

## Automação de baixo custo de instrumentos para a física dos materiais

\*Rui M. M. Aragon, Pedro A. S. Arantes, Gabriel T. Massardi, Luciano M. Guimarães, Eduardo N. D. Araújo  
ODS9

ciências exatas e tecnológicas

### Introdução

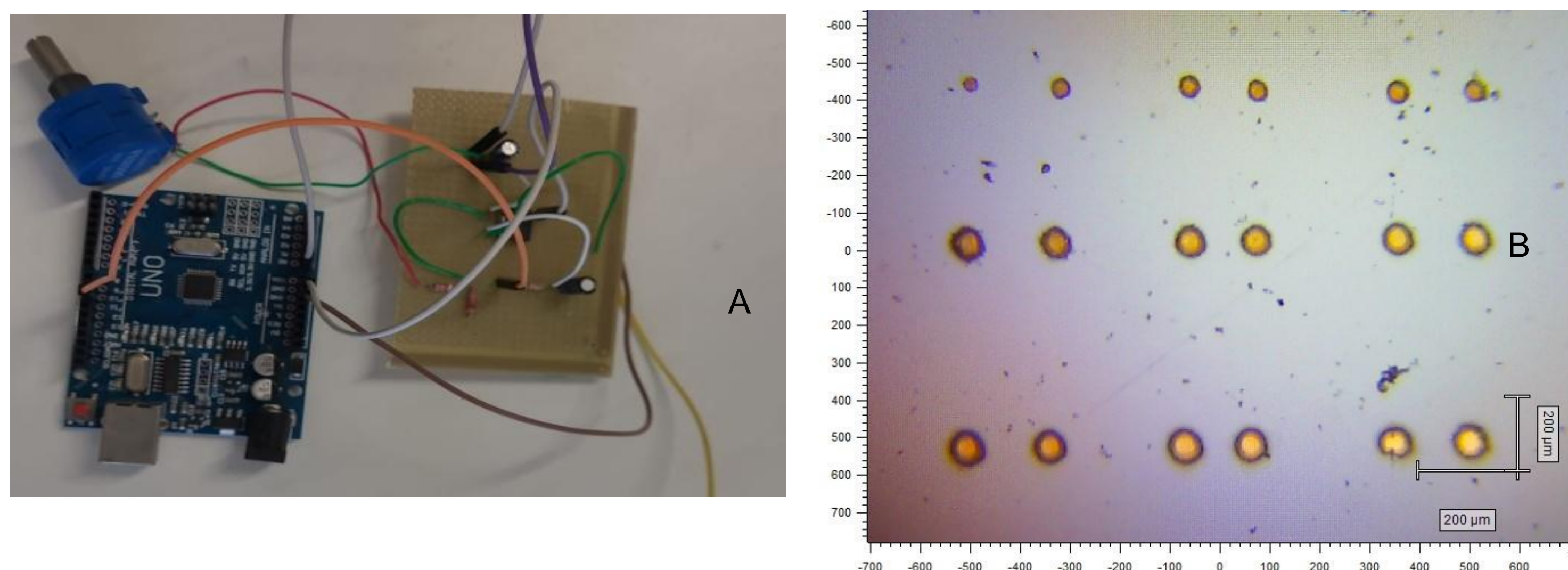
A instrumentação na Física experimental apresenta um papel fundamental na realização de experimentos em larga escala e de maneira controlada, com aplicações em praticamente todas áreas da Física, incluindo as investigações de propriedades eletrônicas de materiais. A ampla disseminação de microcontroladores e placas de prototipagem popularizou a criação de sistemas de automação para laboratório e sensores, relativamente baratos e de fácil programação, permitindo a substituição de equipamentos com alto valor de aquisição associado. Neste contexto, apresentamos dois exemplos do uso de microcontroladores na Física: uma fonte de bancada para fotoeletrodeposição de cobre e um protótipo de um sensor de CO<sub>2</sub> que acende uma luz de emergência ao passar de um limiar definido no código.

### Objetivos

Demonstrar que é possível usar microcontroladores e componentes eletrônicos de baixo custo para automatizar a coleta de dados em um experimento e a variação de parâmetros num sistema física, aumentando a produtividade e o re-uso de montagens experimentais.

### Material e Métodos ou Metodologia

Para o projeto da fonte de bancada, foi montado um filtro duplo de tensões numa placa de sílico conectada à um microcontrolador Arduino, com o intuito de transformar o sinal digital PWM do microcontrolador numa voltagem aproximadamente constante (ver fig. 1) aplicada sobre uma célula eletroquímica confeccionada anteriormente [1]. Para a criação de nano-ilhas de cobre foi usado um laser incidindo sobre a célula. Foi também programado uma interface em Python para facilitar o controle de voltagem na célula.



**Fig. 1:** A) O microcontrolador Arduino Uno junto do circuito controlador de tensões utilizado na montagem da bancada de mesa de baixas tensões para fotoeletrodeposição de cobre. B) Exemplos de deposições de cobre feitas com o aplicador de tensão na célula.

Para o projeto do sensor de gás carbônico foi construído um simulador do fluxo de gases do ciclo respiratório composto por um tubo de aço inox vedado, conectado à uma reação química produtora de gás carbônico. O sensor em si é um sensor de CO<sub>2</sub> comercial baseado na absorção da luz infravermelha ( $\lambda \approx 4.26 \mu\text{m}$ ) conectado a um microcontrolador Arduino Mega e um pequeno circuito com um LED vermelho que pisca ao atingir um valor limite.

### Apoio Financeiro



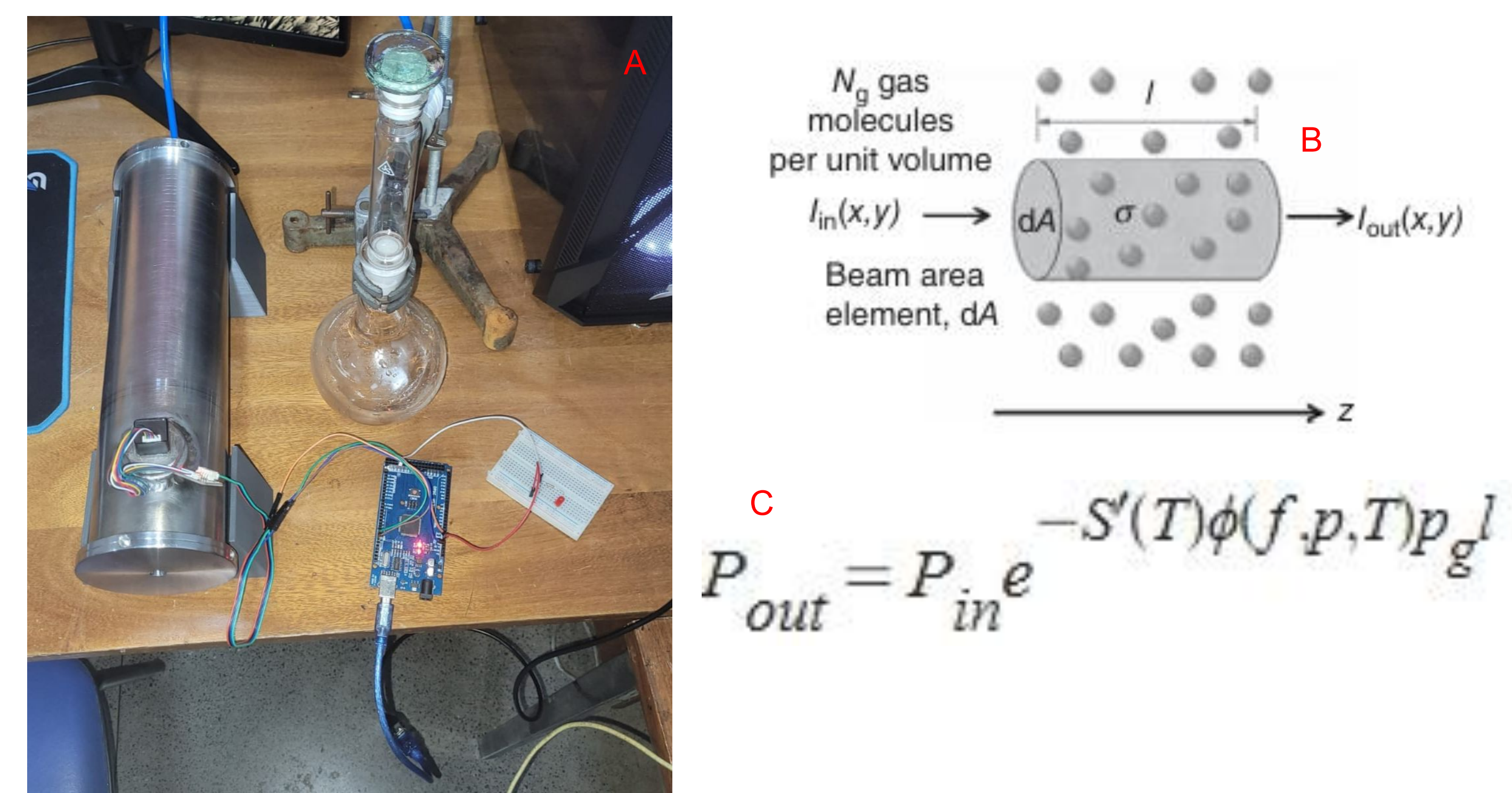
### Resultados e/ou Ações Desenvolvidas

Com a fonte de bancada foram feitas com sucesso várias deposições de cobre, mostrando que o tamanho das nano-ilhas variava à medida que a voltagem aplicada sobre a célula era alterada. Foi observado que, com a nova fonte de bancada as deposições ficaram muito mais rápidas em comparação com a bancada analógica antiga em termos de eficiência.

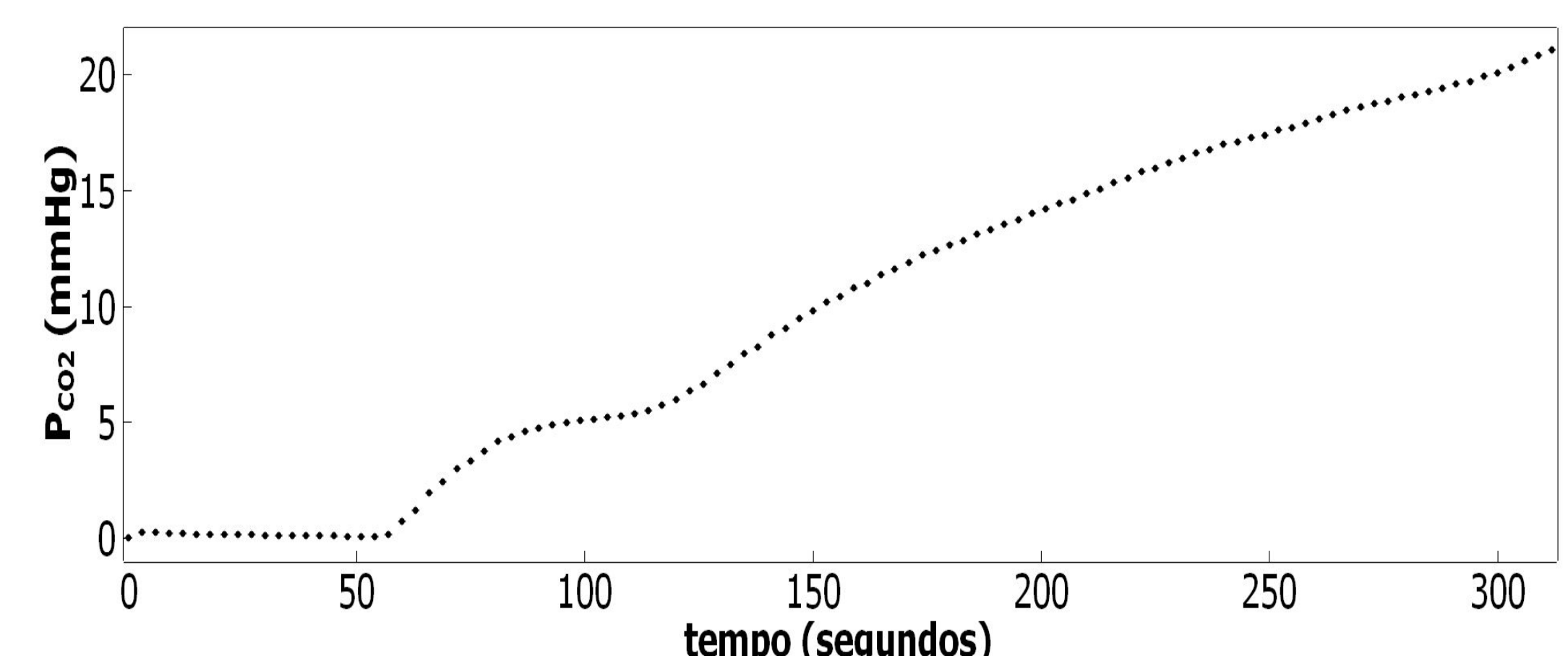
Com o sensor de gás carbônico foi possível comprovar com sucesso o funcionamento do simulador do ciclo respiratório humano, o sistema de alerta também funcionou, mostrando a possibilidade de fazer um sensor de CO<sub>2</sub> que alerta quando um determinado nível de concentração de gás carbônico é alcançado em um sistema de ventilação fechado, como uma roupa de mergulho [2], por exemplo.

### Conclusões

Foi demonstrado com sucesso a possibilidade de confecção de uma fonte de bancada e um sensor de CO<sub>2</sub>, de baixo custo com alta capacidade de modificação, em especial a fonte de mesa aumentou significativamente a produtividade dos pesquisadores envolvidos no projeto, mostrando como os microcontroladores são uma solução barata para a automação de pesquisas nas áreas da física dos materiais.



**Fig. 2:** A) A montagem utilizada no simulador do ciclo respiratório humano, da esquerda para a direita: o tubo de aço inox com o sensor acoplado numa saída lateral, o microcontrolador e o pequeno circuito de alerta com o LED vermelho. B) Esquema de funcionamento de um sensor absorptivo. C) Lei de Beer-Lambert envolvendo a pressão parcial do gás [3]



**Fig. 3:** Gráfico da pressão parcial de CO<sub>2</sub> pelo tempo, obtido pelo sensor dentro do simulador de fluxo de gases

### Bibliografia

- [1] Wesley Fiorio Inoch. “Eletródeposição fotoassistida de cobre em silício monocristalino” (2021).
- [2] ANTHONY, G.; MITCHELL, S. J. Respiratory physiology of rebreather diving. (2015).
- [3] STEWART, G. Laser and fiber optic gas absorption spectroscopy. (2021).