

Evento: IX Seminário de Inovação e Tecnologia - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

**DESENVOLVIMENTO DO CONTROLE DE UMA MÁQUINA PARA
FABRICAÇÃO DE SENSORES PELO MÉTODO GOP¹
CONTROL DEVELOPMENT FOR SENSOR MANUFACTURING MACHINE
BY THE GOP METHOD**

**Carlos Augusto Valdiero², Edmilton Oliveira Stein³, Matias Alles Hubert⁴,
Antonio Carlos Valdiero⁵, Luiz Antonio Rasia⁶**

¹ Projeto de pesquisa realizado no curso de Ciência da Computação da UNIJUI

² Acadêmico do Curso de Ciência da Computação, bolsista PIBITI/CNPq da UNIJUI

³ Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, bolsista PIBITI/CNPq da UNIJUI

⁴ Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica, bolsista PIBITI/CNPq da UNIJUI

⁵ Professor Doutor de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina

⁶ Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI e Orientador

INTRODUÇÃO

Este trabalho visa desenvolver o controle de uma máquina para fabricação de sensores piezoresistivos de grafite, por meio do método Grafite sobre Papel (GoP). O método GoP é simples e de baixo custo, ele consiste na deposição de grafite sobre papel através de esfoliação mecânica (REN, 2012). Neste método a deposição do grafite é realizada sempre no mesmo sentido e com a mesma pressão sobre o papel (SILVA, 2017).

Os sensores piezoresistivos possuem uma vasta variedade de aplicações, tais como acelerômetros, sensores de pressão, sensores de velocidade de rotação de giroscópios, sensores táteis, sensores de fluxo, sensores de monitoramento da integridade estrutural de elementos mecânicos e sensores químicos/biológicos (CARVALHO, 2014).

Atualmente esses sensores são desenvolvidos de forma manual pelos alunos de pós-graduação junto ao programa de mestrado e doutorado em Modelagem Matemática. Com o desenvolvimento do controle descrito neste trabalho, juntamente com a estrutura da máquina (STEIN, 2018) e um software desenvolvido pelo grupo de pesquisa GPMaD, nosso objetivo é automatizar a fabricação de sensores piezoresistivos de grafite através do método GoP, com o intuito de melhorar o processo de fabricação e facilitar o desenvolvimento dos trabalhos dos alunos de pós-graduação.

METODOLOGIA

A máquina para qual o controle foi desenvolvido consiste de um robô cartesiano com três graus de liberdade. Na movimentação dos eixos x e y são utilizados motores de passo de 1,8 graus. No eixo z um motor DC com caixa de redução e uma célula de carga de 5kg, para o controle de pressão da ferramenta acoplada neste eixo. Na Figura 1 é possível visualizar a estrutura da máquina e seu painel de controle.

Evento: IX Seminário de Inovação e Tecnologia - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

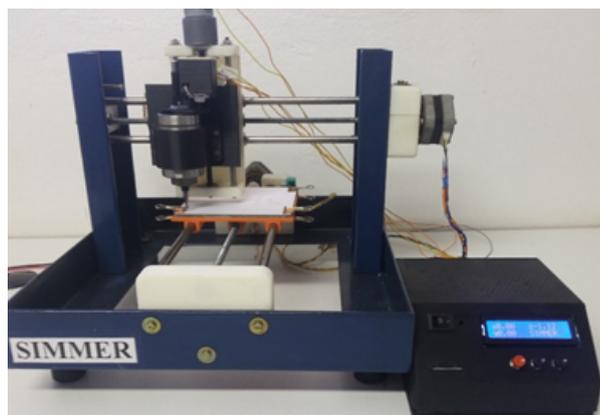


Figura 1. Máquina para fabricação dos sensores pelo método GoP.

Para o controle dos motores de passo foi utilizado um multiplexador 74hc595 e transistores tip120 para seu acionamento. No controle do motor DC utilizou-se uma ponte H. A célula de carga utilizada é de compressão, e sua leitura é realizada através de um drive HX711. No controle foi utilizada uma placa Arduino Uno v3, esta placa possui um microcontrolador ATmega328p, chip para comunicação Serial via USB, fonte interna de 5v, 13 portas digitais e 6 portas analógicas de entrada e saída, comunicação i2c e SPI. A programação foi realizada utilizando a IDE do Arduino (2019), por ela possuir uma vasta gama de bibliotecas utilizadas neste trabalho.

O controle da fabricação é realizado através da comunicação serial ou do painel de controle. A comunicação serial é realizada pela Porta Universal (USB), no qual a máquina se comunica com um software CAD/CAM desenvolvido para a modelagem e fabricação dos sensores de grafite através da técnica GoP. Neste software são geradas as sequencias de comandos para a fabricação dos sensores. Podendo serem enviadas à máquina através da comunicação serial ou de um arquivo.

O painel de controle é constituído de um display LCD 16x2, três botões (sendo eles confirmar, próximo e anterior) e um módulo para leitura de cartão micro SD. O display possibilita a visualização da posição dos eixos x e y e a pressão do eixo z, sendo que durante o processo de fabricação também é mostrada a porcentagem da fabricação já concluída. Ele possui um menu principal, onde é possível acessar a configuração da máquina, o controle manual e os arquivos de fabricação.

No menu de configuração da máquina é possível configurar os eixos x e y, a célula de carga e a massa do conjunto do eixo z (ferramenta e suporte da ferramenta). Esta massa soma-se ao valor lido pela célula de carga, os quais devem ser subtraídos na medição para o cálculo da pressão. Neste menu também há uma opção para o salvamento das configurações realizadas. No salvamento das configurações da máquina é utilizada a memória EEPROM do microcontrolador.

Evento: IX Seminário de Inovação e Tecnologia - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

No menu de controle manual é possível movimentar os eixos x e y, mandar a máquina ir para os fins de curso, setar a posição dos eixos como zero, setar a pressão de trabalho, recuar e avançar o eixo z. Sendo que ao recuar do eixo z, ele afasta a ferramenta da mesa de trabalho, e no avançar do eixo z, ele pressiona a ferramenta na mesa até chegar na pressão de trabalho configurada.

No menu de fabricação são listados os arquivos do cartão micro SD, filtrando-os com uma extensão própria gerada pelo software CAD/CAM. A primeira linha do arquivo tem a descrição da quantidade de comando do arquivo, informação que é utilizada para apresentar ao usuário o quanto do processo de fabricação já foi concluído. Os comandos enviados para a máquina, tanto via serial quanto via cartão micro SD, tem como primeiro dígito o identificador do comando e como último dígito uma quebra de linha. Os comandos são os mesmos citados anteriormente no menu de controle manual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o controle desenvolvido foram fabricados 20 sensores de grafite com 5mm de comprimento por 1mm de largura, à uma pressão de 350 g. Utilizou-se grafite 2B de 0.5 mm de diâmetro em uma temperatura ambiente de 25 oC. Estas especificações foram estabelecidas afim de realizar a comparação com os sensores já fabricados anteriormente por alunos da pós-graduação.

A média das resistências obtida na amostra de 20 sensores fabricados foi de 553,00 K Ω e o desvio padrão 304,89 K Ω . Na Figura 2 é possível visualizar a distribuição dos valores obtidos em um histograma, no qual obteve-se valores de 125,00 a 980,00 K Ω .

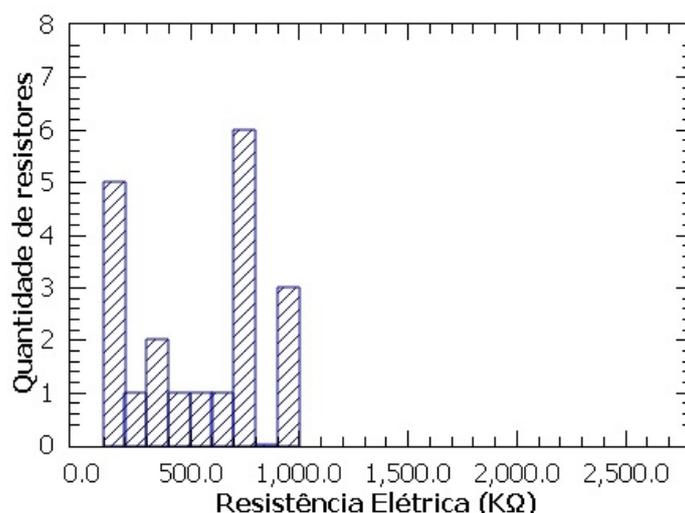


Figura 2. Histograma das amostras fabricadas na máquina.

Os dados obtidos foram comparados com os obtidos por Silva (2017), egresso do mestrado em

Evento: IX Seminário de Inovação e Tecnologia - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

modelagem matemática, que realizou a fabricação dos sensores de forma manual. Em sua dissertação ele construiu 20 sensores, nos quais obteve uma média de 7.300,27 K Ω e um desvio padrão de 8.368,07 K Ω . Na Figura 3 é possível visualizar a distribuição dos valores obtidos por Silva (2017), em um histograma no qual foram encontrados valores de 143,10 a 24.002,00 K Ω .

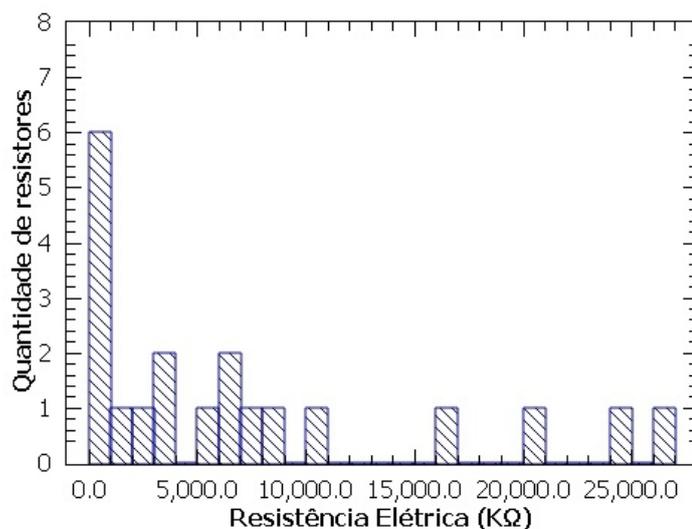


Figura 3. Histograma das amostras fabricadas manualmente.

Analisando os histogramas, observou-se uma considerável diminuição na variação das resistências. Apesar da melhoria dos resultados, foi realizada uma investigação na amostra, onde foi identificado que os valores que causaram o pico no histograma (Figura 2) foram fabricados em sequência (Figura 4). Possíveis causas identificadas para a variação da resistência elétrica são as impurezas contidas no grafite e a orientação das fibras do papel que podem causar o acúmulo de material de forma não uniforme.

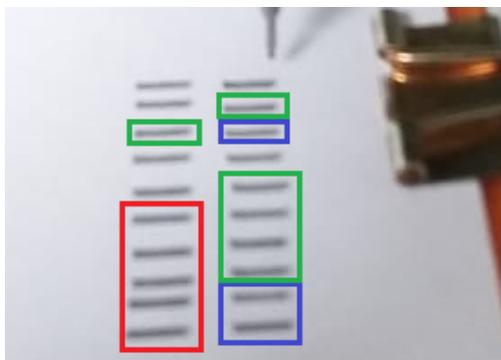


Figura 4. Amostra das resistências, onde a sequência de fabricação foi de baixo para cima, sendo primeiro fabricado a coluna da esquerda.

Evento: IX Seminário de Inovação e Tecnologia - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

Na Figura 4, o conjunto de sensores circulados em vermelho apresentou resistência de 100 a 200 K Ω . Os circulados em verde ficaram na faixa de 700 a 800 K Ω , e os circulados em azul ficaram na faixa de 900 a 1000 K Ω .

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de controle desenvolvido possibilitou o controle da máquina de forma independente através de seu painel de controle e do leitor de cartão micro SD. Assim como também possibilitou o seu monitoramento e controle através de um computador via comunicação USB.

Os resultados obtidos foram adequados, possibilitando a automação da fabricação dos sensores desenvolvidos através do método GoP, utilizado pelos alunos de pós-graduação. Além de melhorar a precisão na fabricação, em que se conseguiu uma menor dispersão nos valores de resistência elétrica dos sensores fabricados, em comparação aos desenvolvidos de forma manual.

Palavras-chave: Sensor de grafite; Efeito piezoresistivo; Robô cartesiano; ATmega328P

Keywords: Graphite sensor; Piezoresistive effect; Cartesian robot; ATmega328P

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil. Os autores também são agradecidos à UNIJUI e a FAPERGS pelo apoio financeiro no edital Pesquisador Gaúcho (FAHOR).

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. The Arduino Playground. Disponível em: . Acesso em: 28 maio 2019
- CARVALHO, Maria de Fátima Ribeiro. Desenvolvimento de matrizes de sensores piezoresistivos para aplicações avançadas. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Universidade do Minho, Guimarães, 2014. Disponível em: . Acesso em: 28 maio 2019.
- REN, Tian-ling et al. Flexible Graphite-on-Paper Piezoresistive Sensors. *Sensors*, [s.l.], v. 12, n. 5, p.6685-6694, 22 maio 2012. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s120506685>.
- SILVA, Geferson Gustavo Wagner Mota da. MODELAGEM MATEMÁTICA DE ENCAPSULAMENTO PARA ELEMENTOS SENSOES PIEZORESISTIVOS. 2017. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Modelagem Matemática, Unijui, Ijuí, 2017. Disponível em: . Acesso em: 30 jun. 2019.
- STEIN, Edmilton Oliveira et al. Projeto de uma máquina para fabricação de sensores utilizando a técnica GoP. *BOLETIM TÉCNICO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO*, v. 46, p. 96-96, 2018.