, as variações foram ainda menores, podendo ser desprezadas. Um dos motivos para os desvios ocorridos foi o atraso de leitura quando a variável atinge o setpoint. As leituras apresentaram um delay de 2 segundos devido a dinâmica dos equipamentos. O segundo motivo foi a instabilidade no início dos testes devido as condições da câmara. Contudo, por se tratar do start-up de um sistema dinâmico, as oscilações no início dos testes são razoáveis.

4. CONCLUSÃO

O objetivo da construção de uma câmara de cura com alimentação de neblina fria, que utilizasse um sistema automatizado, de fácil manutenção e que fosse capaz de variar diferentes condições para a produção de placas de baterias chumbo-ácido, foi atingido. A lâmpada incandescente e o umidificador foram eficientes quanto ao controle das variáveis temperatura e umidade. Os valores de temperatura e umidade se mostraram próximos ao programado para cada condição, tendo variações maiores apenas nas primeiras leituras devido as condições iniciais do teste. Sendo assim, a câmara atende as condições para o processo de cura em escala piloto.

5. REFERÊNCIAS

ARDUINO.CC. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 23 outubro. 2016.

CARNEIRO, R. L.; MOLINA, J. H. A.; ANTONIASSI, B.; MAGDALENA, A. G.; PINTO, E. M. Aspectos essenciais das Baterias Chumbo-Ácido e Princípios Físico-químicos e Termodinâmicos do seu Funcionamento. Revista Virtual de Química. v. 9, n. 3, mai.-jun. 2017.

FOXWORTHY, A. M. Relative-humidity/temperature relationships for saturated salt solutions: application to lead/ acid plate curing. Journal of Power Sources, v. 22, p. 169 – 173, 1988.