

## **Desenvolvimento de uma estufa microcontrolada via arduino para controle da temperatura e umidade do ar de microscópios ópticos**

### **Development of a microcontrolled greenhouse via arduino to control the temperature and air humidity of optical microscopes**

DOI:10.34115/basrv5n1-018

Recebimento dos originais: 03/12/2020

Aceitação para publicação: 19/01/2021

#### **Felipe Farage David**

Mestre em Engenharia Mecânica

Instituto Federal de Minas Gerais, IFMG, Campus Congonhas,  
Endereço: Av. Michael Pereira de Souza, 3007. Campinho. Congonhas, MG,  
Brasil. CEP 36417-050  
E-mail: felipe.farage@ifmg.edu.br

#### **Thiago Leonardo Maria**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituto Federal de Minas Gerais, IFMG, Campus Congonhas,  
Endereço: Av. Michael Pereira de Souza, 3007. Campinho. Congonhas, MG,  
Brasil. CEP 36417-050  
E-mail: tlmaria97@gmail.com

#### **Adriel Paz Moreira**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituto Federal de Minas Gerais, IFMG, Campus Congonhas,  
Endereço: Av. Michael Pereira de Souza, 3007. Campinho. Congonhas, MG,  
Brasil. CEP 36417-050.  
E-mail: adrielpaz9@gmail.com

#### **Luan Marcel Costa Vasconcelos**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituto Federal de Minas Gerais, IFMG, Campus Congonhas,  
Endereço: Av. Michael Pereira de Souza, 3007. Campinho. Congonhas, MG,  
Brasil. CEP 36417-050  
E-mail: luanvasconcelos8@hotmail.com

#### **Vinicius Aleixo Silvestre**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituto Federal de Minas Gerais, IFMG, Campus Congonhas,  
Endereço: Av. Michael Pereira de Souza, 3007. Campinho. Congonhas, MG,  
Brasil. CEP 36417-050  
E-mail: viniiciusaleixo11@gmail.com

#### **Sayd Farage David**

Mestre em Metalurgia e Materiais

Instituto Federal do Espírito Santo, IFES, Campus Cachoeiro de Itapemirim.

Endereço: Rodovia Cachoeiro x Alegre, km 05, Morro Grande - Cachoeiro de Itapemirim, ES – Brasil. CEP 29300970  
E-mail: saydfd@ifes.edu.com.br

## RESUMO

O artigo propõe um projeto de desenvolvimento e construção de uma estufa microcontrolada para controle e monitoramento da temperatura e umidade do ar de microscópios ópticos. O objetivo desse controle é evitar a proliferação de fungos na lente de microscópios ópticos, garantindo a sua preservação. Os fungos comprometem significativamente a qualidade das imagens metalográficas, além de terem potencial de danificar permanentemente a lente do microscópio. Através de um sistema baseado em Arduino, foi possível projetar e construir uma estufa de baixo custo, capaz de controlar e monitorar a temperatura e umidade relativa do ar e armazenar um histórico das medições do sensor, disponibilizando uma interface para supervisionar o sistema.

**Palavras-chave:** Estufa Microprocessada, Microscópio Óptico, Controle da Umidade, Controle da Temperatura, Arduino.

## ABSTRACT

The article proposes a project and development of a microcontrolled greenhouse to control and monitoring the temperature and humidity of optical microscopes. The purpose of this control is to prevent the fungal proliferation on the lens of optical microscopes, ensuring their preservation. The presence of fungi significantly affects the quality of metallographic images, in addition to having the potential to permanently damage the Microscope lens. Through an Arduino-based system, it was possible to design and build a low-cost greenhouse, capable of controlling and monitoring the temperature and relative air humidity, and storing a history of the sensor measurements, providing an interface to supervise the system.

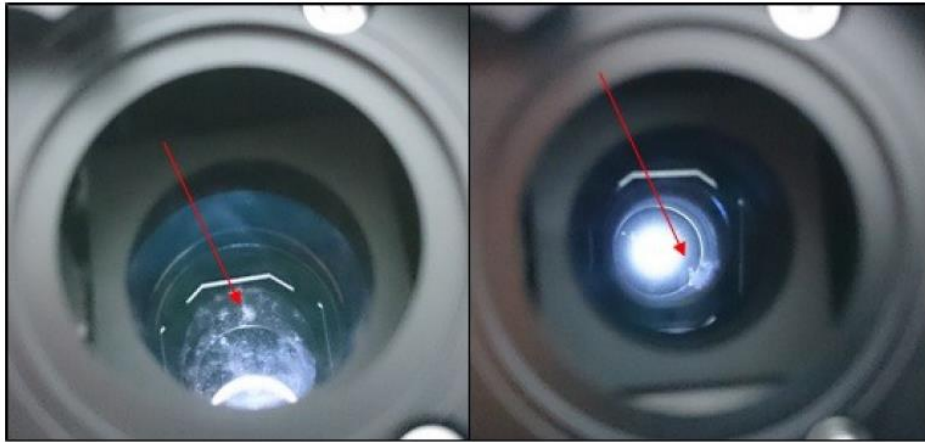
**Keywords:** Microprocessed Greenhouse, Optical Microscope, Humidity Control, Temperature Control, Arduino.

## 1 INTRODUÇÃO

Para obtenção de uma imagem de alta qualidade em microscópios ópticos e a realização de uma análise de imagem precisa, é muito importante manter suas lentes limpas e funcionais (ASP et. al., 2020). Vários tipos de impurezas e micróbios podem ser transportados de um ambiente externo para um ambiente interno por humanos, animais e pelo ar, podendo contaminar o ambiente e os objetos nele contidos (DANNEMILLER et. al., 2017). De acordo com CORDERO (2013), alguns fungos conseguem ser transportados pelo ar e se instalar dentro de instrumentos ópticos, como microscópios, caso as condições do ambiente forem favoráveis para seu crescimento. Para que esses organismos se fixem nas lentes, o ambiente deve ter boas condições de temperatura e umidade, aeração, pH e substâncias não tóxicas. Todos esses fatores são básicos, mas indispensáveis. Portanto, a falta de algum deles pode fazer com que o fungo não se

desenvolva. Por exemplo, a temperatura ideal para o crescimento dos fungos se encontra geralmente entre 22°C a 30°C para a grande maioria das espécies (TORQUATO, 2014), e de acordo com RUPOLLO et. al. (2006), a proliferação de fungos é acentuada em umidades relativas do ar acima de 12%. Tendo o conhecimento dessas informações, é possível realizar a esterilização do ambiente, isto é, tornar o ambiente desfavorável para o desenvolvimento e proliferação de fungos, através do controle da temperatura e umidade desse ambiente.

Figura 1 – Presença de fungo na lente metalizada do tubo de observação dos microscópios ópticos do laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalográficos.



Fonte: Os autores (2020).

No Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - Campus Congonhas, especificamente no laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalográficos, há dois microscópios ópticos modelo Olympus BX41M-LED, que são utilizados na realização de análises metalográficas em amostras de aços. Em ambos os microscópios notaram-se a presença de fungos (Figura 1), que interferiam na qualidade da imagem obtida pelo aparelho, sendo que o microscópio da esquerda se encontrava em uma situação mais crítica, uma vez que toda a lente já estava tomada com colônias desses organismos. Caso o fungo atingisse a parte de metalização da lente, haveria danos permanentes no equipamento e, conseqüentemente, na qualidade de imagem fornecida pelos microscópios.

Como uma solução imediata e a curto prazo, recorreu-se à uma empresa especializada em limpeza de instrumentos ópticos, para realizar de forma correta a remoção dos fungos e de qualquer outro tipo de microrganismo que estivesse presente nos aparelhos. Porém, esse tipo de serviço é oneroso, tornando a sua contratação periódica inviável. Para uma solução duradoura, visando evitar uma nova proliferação de fungos

no interior do microscópio, optou-se pela construção de uma estufa microprocessadas, que pudesse tornar o ambiente do interior da estufa estéril para a procriação de fungos, e que contasse com um *design* que não afetasse a utilização do aparelho pelo usuário.

A automação de estufas é amplamente empregada comercialmente. De acordo com a estrutura da estufa, diferentes tecnologias de automação industrial são utilizadas. Dentre elas podemos citar os dispositivos como termostatos, janelas automáticas, condicionadores de ar e desumidificadores, além de CLPs (controladores lógicos programáveis) e IHMs (interfaces homem-máquina) (RAMIN SHAMSHIRI *et. al.*, 2019; MORIMOTO e HASHIMOTO, 2000). Uma alternativa a esses equipamentos industriais são os Arduinos, que são uma plataforma de programação acessível por preço e conveniência, além de tornar possível a integração simplificada com sensores, motores e outros dispositivos eletrônicos (SIDDIQUI *et. al.*, 2017; SCHIAVON *et. al.*, 2019).

O desafio desse trabalho foi adaptar as tecnologias de automação mais atuais, projetando e construindo uma estufa de baixo custo para o controle e o monitoramento da temperatura e umidade do ar, via Arduino. Dessa forma, garantindo o controle de proliferação de fungos nas lentes do microscópio óptico.

## 2 METODOLOGIA

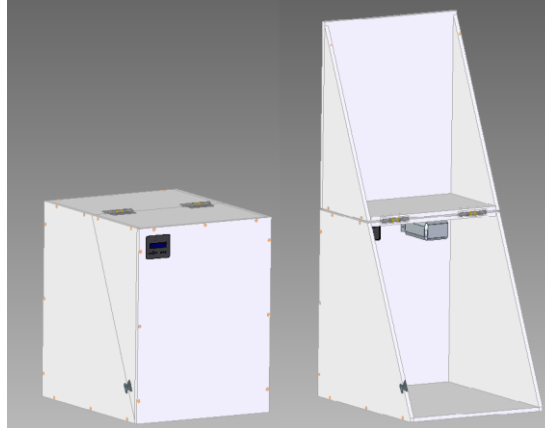
Para o desenvolvimento desse projeto, uma estufa microprocessada, é necessário que o material estrutural possua as seguintes propriedades: baixa permeabilidade e alta resistência térmica. Além disso, o material selecionado deve possuir baixo custo e ser de fácil manuseio. Com todos esses parâmetros definidos, dentro dos materiais disponíveis no mercado, o MDF revestido foi o que se apresentou como melhor opção, satisfazendo todos os requisitos, uma vez que este material possui uma resistência térmica alta, atuando como um ótimo isolante térmico, e relativamente impermeável. Existem outros materiais que permitem a criação de um ambiente controlado, como o acrílico e o vidro, por exemplo. Porém, estes dois materiais possuem custo mais elevado, o que não se encaixa nos requisitos de um projeto de baixo custo.

A estufa microprocessada foi projetada para promover uma atmosfera controlada em relação a umidade e temperatura para o microscópio óptico Olympus BX41M-LED do IFMG – Campus Congonhas.

O desenho esquemático tridimensional da estufa está representado na Figura 2. É importante ressaltar que o tipo de abertura da porta foi projetado de maneira a proporcionar uma maior área para a utilização do microscópio óptico. Dessa forma,

excluindo a necessidade da retirada do equipamento de dentro da estufa pelo usuário para a sua utilização.

Figura 2 – Desenho esquemático tridimensional da estufa para microscópios ópticos.



Fonte: Os autores (2020).

A etapa seguinte foi a de desenvolvimento da parte de automação da estufa. Duas variáveis precisam ser controladas neste projeto, sendo elas: umidade e temperatura. A faixa de temperatura propícia para o desenvolvimento de fungos é de 22°C a 30°C (TORQUATO, 2014). Portanto, há duas maneiras para evitar a proliferação desses organismos: resfriar ou aquecer. Neste trabalho, optou-se por aquecer. Para o aquecimento da estufa foi utilizado uma lâmpada incandescente, visto que este tipo de lâmpada possui um filamento de tungstênio que chega a temperaturas em torno de 3000 K (IZQUIERDO-GIL *et al.*, 2020), o que o torna esse tipo de lâmpada ideal para o aquecimento da atmosfera interna da estufa.

No que tange a umidade relativa, o ideal para evitar a proliferação de fungos é de 0%, mas com uma umidade abaixo de 12% já diminui consideravelmente a probabilidade de procriação dos fungos (RUPOLLO *et al.*, 2006). Para a redução da umidade do ar foi utilizado sílica gel, um material capaz de absorver umidade, e, além disso, trata-se de um material reutilizável, ou seja, após atingida a sua saturação, ele pode ser aquecido para retirada da umidade absorvida e em seguida, utilizado novamente. Para auxiliar na retirada de umidade do ar foi adicionado um cooler sob o recipiente de sílica, forçando o ar fluir pela sílica.

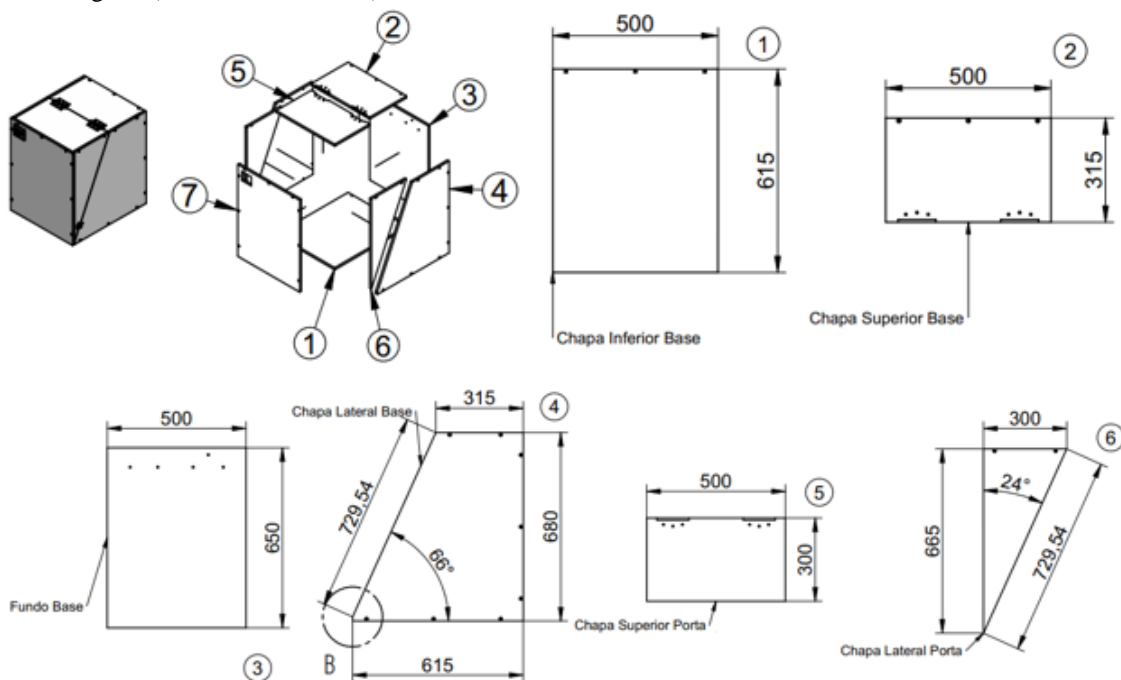
Para a medição das variáveis a serem controladas foi utilizado o sensor DHT22. Trata-se de um sensor de temperatura e umidade de baixo custo que atua nas faixas de 0% a 100% de umidade e -40°C a 125°C de temperatura, o que cobre todas as faixas controladas.

Por último, foi escolhido o Arduino, um microcontrolador de baixo custo e fácil programação, que pode ser utilizado para medir temperatura, umidade, pressão e altura (BARIK, 2019). Ainda foi utilizado um display LCD para facilitar a visualização e a configuração pelo usuário. Para fazer esse controle, o Arduino foi programado em linguagem C, de maneira que o usuário da estufa pode configurar a temperatura entre as faixas 30°C a 40°C e a umidade de 0% a 10%. Se os valores recebidos pelo sensor forem diferentes das faixas de temperatura e/ou umidade configuradas, o controlador ligará por meio de um relé a lâmpada e/ou o cooler até que os valores captados pelo sensor cheguem nos valores configurados.

### 3 RESULTADOS

A montagem da estrutura ocorreu conforme as dimensões projetadas no desenho técnico exibido na Figura 3. O MDF foi cortado a *laser* de maneira a obter uma maior precisão dimensional, tornando a montagem simples. Já o sistema baseado em Arduino facilita a montagem e a prototipagem de elementos para automação da estufa (o sensor DHT22, display LCD, lâmpada incandescente e cooler) (Figura 4).

Figura 3 – Desenho técnico da estufa microprocessada contendo todas as peças, os dimensionais e posições de montagem. (Dimensões em mm.).



Fonte: Os autores (2020).

A Tabela 1 contém a lista de materiais utilizadas para construção da estufa e também o custo dos elementos mecânicos, elétricos e de automação.

Tabela 1- Lista de materiais da estufa com precificação.

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço (R\$)</b>
Arruela	34	1,70
Dobradiça	2	9,00
MDF	1	190,00
Parafuso 6mm com rosca	5	1,20
Parafuso dobradiça	12	3,00
Parafuso para madeira 6 x 45 mm	35	3,50
Parafuso para madeira 4mm	6	0,30
Soquete E27	1	3,90
Lâmpada Incandescente 70W	1	4,00
Arduino Uno r3	1	41,90
Display LCD 16x2	1	26,66
Módulo relé 4ch	1	34,99
Sensor DHT22	1	15,88
Fonte 12v 2A	1	14,99
Sílica gel 1kg	1	42,99
Regulador de tensão Lm7809	1	5,99
Cooler	1	15,83
Case LCD	1	3,59
<b>Total</b>		<b>419,42</b>

Fonte: Os autores (2020).

Figura 4 – Estufa montada.



Fonte: Os autores (2020).

Para o teste, foram configurados os valores de 35°C e 10% de umidade como *setpoint* e também foi introduzido um medidor digital de temperatura e umidade dentro da estufa, a fim de garantir a precisão do sensor. Os dados obtidos neste ensaio são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2- Variação da temperatura e umidade com o tempo.

<b>Tempo (h)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Umidade (%)</b>
00:00	24	83
00:10	28	66
00:20	32	54
00:30	34	46
00:40	35	38
00:50	35	32
01:00	35	29
01:10	35	27
01:20	35	26
01:30	35	26

Fonte: Os autores (2020).

Pode-se observar pela Tabela 2 que a temperatura atingiu o valor da temperatura como o desejado em torno de 40 minutos, já a umidade apesar de ter diminuído consideravelmente, 57%, não atingiu o valor configurado. Isso ocorreu devido a sílica gel ter um limite de absorção de umidade.



#### **4 DISCUSSÃO**

A estufa foi projetada e construída conforme as especificações da Figura 3 e Tabela 1. As peças mecânicas, elétricas e de automação, foram escolhidas de modo a optar por elementos comerciais, de fácil acesso, o que contribuiu para a obtenção de um aparelho funcional, fácil construção e de baixo custo.

Uma das variáveis importantes para impedir a proliferação de fungos é a temperatura que atingiu o valor configurado (35°C) em 40 minutos após ligar a estufa, conforme exibe a Tabela 2. Importante notar a estabilidade desta variável, que após atingir o 35°C, manteve este valor durante todo o teste, mostrando que a potência da lâmpada escolhida foi suficiente para a aplicação.

Em relação a umidade, houve uma redução de 57%, atingindo um valor 26% conforme mostrado na Tabela 2. Porém, o valor desejado para a umidade do ar no interior da estufa não foi atingido, que era de 10%. Por isso, melhorias no projeto serão implementadas para que seja possível alcançar valores de umidade mais baixos. As alterações a serem estudadas são: o aumento da quantidade de sílica gel e/ou o incremento na potência do cooler.

#### **5 CONCLUSÃO**

O projeto apresenta uma alternativa para construção de uma estufa de fácil montagem, com elementos mecânicos, elétricos e de automação comerciais e de baixo custo. Apesar de não ter atingido completamente o valor da umidade de 10%, ainda sim, é obtida uma redução da chance de surgimento de colônias de fungos nas lentes dos microscópios, já que a temperatura foi mantida em 35°C dentro da estufa. Com isso, evita-se transtornos futuros com limpeza de lente, permitindo aumentar a vida útil do equipamento. E com o modelo de porta adotado para este equipamento, elimina-se a necessidade da retirada do microscópio óptico de dentro da estufa, tornado o conjunto operacional. É importante ressaltar que o custo total em materiais para a construção deste projeto foi de R\$419,42. O custo de uma única limpeza de lentes por uma empresa especializada é em torno de R\$1300,00.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Congonhas, por contribuir com o desenvolvimento deste projeto de pesquisa aplicada.

## REFERÊNCIAS

ASP, A. J.; WEBBER, C. M.; NICOLAI, E. N.; MARTÍNEZ-GÁLVEZ, G.; MARKS, V. S.; BEN-ABRAHAM, E. I.; WILSON, J. W.; LUJAN, J. L. A Low-Cost Humidity Control System to Protect Microscopes in a Tropical Climate. *Annals of Global Health*, v. 86, n. 1, p. 16, 13 fev. 2020.

BARIK, L. IoT based Temperature and Humidity Controlling using Arduino and Raspberry Pi. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, v. 10, n. 9, 2019.

CORDERO, I. Fungus: how to prevent growth and remove it from optical components. *Community Eye Health*, Vol. 26 No. 83, pp 57, 18 nov. 2013.

DANNEMILLER, K. C.; WESCHLER, C. J.; PECCIA, J. Fungal and bacterial growth in floor dust at elevated relative humidity levels. *Indoor Air*, v. 27, n. 2, p. 354–363, mar. 2017.

MORIMOTO, T.; HASHIMOTO, Y. An intelligent control for greenhouse automation, oriented by the concepts of SPA and SFA — an application to a post-harvest process. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 29, n. 1–2, p. 3–20, out. 2000.

IZQUIERDO-GIL, M. A.; BARRAGÁN, V. M.; VILLALUENGA, J. P. G. Estimation of the filament temperature of an incandescent lamp from an energy balance in steady-state conditions. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 4 abr. 2020.

RAMIN SHAMSHIRI, R.; KALANTARI, F.; TING, K. C.; THORP, K. R.; HAMEED, I. A.; WELTZEIN, C.; AHMAD, D.; SHAD, Z. M. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v. 11, n. 1, p. 1–22, 2018.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARTINS, I. R.; ELIAS, M. C. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. *Ciência e Agrotecnologia.*, v. 30, n. 1, p. 8, 2006.

SCHIAVON, R. A.; NOGUEIRA, I. S.; BORGES, G.B.; HOLANDA, H. S.; CASTRO, L. K. Arduino uma tecnologia de baixo custo para a termometria de grãos armazenados. *Brazilian Journal of Development*, v.5, n.10, p. 18825-18839, out. 2019.

SIDDIQUI, M. F.; KHAN, A. R.; KANWAL, N.; MEHDI, H.; NOOR, A.; KHAN, M. A. Automation and monitoring of greenhouse. 2017 International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT). Anais... In: 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES (ICICT). dez. 2017

TORQUATO, A. L. Análise do comportamento fúngico em uma célula experimental de resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB. 70 f. Monografia (Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba. 2014.