



# CONSTRUÇÃO DE UMA CÂMARA DE CURA PILOTO COM ALIMENTAÇÃO A VAPOR PARA PRODUÇÃO DE PLACAS DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO

## CONSTRUCTION OF A PILOT CURE CHAMBER WITH STEAM FEEDING FOR LEAD ACID BATTERIES PLATES PRODUCTION

B. G. DALVI<sup>1</sup>, K. C. SANTOS<sup>1</sup>, L. C. SANTANA<sup>2,\*</sup>, C. M. de CARVALHO<sup>3</sup> e G. A. O. BRITO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institute of Technology Edson Mororó Moura, Belo Jardim, Pernambuco, Brazil

<sup>2</sup> Federal University of Espírito Santo, Department of Rural Engineering, Alegre, Espírito Santo, Brazil

<sup>3</sup> Federal University of Espírito Santo, Postgraduate Program in Chemical Engineering, Alegre, Espírito Santo, Brazil

<sup>4</sup> Federal University of Uberlândia, Department of Chemistry, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil

\*Corresponding author. Federal University of Espírito Santo, Department of Rural Engineering, Alegre, Espírito Santo, Brazil, Phone: +55 28 998816761  
e-mail address: [lucascarvalhosantana@outlook.com.br](mailto:lucascarvalhosantana@outlook.com.br) (L. C. Santana).

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 2020-06-30

Accepted 2020-10-20

Available online 2020-10-20

#### palavras-chave

Baterias de chumbo-ácido

Câmara de cura

Arduino

#### keywords

Lead Acid Batteries

Cure Chamber

Arduino

### ABSTRACT

*In the production of lead-acid batteries, the main step is the curing process of pasted plates. Although there are studies dealing with the healing process, mainly with the objective of optimizing the stage and improving the performance of the batteries, there is a need for a systematic study of this process. Thus, the main objective of this work is the construction of a pilot scale equipment with humidity and temperature control, more commonly known in the sector as a curing chamber. With this, the intention is to operate it in different conditions from variations in humidity and temperature, which directly influences the properties of the precursor material obtained after the curing step. The constructed pilot presented satisfactory results, being important for the study of the influence of humidity and temperature with the characteristics of the precursor material.*

### RESUMO

*Na produção de baterias chumbo-ácido, a etapa principal é o processo de cura de placas empastadas. Embora haja estudos tratando do processo de cura, principalmente com os objetivos de otimizar a etapa e melhorar o desempenho das baterias, existe a necessidade de um estudo sistematizado deste processo. Deste modo o principal objetivo deste trabalho é a construção de um equipamento em escala piloto com controle de umidade e temperatura, mais comumente conhecido no setor como câmara de cura. Com isso, tem-se o intuito de operá-la em diferentes condições a partir das variações de umidade e temperatura, que influencia diretamente nas propriedades do material precursor obtido após a etapa de cura. O piloto construído apresentou resultados satisfatórios, sendo, portanto, de grande valia para o estudo da influência da umidade e temperatura com as características do material precursor.*



Na Figura 2 tem-se as conexões do sensor DHT22 a placa Arduino. Um resistor de 10 KΩ foi utilizado no pino de dados do sensor como resistor pull-up, garantindo um nível lógico

válido quando os pinos analógicos A1 da placa Arduino. O pino VCC é ligado a fonte de alimentação de 5V da placa. Já o pino GND foi ligado ao aterramento (GND) da placa.

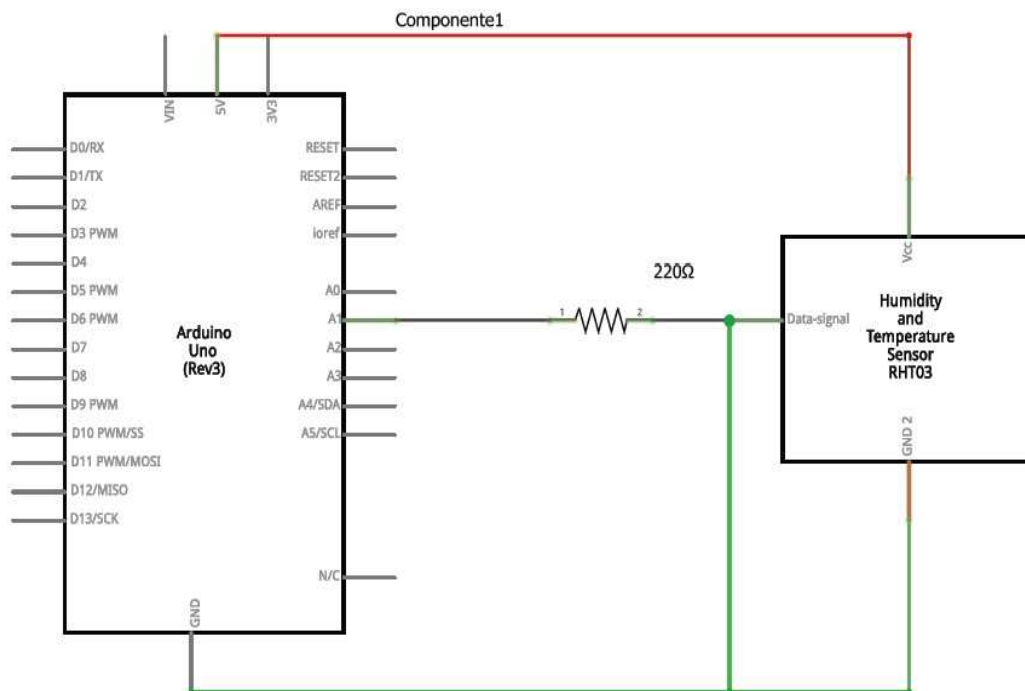


Figure 2 - Esquema do circuito para conexão do sensor DHSS. (Fonte: Os autores)

O circuito exibido na Figura 3, é responsável pelo acionamento da resistência elétrica. O pino 13/SCK está conectado por meio de um resistor R1 (220 Ω) a base do transistor Q1 (NPN 4001). O emissor do transistor está conectado ao terra, e o coletor está conectado a um dos terminais

de controle da bobina do relé de voltagem 5V. O segundo terminal da bobina do relé está conectada a fonte de alimentação de 5V da placa Arduino. A resistência elétrica (Q3) está ligada a uma fonte externa de energia e ao relé (Q2).

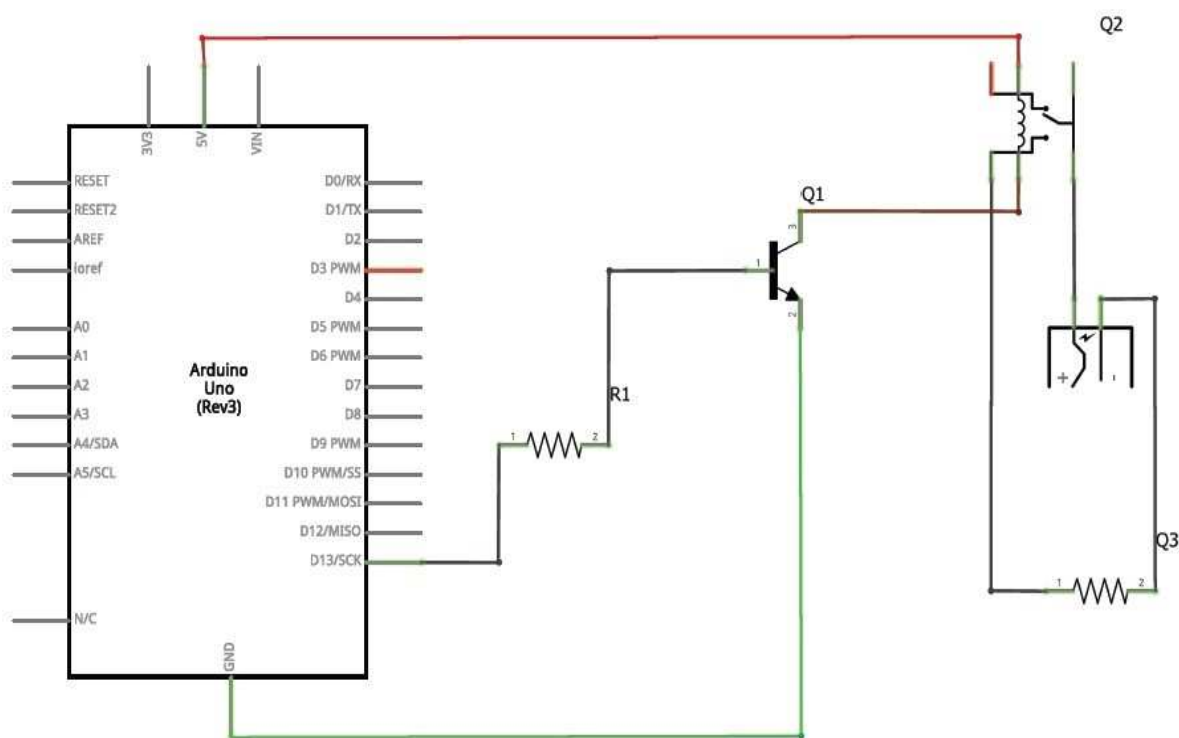


Figure 3 - Esquema do circuito para conexão da resistência elétrica. (Fonte: Os autores)

A Figura 4 representa o circuito responsável pelo acionamento dos coolers (Q3), que foram conectados em paralelo. Suas conexões seguem o mesmo procedimento descrito para o circuito da resistência elétrica do parágrafo

anterior, porém, neste caso, o pino GND está conectado por meio de um resistor R1 (220 Ω) ao pino base 1 do transistor Q1 (NPN 4001).

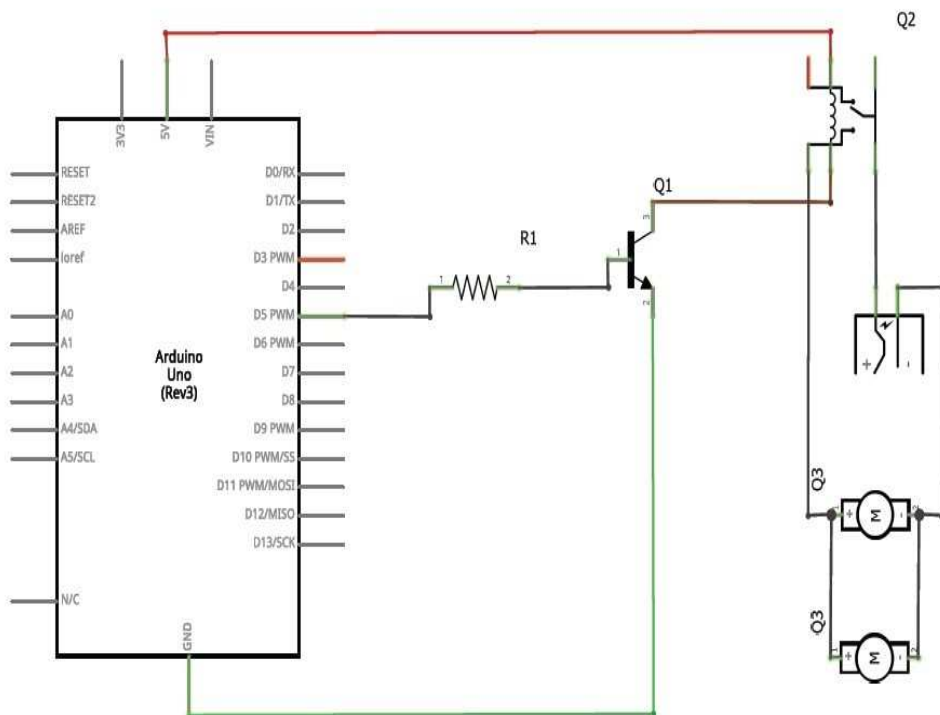


Figure 4 - Esquema do circuito para conexão dos coolers a placa Arduino. (Fonte: Os autores)

Por último, a Figura 5 ilustra o circuito referente aos botões, responsáveis pelo ajuste de temperatura e umidade programada. O botão responsável por variar a umidade está

conectado ao pino 2 do Arduino e interligado ao botão de temperatura que está conectado ao pino 4 e ao terra (GND).

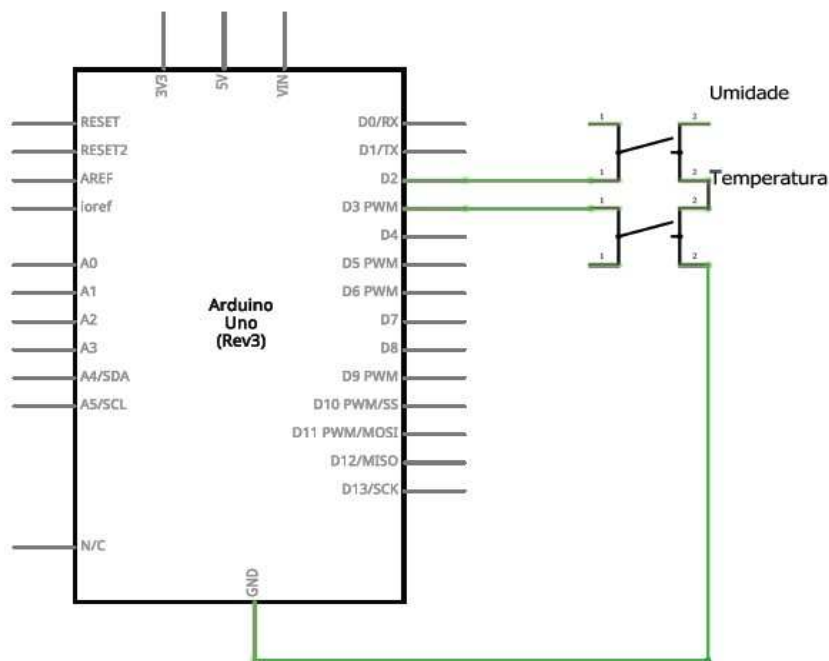


Figure 5 - Esquema do circuito para conexão dos botões de temperatura a placa Arduino. (Fonte: Os autores)

O software Arduino foi utilizado para a implementação do código de comando. Os comandos englobam instruções que determinam que caso o valor de temperatura ou umidade seja menor do que o programado, o relé será acionado, permitindo a passagem de corrente e, conseqüentemente, acionará a resistência, responsável pelo aumento de temperatura e umidade do ambiente. Ao se atingir a temperatura e umidade programada, a resistência é desligada e os coolers são acionados com a finalidade de reduzir a umidade do ambiente.

Foram necessárias a inclusão das bibliotecas “DHT.h” (responsável pelo funcionamento do sensor de umidade e temperatura DHT22) e “LiquidCrystal.h” (responsável pelo funcionamento do display), para o desenvolvimento do sistema proposto (Arduino & Cia, 2016).

Tendo a estrutura da câmara de cura por alimentação de

vapor construída e os códigos de comando implantados no software Arduino, foram realizados testes com o objetivo de avaliar o controle de temperatura e umidade. Os testes propostos foram realizados para valores de umidade relativa programada a 100% e a uma temperatura de 35°C.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Construção da Câmara de Cura com Alimentação a Vapor

Seguindo a metodologia proposta no trabalho para a confecção da estrutura da câmara de cura, e utilizando os materiais indicados anteriormente, pôde-se construir a câmara de cura com alimentação a vapor como apresentado na Figura 6.

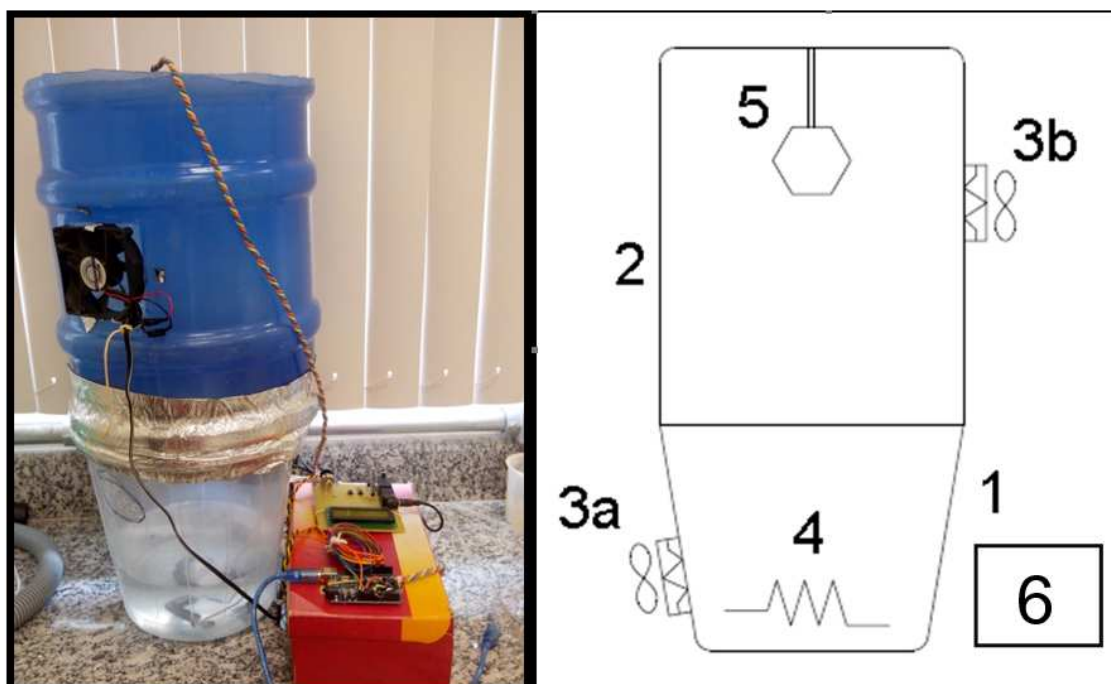


Figure 6 – Câmara de cura piloto com alimentação de vapor (1- parte cônica; 2- parte cilíndrica; 3a- Ventoinha da parte inferior; 3b- Ventoinha da parte superior; 4- Resistência Elétrica; 5- Sensor DHT22 e 6- Placa Arduino e Display). (Fonte: Os autores)

#### 3.2 Testes de Controle de Umidade e Temperatura

Ao iniciar o teste proposto, a programação de 100% de umidade e 35°C, observou-se uma grande quantidade de vapor gerado no interior da câmara de cura, onde a mesma apresentou uma umidade relativa constante de  $(99,90 \pm 2,00\%)$  praticamente

durante todo o processo, como mostrado na Figura 7. Na continuação dos testes, observou-se que não era possível trabalhar com umidades abaixo de  $(99,90 \pm 2,00\%)$ , devido ao ritmo máximo de funcionamento dos coolers.

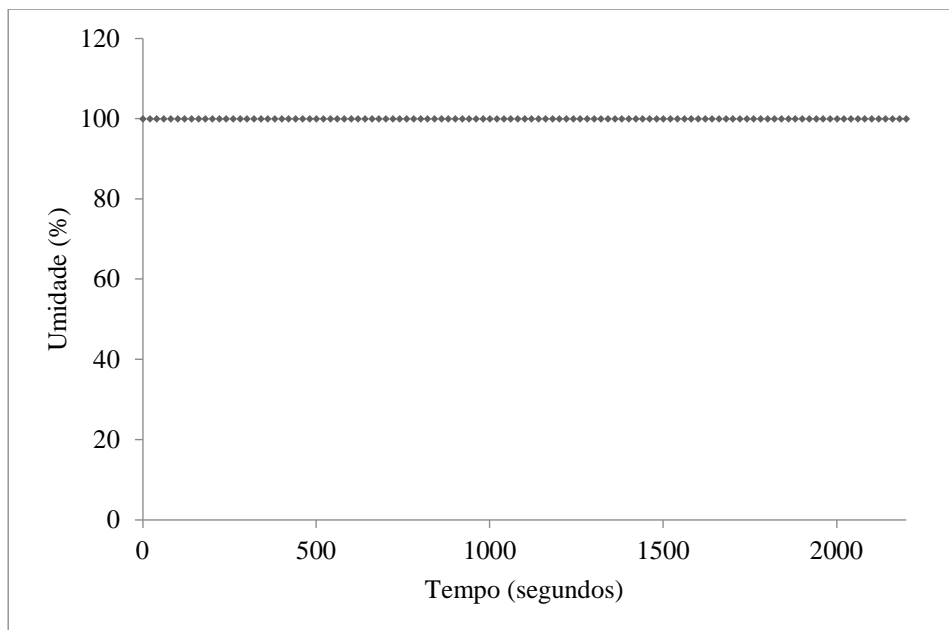


Figure 7 - Variação temporal da umidade no interior da câmara de cura durante o teste. (Fonte: Os autores)

Em relação à temperatura do interior da câmara, o controle mostrou-se satisfatório. Como podem ser observadas pela Figura 8, as oscilações em relação ao setpoint ( $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ),

foi mínimo no qual o valor médio de temperatura foi de 35,17 e o desvio padrão igual a 0,20. Esses valores foram obtidos a partir das médias dos resultados realizados em triplicatas.

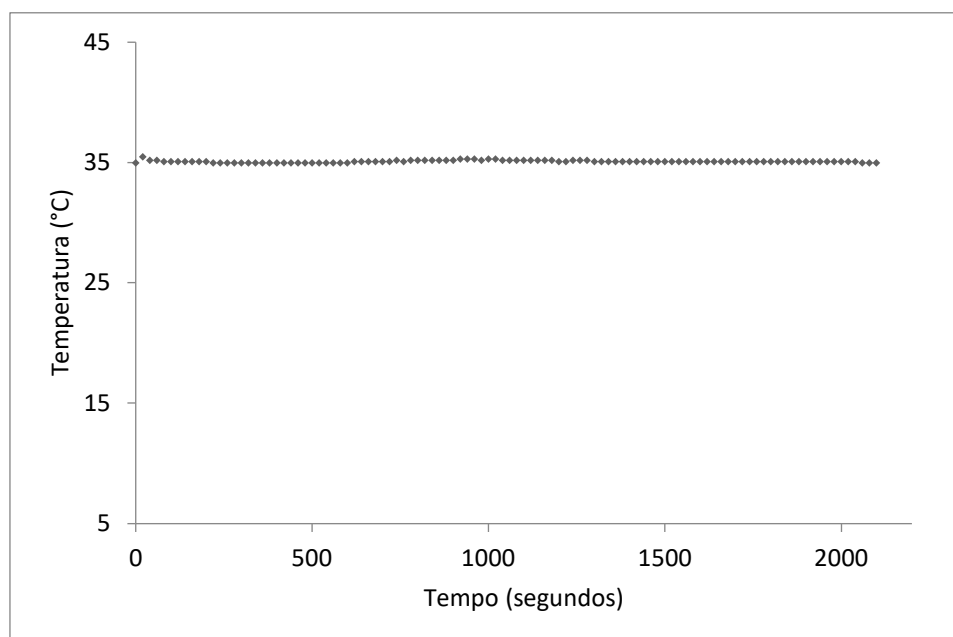


Figure 8 - Variação temporal da temperatura no interior da câmara de cura durante o teste. (Fonte: Os autores)

#### 4. CONCLUSÃO

O objetivo de construir uma câmara de cura com sistema automatizado, de fácil manutenção e que fosse capaz de variar diferentes condições para a produção de mini placas de baterias chumbo-ácido foi atingido. Os resultados mostram que o hardware/software Arduino e o sensor de temperatura DHT22

atenderam aos objetivos do trabalho proposto. O uso da resistência elétrica na câmara de cura por alimentação a vapor, associado aos coolers, mostrou-se interessante quanto ao controle de temperatura. E quanto a umidade, foi possível trabalhar no valor de set-point somente em 100% de umidade, sendo então o valor no qual os coolers eram capazes de manter a variável estável.

## REFERÊNCIAS

---

- ARDUINO.CC. Disponível em : < <https://www.arduino.cc/>>.  
Acessado em 22 out. 2018.
- FOXWORTHY, A. M. Relative-humidity/temperature relationships for saturated salt solutions: application to lead/ acid plate curing. **Journal of Power Sources**, Viçosa, MG, v.22, n. 2, p. 169-173, fev. 1988.
- PALMER, R. V. Estudo da sulfatação durante a formação de placas positivas empastadas de bateria de chumbo-ácido. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2008.