



DESENVOLVIMENTO DE UM TACÔMETRO DE CUSTO ACESSÍVEL MICROCONTROLADO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5270

Autores: IGOR FORCELLI SILVA, ADELSON ATAIDE DOS SANTOS NETO, ARTHUR BERNARDO BARBOSA, CAIO CUNHA REGO DE OLIVEIRA, MÔNICA VITÓRIA VICENTE DA SILVA, MAYSIA ELLEN DA SILVA PAIVA, ANTONIO MARCOS VILA NOVA

Resumo: A lacuna existente entre o plano de ensino tradicional teórico e suas aplicações na prática, atrelada à necessidade de desenvolver competências indispensáveis para os discentes dos cursos de tecnologia em sua vida profissional, levantam discussões relacionadas às metodologias aplicadas hoje em sala de aula. Somando-se a isto, há também um impasse quanto à implementação de estruturas e equipamentos voltados ao desenvolvimento dessas práticas. Diante da problemática exposta, e com o objetivo de otimizar os múltiplos impasses no cotidiano do ensino tecnológico, buscou-se desenvolver neste protótipo um tacômetro de custo acessível, de forma a associar os conhecimentos teóricos paralelamente ao desenvolvimento do aparelho. Dessa forma, é possível desenvolver, simultaneamente, a experiência prática, as relações interpessoais e de gestão do projeto; além de gerar, como produto final, um aparelho para compor o próprio laboratório. Ao final do desenvolvimento, observou-se viabilidade da proposta como toda, uma vez que o tacômetro desenvolvido frente à modelos do mercado pode custar a metade do valor e chegar a até 13 vezes menos, entregando resultados com erros inferiores a 1%, além das vantagens associadas ao ensino e desenvolvimento aqui citados.

Palavras-chave: Ensino-aprendizagem. Ensino associado à prática. Ferramenta metodológica de ensino. Tacômetro de custo acessível.

DESENVOLVIMENTO DE UM TACÔMETRO DE CUSTO ACESSÍVEL MICROCONTROLADO

1 INTRODUÇÃO

A reflexão sobre o ensino em cursos da área da tecnologia deve ser realizada e atualizada constantemente para adaptar os discentes aos desafios que surgem a todo momento no mercado de trabalho. Ainda hoje é utilizada nesses cursos uma metodologia de ensino tradicional, baseada em aulas puramente expositivas, fazendo com que os alunos assumam uma postura passiva em relação às informações apresentadas. As disciplinas presentes nas grades curriculares desses cursos têm por objetivo desenvolver capacidades técnicas, interpessoais e de gestão. Porém, os métodos de ensino tradicionais dificultam o desenvolvimento de tais habilidades. Portanto, sendo necessário rever as metodologias de ensino para que haja o estímulo das características requeridas para as salas de aula (Matsubara; Rossini, 2020).

A metodologia tradicional treina os discentes para utilizar fórmulas, regras, aceitar e reproduzir passivamente o que o professor transmite, não motivando-os a construir seus próprios conhecimentos. Sendo assim, esta abordagem de ensino torna-se obsoleta e acaba interferindo diretamente no rendimento dos alunos, intensificando os altos índices de evasão e reprovação escolar (Godoy; Almeida, 2017).

O ensino dos cursos da área da tecnologia deve proporcionar uma aprendizagem significativa, contextualizada e orientada para o uso de tecnologias contemporâneas. As Diretrizes Curriculares Nacionais vigentes dos cursos da área de tecnologia enfatizam que as metodologias de ensino-aprendizagem atuais devem adotar atividades práticas e de laboratórios, tanto para os conteúdos básicos quanto para os específicos e profissionais, de forma a permitir que os discentes aprendam de maneira significativa o conteúdo estudado (Barbosa; Moura, 2014, Brasil, 2021).

Segundo Azevedo *et al.* (2022), as atividades laboratoriais são fundamentais para o desenvolvimento do estudante, principalmente em cursos das áreas tecnológicas, como a engenharia. No entanto, ainda segundo os autores, a construção desses laboratórios é onerosa e demorada, além de exigir o acompanhamento de técnicos treinados. Portanto, a construção de equipamentos versáteis, que sejam de fácil adaptação para diferentes configurações e experimentos, é uma das alternativas viáveis para suprir as práticas em laboratórios.

Atualmente, a maioria das indústrias contém equipamentos rotativos como motores, rotores, etc. O monitoramento adequado desses equipamentos implica em manter a velocidade de atuação medida e controlada. Para tais medições, existem diversos métodos e um desses métodos é por meio do uso de tacômetros (Cariappa *et al.*, 2018).

Camargo, Diaz e Hurtado (2022) apresentaram de forma didática o desenvolvimento de um tacômetro digital que pode medir velocidades de até 800 RPM (Rotações por Minuto) usando o microcontrolador PSoC5LP. Os autores utilizaram objetos reciclados para facilitar a reprodução do protótipo e objetivaram exemplificar de maneira prática a construção e a implementação de sistemas digitais. Ainda segundo os autores, em relação às medidas obtidas do aparato em comparação ao modelo comercial PM6208A fabricado pela *PEAKMeter*, foram obtidos valores precisos para diferentes velocidades, com um erro mínimo de 0,6% e um erro máximo de 16%. Portanto, os

autores concluíram que o protótipo atende aos requisitos estabelecidos em problemas práticos.

Ehikhamente e Omijeh (2017) utilizaram o microcontrolador At89C52 para desenvolver um tacômetro de baixo custo. O protótipo desenvolvido pelos autores exibe a leitura da velocidade, adotando o uso de um transmissor e receptor infravermelho para detectar o RPM de objetos rotativos. De acordo com os autores, o aparato desenvolvido foi comparado a um tacômetro comercial. Para o teste de sua eficácia foi utilizado um motor com potência nominal de 3000 RPM, e apesar de algumas limitações de pesquisa, o erro máximo associado ao tacômetro elaborado foi de 1,02%. Desta forma, os autores afirmam que o protótipo pode ser utilizado em diversas aplicações, sendo ideal para auxiliar na compreensão de qualquer sistema rotativo.

Dwivedi, Parab e Sharma (2019) projetaram um tacômetro sem contato e de fácil implementação, usando o microcontrolador Arduino e dispositivos eletrônicos de custo acessível. Segundo os autores, o sistema elaborado é econômico e pode ser facilmente usado tanto para fins industriais quanto laboratoriais, onde o aparato é capaz de medir a rotação por minuto de eixos giratórios.

Diante do exposto, este artigo busca apresentar o desenvolvimento de um tacômetro de custo acessível utilizando o microcontrolador ESP32 e um sensor de obstáculo reflexivo infravermelho, objetivando maior participação e compreensão por parte dos discentes e permitindo a absorção dos conceitos relacionados a programação, eletrônica e mecânica de forma significativa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa consiste na transmissão simbólica de ideias pelo professor, que interage de forma participativa com o aprendiz, utilizando o conteúdo que o próprio aprendiz já possui. Além disso, há participação do subsunçor, que se refere à um conhecimento específico existente no indivíduo, permitindo a atribuição de significado à novos conhecimentos (Moreira, 2009).

Nesse contexto, é relevante mencionar a citação do filósofo Confúcio, que diz: "aprender sem pensar é inútil; pensar sem aprender é perigoso". Isso significa que absorver conhecimento sem aplicá-lo na prática pode indicar falta de compreensão real, o que reforça a importância da aprendizagem significativa. A construção de um protótipo pode ser considerada uma forma eficaz de colocar em prática os conhecimentos apresentados ao discente ao longo de seu curso, revelando esse processo como essencial para o desenvolvimento integral dos estudantes. Logo, através da prática, os discentes têm a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos, exercitando suas habilidades técnicas e sua capacidade de raciocínio crítico.

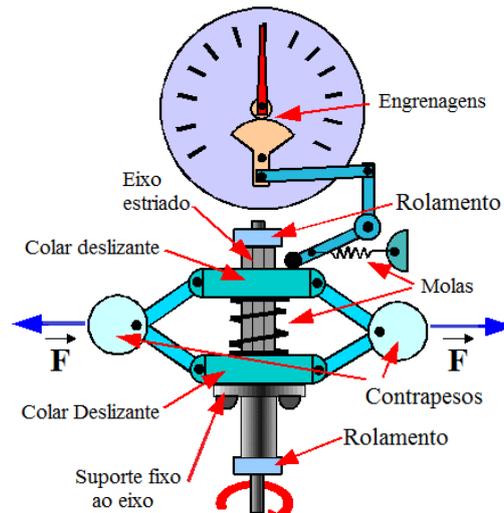
2.2 Tacômetro

O tacômetro é um dispositivo geralmente utilizado para medir o número de rotações de um objeto por unidade de tempo, são utilizados em situações nas quais é necessário aferir a velocidade de objetos ou veículos em movimento constante, como a rotação de motores e geradores. Na indústria, o tacômetro é utilizado para aferir o número de rotações por minuto (RPM) dos motores elétricos com o intuito de analisar seu estado de funcionamento (Comander Automação, 2024).

Atualmente, no mercado brasileiro, há uma variedade de tacômetros disponíveis, cada um projetado para atender uma função específica. Os tipos mais comuns incluem o tacômetro mecânico, óptico e por indução (CFR, 2023).

O **tacômetro mecânico** ou centrífugo é um dispositivo mecânico especificamente utilizado em eixos verticais. Este modelo é amplamente empregado devido à sua eficiência. O funcionamento ocorre pela atuação da força centrífuga sobre os pesos rotativos articulados à um eixo rotatório. Conforme a velocidade angular aumenta, o raio entre os pesos também aumenta, comprimindo uma mola. A compressão da mola pode ser medida e convertida em velocidade angular do eixo girante, conforme ilustrado na Figura 1 (Carmo, 2015).

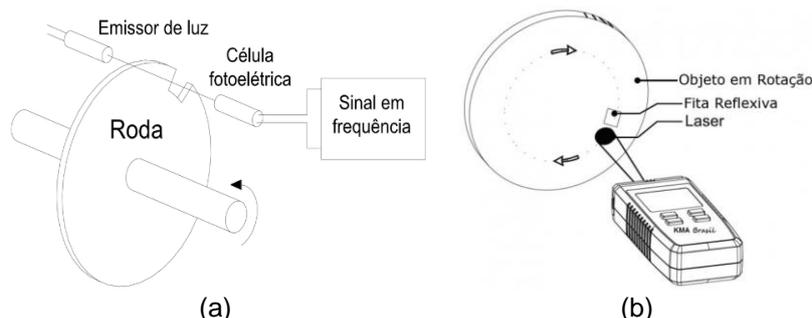
Figura 1 – Tacômetro centrífugo e seu funcionamento.



Fonte: Carmo (2015).

O **tacômetro óptico** é amplamente utilizado devido à capacidade de medir uma vasta gama de velocidades em rotação por minuto com precisão. O funcionamento desses instrumentos baseia-se na rotação de um disco com faixas claras e escuras, através do qual um feixe de luz infravermelha é direcionado entre um par de emissor e receptor ópticos. A passagem do feixe de luz é permitida apenas quando incide sobre a faixa clara do disco, sendo interrompida quando atinge a faixa escura. O resultado desse arranjo óptico é a geração de um sinal em forma de pulsos, semelhante a uma onda quadrada, cuja frequência está relacionada à velocidade angular da peça monitorada. Alguns modelos possuem discos opacos com perfurações ou rodas dentadas para esse fim, outros modelos utilizam uma fita refletiva que é aplicada ao eixo no lugar de instalar discos com perfurações, conforme ilustra a Figura 2 (Carmo, 2015).

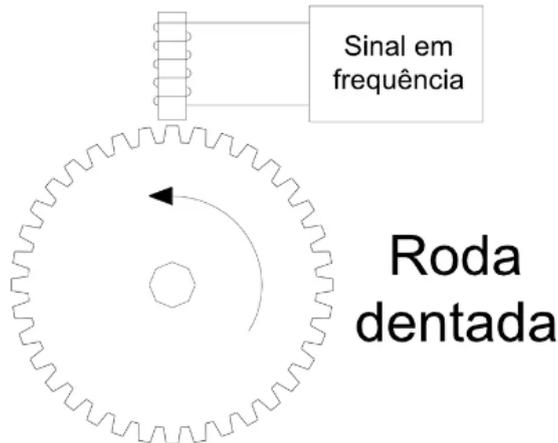
Figura 2 – Tacômetro óptico e seu funcionamento. (a) Disco. (b) Fita refletiva.



Fonte: Carmo (2015); KMA Brasil (2024).

No **tacômetro por indução** ou indutivo, existe uma roda dentada presa ao eixo rotativo, e quando os dentes da roda se movem à frente do magneto, ocorre uma variação no fluxo magnético através da bobina, induzindo uma tensão elétrica. Cada passagem de um dente diante do magneto gera um pulso de tensão elétrica na bobina, e a frequência desses pulsos está diretamente relacionada à velocidade angular do eixo, conforme ilustra a Figura 3 (Campos, 2024).

Figura 3 – Tacômetro indutivo e seu funcionamento.

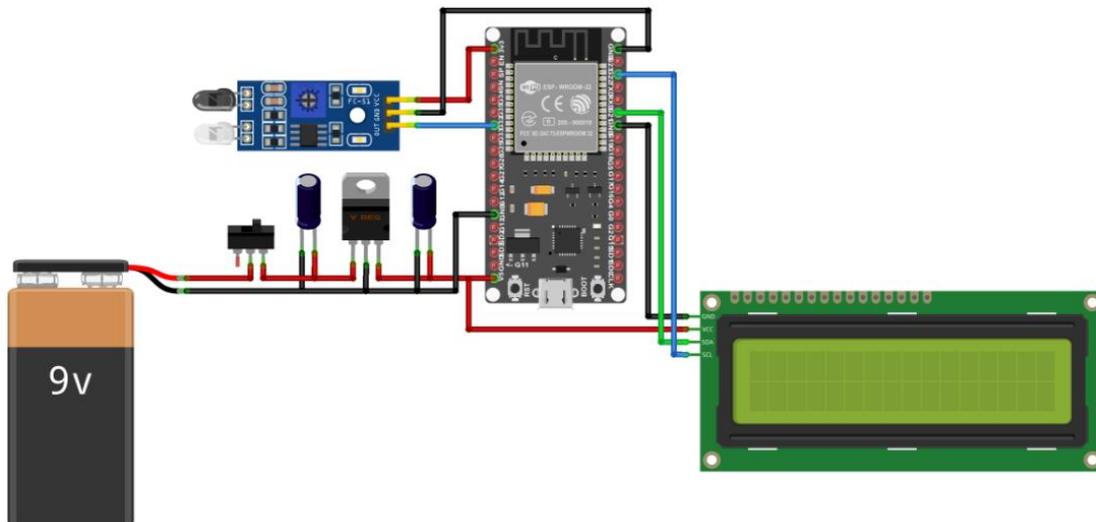


Fonte: Campos (2024).

3 METODOLOGIA

Na Figura 4 é ilustrado o esquema elétrico do protótipo desenvolvido, o qual foi utilizado o microcontrolador ESP32 para adquirir o sinal do sensor de obstáculo reflexivo infravermelho (HW-201), e transformar a informação coletada em rotações por minuto (RPM), onde o valor em RPM é impresso no display 16x2. Para a alimentação elétrica do sistema, é utilizada uma bateria de 9 V aplicada a um circuito que regula a tensão em 5 V e fornece a energia elétrica necessária para o funcionamento de todos os componentes do tacômetro.

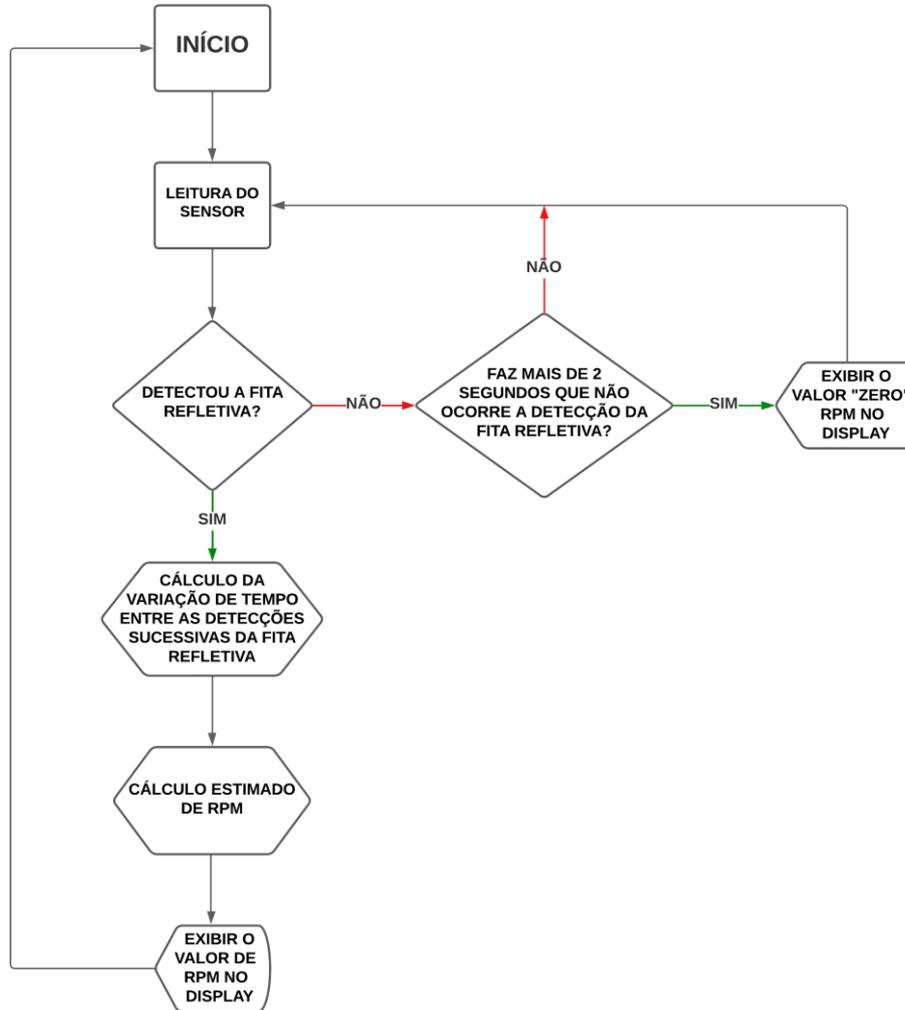
Figura 4 – Esquemático elétrico do protótipo desenvolvido.



Fonte: Elaboração própria (2024).

O fluxograma do código desenvolvido para o funcionamento do protótipo é ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma do código desenvolvido para o protótipo.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Na Tabela 1 são apresentados os materiais utilizados para construção do protótipo e o seu respectivo custo.

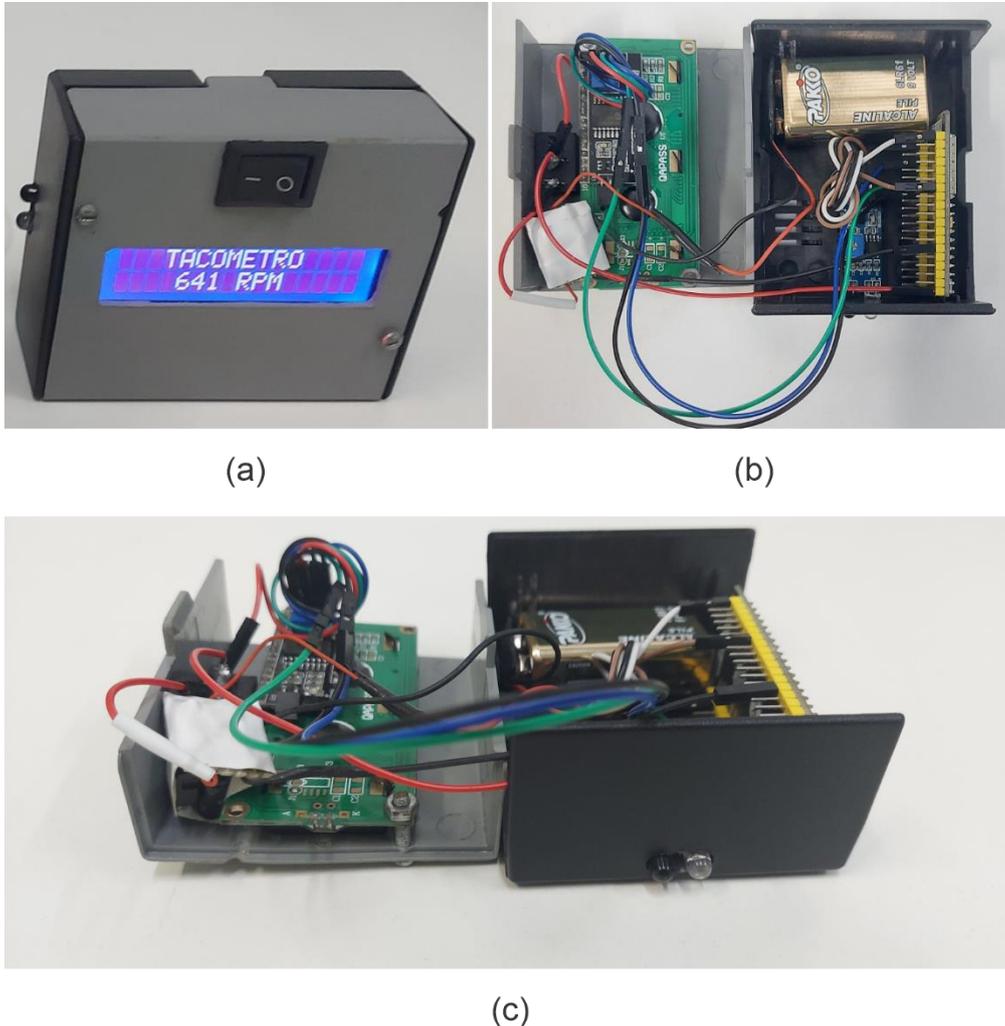
Tabela 1 – Custo dos materiais utilizados para construção do protótipo.

Material	Quantidade	Valor (R\$)
Caixa (39 x 70 x 87 mm)	1	10,00
Capacitor eletrolítico 10 μ F	2	0,20
LM 7805	1	1,50
ESP32	1	50,00
Bateria 9 V	1	14,00
Display 16x2 com módulo I2C	1	30,00
Mini chave gangorra	1	1,50
Conector para bateria	1	1,00
Cabos de conexão	10	1,00
Total		109,20

Fonte: Elaboração própria (2024).

É ilustrado na Figura 6 o protótipo desenvolvido neste estudo, o qual foi utilizado para medição do número de rotações por minuto de um motor.

Figura 6 – Protótipo desenvolvido para medição de RPM.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Adicionalmente foi realizada uma comparação de preço entre alguns tacômetros ópticos comerciais e o protótipo desenvolvido, conforme é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação de preço entre o protótipo desenvolvido e medidores comerciais.

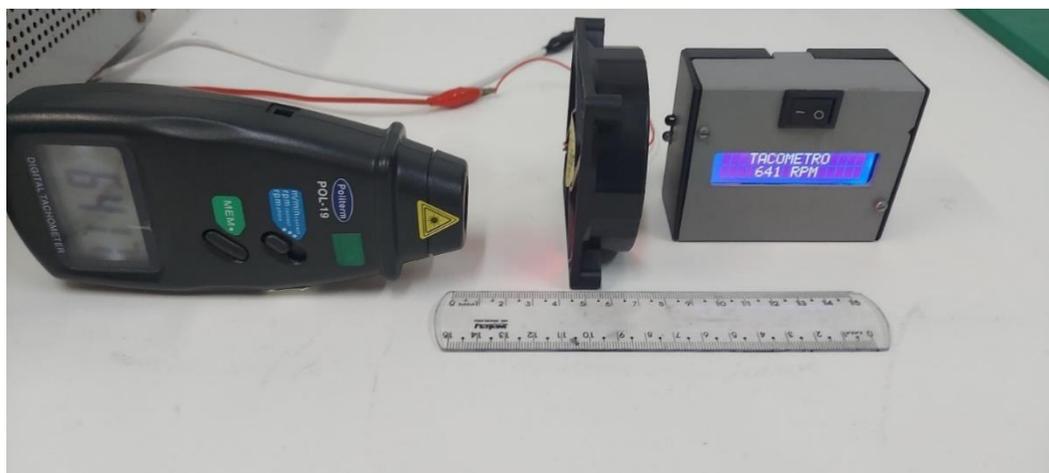
Marca	Modelo	Preço (R\$)
Protótipo		109,20
ICEL	TC-5005	188,35
AKROM	KR98	209,00
INSTRUTHERM	TD-812	228,53
POLITERM	POL-19	406,00
MINIPA	MDT-2238B	429,90
FLUKE	931	1435,31

Fonte: Elaboração própria (2024).

A Figura 7 ilustra o processo realizado para verificar o funcionamento do protótipo desenvolvido, para tanto, foi utilizado um motor *DC brushless* (Modelo AD0812HS-

A70GL), onde sua velocidade foi controlada por uma fonte de tensão DC Minipa (Modelo MPC-3003D). Para aferir a velocidade do motor DC foi fixado um pedaço de fita refletiva, e também foi utilizado o tacômetro comercial Politerm (Modelo POL-19) para comparação das RPM medidas. Adicionalmente foi utilizada uma régua para verificar a distância máxima para medição do tacômetro desenvolvido.

Figura 7 – Processo utilizado para realização dos testes com o protótipo desenvolvido.



Fonte: Elaboração própria (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de verificar o funcionamento do protótipo desenvolvido, utilizou-se o tacômetro comercial Politerm (Modelo POL-19) para comparar as medições efetuadas. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Erro comparativo entre os resultados do protótipo e do medidor comercial.

Rotações por minuto (RPM)		
Politerm (Modelo POL-19)	Protótipo	Erro relativo percentual
170,1	171,0	0,53
250,0	250,0	0,00
362,1	362,0	0,03
527,0	524,0	0,57
647,0	651,0	0,62
744,0	746,0	0,27
887,1	885,0	0,24
975,5	976,0	0,05
1088,0	1086,0	0,18
1172,0	1172,0	0,00
1331,0	1331,0	0,00
1471,0	1468,0	0,20
1629,0	1620,0	0,55
1818,0	1818,0	0,00
1970,0	1972,0	0,10
2236,0	2243,0	0,31
2429,0	2420,0	0,37
2710,0	2730,0	0,74

Fonte: Elaboração própria (2024).

O erro máximo obtido na comparação entre o protótipo e o medidor comercial durante os testes foi de 0,74%, que representa um excelente resultado. Não foi possível durante os testes verificar valores de rotação menores do que 170 RPM, visto que, ao colocar valores de tensão menores o motor DC não funcionava. A distância máxima para medição com o protótipo foi de 2,5 cm, acima desse valor o protótipo não conseguia efetuar medições. Por fim, a massa total do protótipo desenvolvido foi de 225,7 gramas.

As informações relacionadas ao projeto estão compartilhadas no [link](https://github.com/igorforcelli/Tacometro/blob/9fe169526f32c19933eaf610caa1dd7277c6d7a6/README.md): <https://github.com/igorforcelli/Tacometro/blob/9fe169526f32c19933eaf610caa1dd7277c6d7a6/README.md>.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho consistiu no desenvolvimento de um tacômetro de custo acessível para a medição de rotações por minuto de objetos, em que foi utilizado um microcontrolador ESP32 e um sensor de obstáculo reflexivo infravermelho.

De forma geral, os resultados alcançados neste estudo indicam que o protótipo desenvolvido pode ser utilizado para realizar experimentos voltados para a medição de rotações por minuto de objetos. O protótipo apresenta vantagens como o custo acessível e interdisciplinaridade, visto que são aplicados conhecimentos de programação, eletrônica e mecânica para o seu desenvolvimento. Estes resultados indicam que o medidor desenvolvido pode aumentar a expectativa do discente e colocar em prática os conhecimentos adquiridos por ele ao longo de sua jornada acadêmica, assim, proporcionando seu desenvolvimento de forma integral.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, do Campus Itabaiana e João Pessoa, e ao PETEE-IFPB (Programa de Educação Tutorial de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba), pelo apoio técnico e financeiro.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, G. T. *et al.* **Gerador trifásico de baixo custo para o ensino de física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 3, p. e3503, 2017.

BARBOSA, F. E.; MOURA, G. D. **Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. Boletim Técnico do Senac**, [S. l.], v. 39, n. 2, p. 48–67, 2013. DOI: 10.26849/bts.v39i2.349. Disponível em: <https://www.bts.senac.br/bts/article/view/349>. Acesso em: 1 jun. 2024.

BRASIL. **Ministério da Educação.** RESOLUÇÃO Nº 1, DE 26 DE MARÇO DE 2021. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, 26 mar. 2021.

CAMARGO, J. R. L.; DIAZ, M. A. O.; HURTADO, O. G. **Didactic system for teaching microcontrollers-Case study:** design of a digital tachometer. Journal of Language and Linguistic Studies, v. 18, n. 4, 2022.

CAMPOS, M. Universidade Federal do Paraná - Setor de Tecnologia -Departamento de Engenharia Mecânica - **Apostila de sistemas de medição - TM-247.** Disponível em:

<<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM247/Apostila%20-%20Sistemas%20de%20Medicao%20-%20Completa.doc>> Acesso em: 27 mai. 2024.

CARMO, W. **Circuito de monitoramento da velocidade de um motor usando encoder incremental**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2015.
CARIAPPA, P. K. et al. **Contactless Tachometer**. International Journal of Engineering Research and Technology, v. 6, n. 13, 2018.

CFR. **O que é**: Tacômetro. 2023. Disponível em:
<<https://cfrmultimarcas.com.br/glossario/o-que-e-tacometro/>>. Acesso em: 20 mai.2024.

COMANDER AUTOMAÇÃO. **O que é um tacômetro digital?**. Disponível em:
<<https://www.comanderautomacao.com.br/blog/tacometro-digital-o-que-e/#:~:text=O%20tac%C3%B4metro%20funciona%20atrav%C3%A9s%20de,a%20vida%20%C3%BAtil%20do%20equipamento>>. Acesso em: 27 mai. 2024

DWIVEDI, V.; PARAB, R.; SHARMA, S. **Design of a Portable Contact-less Tachometer using Infrared Sensor for Laboratory Application**. no. June, p. 1324-1328, 2019.

EHIKHAMENLE, M.; OMIJEH, B. O. **Design and development of a smart digital tachometer using At89c52 microcontroller**. American Journal of Electrical and Electronic Engineering, v. 5, n. 1, p. 1-9, 2017.

GODOY, E. V.; ALMEIDA, E. **A evasão nos cursos de Engenharia e a sua relação com a Matemática**: uma análise a partir do COBENGE. Educação Matemática Debate, v. 1, n. 3, p. 339-361, 2017.

KMA, B. **Tacômetro Digital Mdt-2244c - O Aparelho Mais Confiável Para Medir Rotações**. Disponível em:<<https://www.kmabrasil.com.br/blog/tacometro-digital-mdt-2244c---o-aparelho-mais-confiavel-para-medir-rotacoes>>. Acesso em: 27 mai. 2024.

MATSUBARA, G.Y.; ROSSINI, T. C. N. **Reflexões sobre o ensino de Engenharia: Desafios no exercício da docência**. Revista de Ensino de Engenharia, v. 39, 2021.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2009.

DEVELOPMENT OF A LOW-COST MICROCONTROLLED TACHOMETER

Abstract: *The gap between the traditional theoretical teaching plan and its applications in practice, linked to the need to develop essential skills for technology course students in their professional lives, raises discussions related to the methodologies applied today in the classroom. Adding to this, there is also an impasse regarding the implementation of structures and equipment aimed at developing these practices. In view of the problems exposed, and with the aim of optimizing the multiple impasses in everyday technological teaching, we sought to develop an affordable tachometer in this prototype, in order to associate theoretical knowledge in parallel with the development of the device. This way, it is possible to simultaneously develop practical experience, interpersonal relationships and project management; in addition to generating, as a final product, a device to compose the laboratory itself. At the end of the development, the feasibility of the proposal as a whole was observed, since the tachometer developed compared to models on the market can cost half the value and reach up to 13 times less, delivering results with errors of less than 1%, in addition to the advantages associated with the teaching and development mentioned here.*

Keywords: *Teaching-learning. Teaching associated with practice. Teaching methodological tool. Low-cost tachometer.*

