

APLICAÇÃO DE UM TACOMÊTRO MAGNÉTICO NO MONITORAMENTO DE ROTAÇÃO UTILIZANDO ARDUINO

G. F. de Lima*, A. B. O. da Silva, L. W. da Cunha Lima, R. S. A. Lopes,
V. S. de Lima Dantas e R. S. Fontes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
gustavo.lima@ifrn.edu.br*

Submetido em 23/01/2019 e aceito em 27/07/2021
DOI: 10.15628/holos.2021.8227

RESUMO

A medição de grandezas como vazão, velocidade e espaço percorrido pode ser realizada empregando um dispositivo chamado tacômetro. A sua instalação determina que variáveis medir. O objetivo deste trabalho é apresentar um tacômetro magnético e sua configuração com Arduino Uno para medição das rotações alcançadas pelo eixo de um motor de 60 W. As partes do tacômetro foram usinadas em torno mecânico e fresadora para sua

montagem e a configuração do Arduino Uno para calcular e exibir o valor de rotação, também, são apresentados. Testes experimentais são realizados e comparados com um tacômetro ótico. O erro entre leituras é de 0,61% comprovando o sucesso do tacômetro proposto. Os resultados mostram que é possível configurar um tacômetro magnético para medição de velocidade do eixo de um motor.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito Hall, prototipagem, pulso quadrado, torno mecânico, fresadora.

APPLICATION OF A MAGNETIC TACHOMETER IN ROTATION MONITORING BY USING ARDUINO

ABSTRACT

The measurement of quantities such as flow, velocity and space traveled can be accomplished using a device called a tachometer. Its installation determine which variables to measure. The objective of this work is to present a magnetic tachometer and its configuration with Arduino Uno to measure the rotations reached by one 60 W motor axis. The parts of a tachometer were machined on lathe and milling machine for its assembly and the

configuration of the Arduino Uno to calculate and display the rotation value, too, are presented. Experimental tests are performed and compared with an optical tachometer. The error between readings is 0.61%, proving the success of the proposed tachometer. The results show that it is possible to construct and configure a magnetic tachometer to measure the speed of a motor shaft.

KEYWORDS: Hall effect, prototyping, square pulse, lathe, milling machine.



1 INTRODUÇÃO

Os tacômetros (ou conta giros) são instrumentos destinados à medição de valores relacionados a eventos por tempo, utilizados na medição de velocidade, vazão ou rotações em intervalos de tempo em segundo, minuto ou hora (Mello, 2010). A classificação dos tacômetros é: os sem contato e os com contato direto ao eixo ou objeto girante. Os dois tipos podem utilizar diversos princípios de acionamento: óptico, magnético, capacitivo, eletromagnético, etc., porém, o processamento para fornecimento de uma saída em rotações por minuto (RPM) geralmente é eletrônico (Nogino, 2002).

A Figura 1 apresenta dois exemplos de tacômetro. No primeiro (Fig. 1(a)) o tacômetro utiliza um feixe de luz como princípio de funcionamento e no segundo (Fig. 1(b)) o tacômetro emprega uma roda metálica em contato com a parede interna do duto para medir a velocidade de deslocamento de ferramentas de inspeção (*Pipeline Inspection Gauge – PIG*).

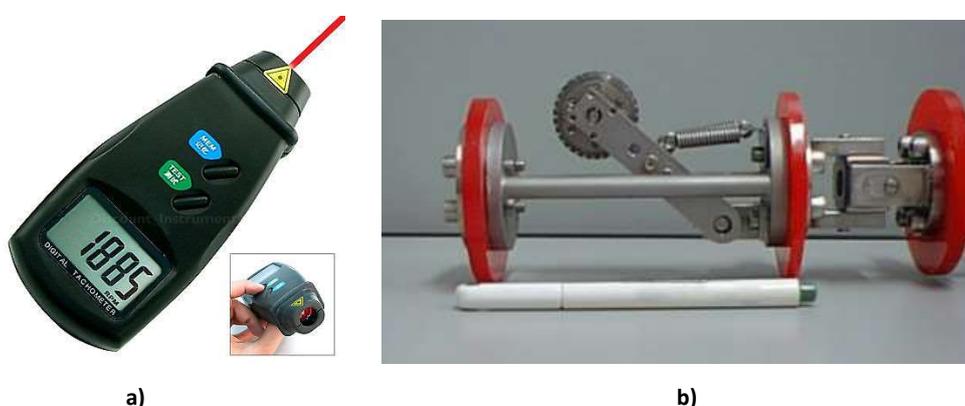


Figura 1: Exemplos de tacômetros: a) sem contato – óptico; b) com contato – roda metálica.

Uma pesquisa bibliográfica apresenta alguns trabalhos sobre a construção, calibração, configuração e monitoramento realizados por tacômetros. Nogino (2002) realizou a calibração de instrumentos de medição de rotação, conhecidos como tacômetros, bem como, a avaliação dos parâmetros técnicos que influenciam a incerteza de medição de um sistema dessa natureza. Alves (2009) descreveu o desenvolvimento de um tacômetro óptico, medidor de velocidade em RPM, utilizando-se um sensor fotoelétrico do tipo reflexivo. Mello e Silva (2010) projetaram uma turbina para medição de vazão de baixo custo. O movimento das pás dessa turbina foi lido por um tacômetro digital e com isso os autores puderam determinar uma relação entre rotação (RPM) e vazão (L/min). Pinto, Lanes e Toledo (2012) propuseram um módulo didático de medidor óptico de velocidade (em máquinas rotativas) sem contato mecânico, possuindo como vantagens a flexibilidade de utilização e modificação para absorção de novas técnicas e o seu baixo custo. Norte (2013) construiu um tacômetro/conta-giros para funcionar em motores de combustão, ventoinhas ou motores elétricos, utilizando microcontrolador PICAXE-28X1 e visor alfanumérico para apresentação dos dados. Froner (2015) automatizou um tacômetro magnético utilizado em colunas de perfuração, em substituição a um método rudimentar em que um barbante é enrolado na coluna e o tempo cronometrado para

estimar a velocidade em RPM. Silva, Lima e Salazar (2017) desenvolveram um tacômetro magnético para medição de velocidade de PIGs utilizando sensor de efeito Hall e microcontrolador Atmega328P-PU. Lima *et al.* (2017) validaram com sucesso um Laboratório de Testes para PIGs comparando leituras de um laço de testes com as leituras de um tacômetro instalado no corpo de um PIG, onde encontraram um erro de 4,44% entre essas leituras.

O objetivo deste trabalho é apresentar a fabricação de peças para a montagem de um tacômetro magnético utilizando sensor de efeito Hall A3144 e Arduino Uno para a determinação da velocidade e monitoramento de rotações, com valores apresentados na tela de um computador e em um visor alfanumérico de 20 x 4 caracteres.

As próximas seções deste artigo estão organizadas da seguinte maneira: na seção 2, são abordados os materiais aplicados na montagem do tacômetro e a metodologia empregada para sua montagem; na seção 3, são apresentados os resultados obtidos e as discussões; por fim, na seção 4, estão as conclusões deste artigo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Tacômetro Magnético

Um tacômetro de contato direto, constituído de roda e suporte, dependendo de como for montado pode monitorar: as rotações (RPM) ou a velocidade linear (m/s) e o espaço percorrido (m). No caso de rotações, o tacômetro precisa estar fixo em uma base e sua roda estar em contato com o eixo (Fig. 2(a)). Para os casos de velocidade e espaço, o tacômetro precisa estar fixo em um corpo móvel e sua roda em contato com outra superfície que a faça girar (Fig. 2(b)), neste caso a parede interna do duto.

No primeiro caso, o tacômetro 1 conta as rotações completas do eixo do motor elétrico. No segundo caso, o tacômetro 2 está fixo no corpo do PIG que em movimento dentro do duto faz a roda girar e com isso é possível obter a velocidade e o espaço percorrido pelo PIG.

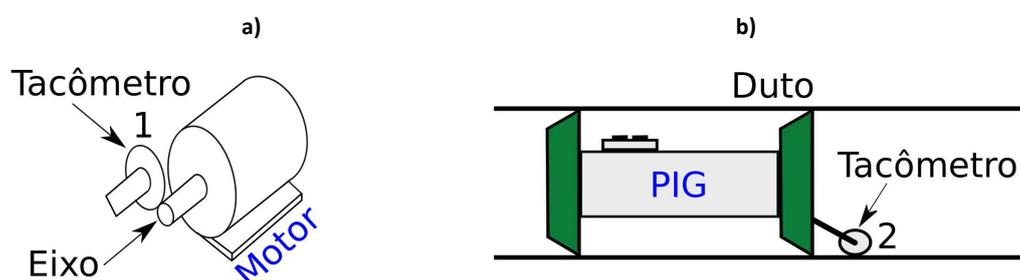


Figura 2: Aplicações de Tacômetro Magnético: a) Conta-giros; b) Medição de Velocidade.

Neste trabalho, o tacômetro está montado em uma base de madeira e sua roda faz contato com o eixo de um motor elétrico de 60 W. Ao lado da roda está colocada uma placa perfurada onde o sensor de efeito Hall fica na altura do percurso do ímã, de maneira que este passa na frente do sensor.

2.2 Funcionamento do Sensor de Efeito Hall

Sensor de efeito Hall é um dispositivo que detecta um campo magnético e modifica sua tensão de saída. Esta variação pode ser aplicada para detectar a movimento de um eixo ou objeto móvel. Para isto é preciso fixar um ímã na roda do tacômetro e esta deve girar para produzir uma variação de campo magnético sobre o sensor e com isso obter uma variação de tensão em sua saída, conforme a Fig 3.

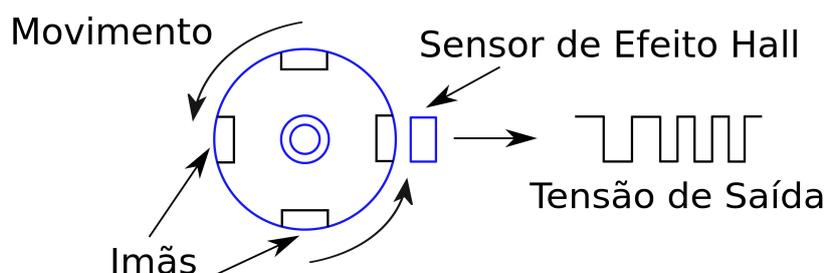


Figura 3: Sensor de efeito Hall sob influência de um campo magnético.

Este trabalho utiliza o sensor A3144 cuja característica é de fornecer uma tensão em nível Alto (5 Vdc) e no momento em que o ímã passa na frente dele a tensão vai para nível Baixo (0 Vdc). Essa alternância entre nível Alto e nível Baixo produz um trem de pulsos, utilizados no cálculo da quantidade de rotações. Para testar o funcionamento do sensor A3144, o mesmo foi montado em placa perfurada e sua saída foi lida por um osciloscópio, conforme a Fig. 4.

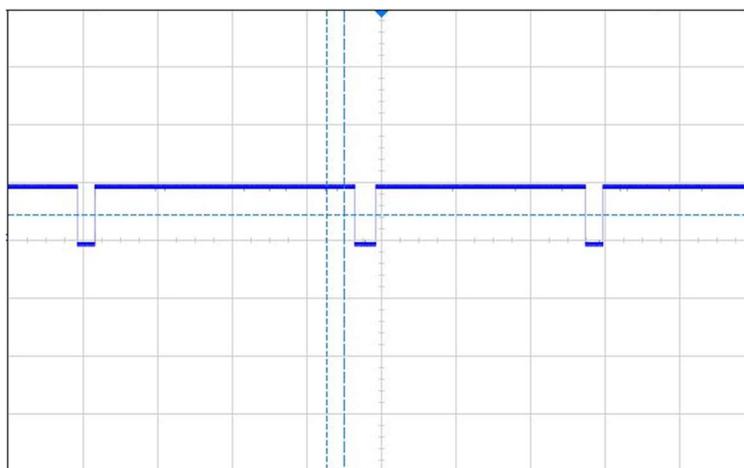


Figura 4: Resposta do sensor A3144 ao movimento da roda do tacômetro.

Para comprovação do funcionamento do sensor A3144 está disponível um vídeo no endereço <https://youtu.be/fRDEX095TZg> no qual é mostrado o motor em funcionamento e a tela do osciloscópio mostrando o trem de pulsos.

2.3 Plataforma Arduino

Arduino nasceu no *Ivrea Interaction Design Institute* (cidade de Ivrea na Itália) como uma ferramenta rápida de prototipagem, destinada para estudantes sem experiência em eletrônica e programação, baseado em *hardware* e *software* fáceis de usar.

Neste trabalho, a cada rotação completa da roda do tacômetro são produzidos dois pulsos quadrados, que são lidos pela interrupção externa (Int0) do Arduino Uno. Este cronometra o tempo entre os pulsos e calcula a quantidade de rotações. Os valores são apresentados na tela do computador e em um visor alfanumérico de 20 x 4 posições.

2.4 Metodologia para a Montagem do Tacômetro

O tacômetro magnético idealizado neste projeto conta com duas partes principais: um suporte e uma roda com eixo. Ambas foram produzidas em um torno mecânico utilizando tecnil como matéria-prima. O suporte tem 10 cm de comprimento por 2 cm de diâmetro. Um rasgo de 3,5 cm foi realizado em uma fresadora. A roda tem 5 cm de diâmetro por 1 cm de espessura, que foi recartilhada para produzir uma superfície áspera, permitindo um melhor contato com o eixo do motor. E dois furos foram realizados para colocação de dois ímãs.

A Figura 5 apresenta o tacômetro magnético montado neste trabalho.

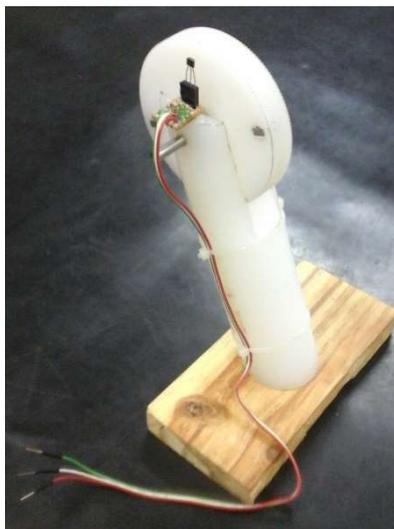
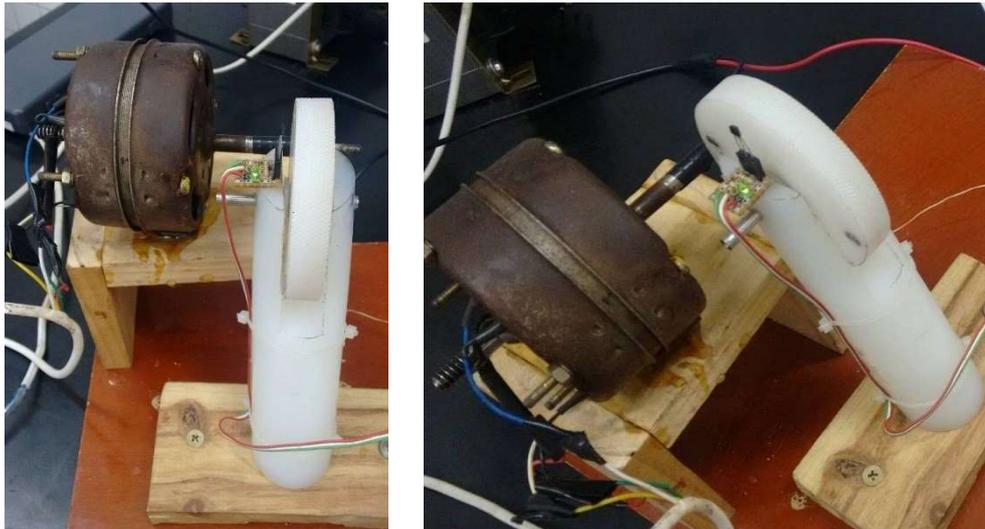


Figura 5: Conjunto sensor de efeito Hall e tacômetro em tecnil.

2.5 Metodologia para o Monitoramento de Rotações

Para a utilização do tacômetro magnético no monitoramento de rotações é preciso que a roda do tacômetro fique em contato direto com o eixo do motor (Fig. 6). Esse contato faz a roda do tacômetro girar, forçando os ímãs a passarem na frente do sensor A3144. E este produzir os pulsos necessários para o cálculo das rotações desenvolvidas pela roda.



a) b)
Figura 6: Tacômetro em contato com o eixo: a) de frente; b) de lado.

Na etapa seguinte, o Arduino é configurado para ler os pulsos elétricos enviados pelo sensor, calcular a quantidade de rotações e apresentar o valor na tela (Serial Monitor) e em um visor alfanumérico. O código desenvolvido está dividido em quatro blocos para melhor explicação e entendimento do leitor.

No Código 1 as variáveis são declaradas na seguinte ordem: inclusão da biblioteca do visor alfanumérico e os pinos de utilização do mesmo; declaração do pino de entrada do sinal do tacômetro; variável do contador de pulsos; variável de tempo inicial e tempo final, variável de duração entre esses tempos; e a variável do valor de RPM.

```
#include <LiquidCrystal.h> // biblioteca para utilização do LCD;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 6, 5, 4, 3); // pinos utilizados entre LCD e arduino;
int sinal=2; // pino de entrada para o sinal do sensor de efeito Hall;
int x=0; // contador para pulsos
float tempI=0; // tempo inicial;
float tempF=0; // tempo final;
float duracao=0; // intervalo de tempo entre final e inicial;
float rpm=0; // velocidade em RPM.
```

Código 1: Declaração das variáveis

No Código 2 é configurado o bloco `setup()` com a inicialização da interrupção externa no pino 2 (sinal do sensor de efeito Hall), inicialização da porta serial e inicialização do visor 20 x 4 caracteres.

```
void setup() {
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sinal), Pulso, RISING); // pulsos do sensor
Serial.begin(9600); // iniciar monitor serial com velocidade de 9600;
lcd.begin(20, 4); // iniciar visor 20 X 4
}
```

Código 2 – Inicialização do bloco `setup()`

No Código 3 a função `Pulso()` é criada para detectar o trem de pulso do sensor, cronometrar o tempo de ocorrência entre o pulsos, calcular a quantidade de rotações e apresentar o valor na tela do computador, por meio do Serial Monitor.

```
void Pulso() {
x++; // contagem de pulsos
if(x==2) { // evita contagem dobrada de pulsos
tempF=millis(); //tempo de duração do programa
duracao=tempF-tempI; // calculo do tempo entre pulsos
tempI=tempF; // atualiza tempo para o próximo loop
duracao=duracao/1000; // converte de millis para segundos;
if(duracao!=0) {
x=0;
rpm=(1)/(duracao/60); // calculo da velocidade em RPM;
Serial.println(rpm);
}
}
}
```

Código 3 – Configuração da função pulso().

A Figura 7 mostra os valores de rotação em RPM desenvolvido pela roda do tacômetro. Os valores variam entre 185,76 e 187,50, no total de 25 leituras.

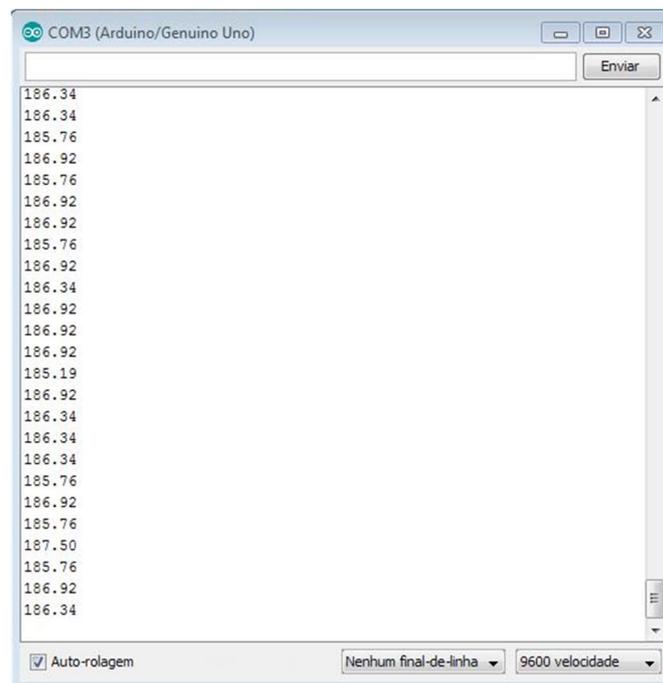


Figura 7: Tela do serial monitor.

Para apresentar estes valores no visor 20 x 4 caracteres é preciso configurar o bloco `loop()`. O Código 4 apresenta as linhas de comando para a exibição do valor de rotações na linha 3.

```
void loop() {
```

```
lcd.setCursor(1, 0);  
lcd.print("Projeto Odometro");  
lcd.setCursor(1, 1);  
lcd.print("IFRN-Parnamirim");  
lcd.setCursor(1, 2);  
lcd.print("Velocidade:");  
lcd.setCursor(13, 2);  
lcd.print(rpm, 2);  
delay(100);  
}
```

Código 4 – Configuração do loop().

A Figura 8 apresenta o funcionamento do monitoramento de rotação do tacômetro com valor de 187,50 RPM sendo mostrado na linha 3 do visor.



Figura 8: Visor 20 x 4 caracteres.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para comprovar o sucesso da montagem do tacômetro magnético e do seu funcionamento no monitoramento de rotações foi realizado um ensaio experimental, cujos valores de rotação obtidos da tela do Serial Monitor foram salvos para a produção de um gráfico com duas curvas.

A Figura 9 apresenta as 25 leituras obtidas do Serial Monitor (azul) e desse total de leituras foi calculada a média, cujo valor obtido foi de 186,50 RPM (vermelho).

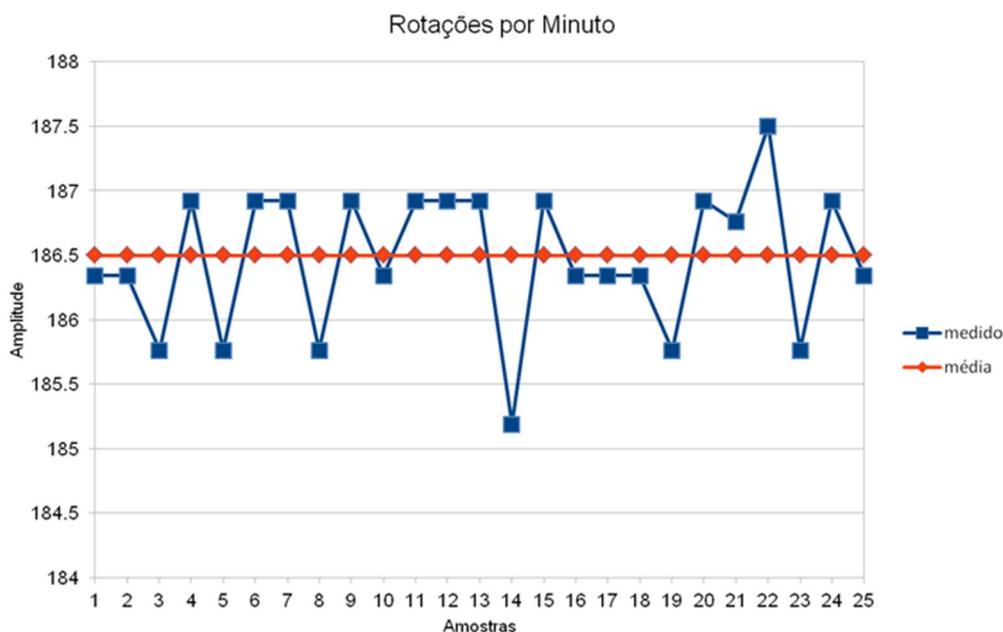


Figura 9: Leituras do tacômetro magnético.

A validação das leituras representa a confirmação de que as leituras apresentadas na tela do Serial Monitor são verdadeiras e confiáveis para aplicações futuras. Para isso foi utilizado um como parâmetro de controle um tacômetro ótico, este emite um sinal luminoso na direção de uma fita refletora colada na roda do tacômetro magnético (Fig. 10).



Figura 10: Leitura do tacômetro ótico.

Alguns valores obtidos do tacômetro ótico foram: 186,90, 187,90, 187,80, 187,40 e 188,20 RPM, visualizados no vídeo produzido durante o ensaio experimental e disponível no endereço <https://youtu.be/9JPGvxLxJTg>. Desses valores foi obtida a média de 187,64 RPM.

Com base no valor médio do tacômetro magnético de 186,50 RPM (ver Fig. 9) e o valor médio do tacômetro ótico de 187,64 RPM (ver Fig. 10) foi obtido um valor de erro igual a 0,61%. Comprovando, assim, que a configuração do tacômetro magnético foi bem sucedida.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentada a aplicação de um tacômetro magnético em tecnil, constituído de suporte, roda com ímãs e placa perfurada com sensor de efeito Hall. O conjunto todo foi fixado em uma base de madeira e quando em contato com o eixo de um motor permite medir as rotações.

O trabalho mostrou também a utilização do Arduino Uno para leitura do trem de pulsos produzido pelo tacômetro magnético, cálculo das rotações e apresentação do valor na tela do computador ou visor alfanumérico. Essas leituras foram validadas por um tacômetro ótico, que serviu de parâmetro de controle. O erro entre as leituras médias foi de 0,61%, comprovando o sucesso da configuração do tacômetro magnético.

A principal contribuição deste trabalho é apresentar uma estrutura alternativa ao tacômetro ótico (encoder) tradicional que pode ter sua lente obstruída por sujeira, assim perdendo sua função. Já o tacômetro magnético proposto continuará funcionando mesmo em ambientes poluídos, uma vez que o campo magnético não sofrerá influência da sujeira.

5 REFERÊNCIAS

- Alves, K. O., Poli, M. A., Carvalho, E. R., Guerra, K., Beck, J. C. P. (2009). *Tacômetro Óptico*. Porto Alegre, RS, X Salão de Iniciação Científica – PUCRS.
- Froner, P. H. C. P. (2015). *Automação de Tacômetro Magnético para Colunas de Perfuração*. Projeto de graduação. Rio de Janeiro, RJ, Pontifícia Universidade Católica.
- Lima, G. F., Freitas, V. C. G., Araújo, R. P., Maitelli, A. L., Salazar, A. O. (2017). *PIG's Speed Estimated with Pressure Transducers and Hall Effect Sensor: An Industrial Application of Sensors to Validate a Testing Laboratory*. SENSORS (BASEL), 12 p.
- Mello, T. C., Silva, V. R. (2010). *Turbina Medidora de Vazão*. Relatório técnico. Porto Alegre, RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Nogino, J. C. B. (2002). *Calibrador de Tacômetro*. Rio de Janeiro, RJ, XX Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica.
- Norte, L. R. (2013). *Tacómetro/Conta-rotações*. Relatório técnico. Leiria/Portugal, Escola Secundária Afonso Lopes Vieira.
- Pinto, M. F., Lanes, M. M., Toledo, O. M. (2012). *Módulo Didático Flexível De Baixo Custo para Sensoriamento de Velocidade*. Campina Grande, PB, XIX Congresso Brasileiro de Automática.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:



G. F. de Lima, A. B. O. da Silva, L. W. da Cunha Lima, R. S. A. Lopes, V. S. de Lima Dantas e R. S. Fontes (2021). Construção de um tacômetro magnético e monitoramento de rotação utilizando Arduino. *Holos*. 37(1), 1-12.

SOBRE OS AUTORES

G. F. DE LIMA

Possui Doutorado em Ciência e Engenharia de Petróleo (UFRN, 2019), Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação (UFRN, 2014), Especialização em Ciência e Engenharia do Petróleo (UFRN, 2011) e Graduação em Engenharia Elétrica (UFRN, 2004). Trabalhou durante 5 anos na obra e depois na manutenção de um grande shopping center. Atualmente, é professor Efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) Campus Parnamirim. Principais disciplinas que leciona: Introdução à Mecatrônica, Eletricidade e Eletrônica e Comandos Eletrohidráulicos e Eletropneumáticos. E-mail: gustavo.lima@ifrn.edu.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8584-9868>

A. B. O. DA SILVA

Possui o técnico em Mecatrônica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Na qual, cursou diversas disciplinas que integram Automação e a Mecatrônica, dentre elas: Comandos Elétricos e Acionamento de Máquinas Comandos Eletrohidráulicos e Eletropneumáticos, Tecnologia Mecânica e Processos de Usinagem, Segurança do Trabalho, entre outras. Atualmente, cursa a graduação na Universidade Federal do Rio Grande do Norte no curso de Ciência e Tecnologia. Sua região de interesse são: Engenharia Biomédica, mecatrônica, neuroengenharia, entre outras áreas afins. E-mail: amandbrito@outlook.com.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6175-3300>

L. W. DA CUNHA LIMA

Concluiu o Ensino-Médio no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Parnamirim. Formado no curso de Mecatrônica, na modalidade técnico integrado, no IFRN, Campus Parnamirim. E-mail: lucaswcl@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3145-9418>

R. S. A. LOPES

Técnica em Mecatrônica formada pelo IFRN- Campus PARNAMIRIM; Acadêmica em Administração. E-mail: rayssasamaral6@gmail.com.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6355-6757>

V. S. DE LIMA DANTAS

Formada em técnica em Mecatrônica pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte-IFRN- Campus Parnamirim, na modalidade técnico integrado. Cursando Graduação em Medicina na Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN. E-mail: vanessalldantas@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8487-3700>

R. S. FONTES

Graduado (2010), Mestre (2013) e Doutor (2018) em Engenharia Mecânica, pela UFRN; Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) - Campus Parnamirim, onde leciona disciplinas da área de Mecânica para os cursos técnicos (integrado e subsequente) em mecatrônica, com ênfase em desenho técnico mecânico, tecnologia mecânica, processos de usinagem, metrologia e CNC; Atua em projetos de pesquisa envolvendo materiais compósitos para aplicações em sistemas mecatrônicos. Técnico em Mecânica pelo CEFET-RN (concluído em 2007). E-mail:



raphael.fontes@ifrn.edu.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-1392>

Editor(a) Responsável: Francinaide de Lima Silva Nascimento

Pareceristas *Ad Hoc*: JOÃO MORENO VILAS BOAS E JOSÉ HENRIQUE DE-SOUZA

