

USO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO PARA ENSINAR CAMPO MAGNÉTICO UTILIZANDO ARDUÍNO E EFEITO HALL

*USING THE INVESTIGATIVE TEACHING SEQUENCE TO TEACH
MAGNETIC FIELD USING ARDUINO AND HALL EFFECT*

*USANDO LA SECUENCIA DIDÁCTICA INVESTIGATIVA PARA
ENSEÑAR EL CAMPO MAGNÉTICO USANDO ARDUINO Y
EFECTO HALL*

Ronilson Sousa Santos

Mestrando em Ciências dos Materiais pelo Programa em Pós-graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail: ronilson.santos@discente.ufma.br | Orcid: <http://orcid.org/0009-0005-3084-6394>

Stefânio Fernandes Silva

Professor da Educação Básica. Colégio Estadual Ruilon Dias Carneiro. E-mail: stefanio071@hotmail.com | Orcid: <http://orcid.org/0009-0005-7961-3153>

Anderson Gomes Vieira

Professor do curso de Física da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). E-mail: anderson.vieira@ufnt.edu.br | Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-3102-1640>

Nilo Maurício Sotomayor Choque

Professor do curso de Física da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). E-mail: nilchoque@ufnt.edu.br | Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-8952-190>

Pâmella Gonçalves Barreto Troncão

Professora do curso de Física da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). E-mail: pamella.troncao@ufnt.edu.br | Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-6340-5983>

Artigo recebido em: 10/04/2024 aprovado em 27/05/2024 publicado em 30/06/2024.

Como citar este artigo:

Santos, R. S.; Silva, S. F.; Vieira, A. G.; Choque, N. M. S. & Troncão, P. G. B. USO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO PARA ENSINAR CAMPO MAGNÉTICO UTILIZANDO ARDUÍNO E EFEITO HALL. **DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, Palmas, 11(4), 2024. DOI: http://dx.doi.org/10.20873/Dossie_Est_Superv_2024_13

RESUMO:

O estudo prático sobre campo magnético e como ele se relaciona com outras grandezas físicas são conteúdos que acabam sendo muito pouco abordados em sala de aula, apesar de ser uma área da Física que desperta a curiosidade dos estudantes. Com o intuito de minimizar esta falha, este trabalho utiliza a Sequência de Ensino Investigativo (SEI) para ensinar campo magnético através da elaboração de um dispositivo eletrônico baseado no efeito Hall utilizando Arduino. O dispositivo utilizado nesta pesquisa foi produzido no Laboratório de Pesquisa em Materiais para Aplicações em Dispositivos Eletrônicos (LABMADE), localizado no Centro de Ciências Integradas (CCI), no campus Araguaína da Universidade Federal do Norte Tocantins (UFNT). O equipamento foi aplicado no 3º ano do Ensino Médio (EM) de uma escola pública da periferia do município de Arapoema. O intuito desta aplicação foi familiarizar os estudantes com este conteúdo de Física e estimular o ensino através da relação entre teoria, tecnologia e prática. Os resultados sugerem que houve avanços nos conhecimentos de Física sobre campo magnético e no desenvolvimento dos cálculos matemáticos utilizados pelos estudantes.

PALAVRAS-CHAVE: Campo magnético; Arduino; Efeito Hall; Sequência de Ensino Investigativo (SEI).

ABSTRACT:

The practical study of the magnetic field and how it relates to other physical quantities is content that ends up being very little covered in the classroom, despite being an area of Physics that arouses students' curiosity. In order to minimize this flaw, this work uses the Investigative Teaching Sequence (SEI) to teach magnetic fields through the development of an electronic device based on the Hall effect using Arduino. The device used in this research was produced at the Materials Research Laboratory for Applications in Electronic Devices (LABMADE), located at the Center for Integrated Sciences (CCI), on the Araguaína campus of the Federal University of Norte Tocantins (UFNT). The equipment was applied in the 3rd year of High School (EM) at a public school on the outskirts of the municipality of Arapoema. The purpose of this application was to familiarize students with this Physics content and stimulate teaching through the relationship between theory, technology and practice. The results suggest that there have been advances in Physics knowledge about the magnetic field and in the development of mathematical calculations used by students.

KEYWORDS: *Magnetic Field; Arduino; Hall effect; investigative Teaching Sequence (SEI).*

RESUMEN:

El estudio práctico del campo magnético y su relación con otras cantidades físicas es un contenido que acaba siendo muy poco tratado en las aulas, a pesar de ser un área de la Física que despierta la curiosidad de los estudiantes. Para minimizar esta falla, este trabajo utiliza la Secuencia Educativa Investigativa (SEI) para enseñar campos magnéticos mediante el desarrollo de un dispositivo electrónico basado en el efecto Hall usando Arduino. El dispositivo utilizado en esta investigación fue producido en el Laboratorio de Investigación en Materiales para Aplicaciones en Dispositivos Electrónicos (LABMADE), ubicado en el Centro de Ciencias Integradas (CCI), en el campus Araguaína de la Universidad Federal del Norte Tocantins (UFNT). El equipo fue aplicado en el 3er año de Enseñanza Media (EM) de una escuela pública de la periferia del municipio de Arapoema. El propósito de esta aplicación fue familiarizar a los estudiantes con este contenido de Física y estimular la enseñanza a través de la relación entre teoría, tecnología y práctica. Los resultados sugieren que ha habido avances en el conocimiento de la Física sobre el campo magnético y en el desarrollo de cálculos matemáticos utilizados por los estudiantes.

Palabras clave: *(Campo Magnético; Arduino; Efecto Hall; Secuencia Docente Investigativa (SEI)).*

INTRODUÇÃO

O conceito fundamental de vários dispositivos eletrônicos se baseia na produção de campo magnético através de cargas elétricas em movimento (Silva, 2023). Este movimento permite que, na região em torno do fio, haja interações magnéticas que podem determinar a intensidade do campo magnético por um pequeno elemento de fio percorrido por corrente elétrica, em qualquer ponto na região externa (Quynh et al., 2016). Se esse mesmo fio for entortado formando uma circunferência, pode-se calcular o campo magnético utilizando o mesmo princípio, entretanto, o centro da circunferência passa a ser o ponto mais fácil de se medir o campo magnético (Liu, 2023).

O estudo dos campos magnéticos e, conseqüentemente, dos materiais magnéticos está intimamente ligado à pesquisa em áreas emergentes, tais como: computação quântica, medicina e energias renováveis. Na computação quântica o controle extremamente preciso de campos magnéticos é crucial para o funcionamento de qubits, os quais servem como blocos de construção destes computadores (Nielsen e Chuang, 2010). Na medicina, o estudo do campo magnético é importante desde a ressonância magnética até a hipertermia magnética, as quais podem servir como técnicas de imagem e tratamento eficaz para câncer e outras doenças, respectivamente (Chansoria et al., 2023). Na geração de energia renovável, os campos magnéticos podem surgir também através de ímãs, os quais assumem um importante papel no funcionamento das turbinas eólicas e geração de eletricidade (Yan et al., 2021). Portanto, a pesquisa continuada sobre campo magnético não apenas facilita a inovação tecnológica, mas também estabelece novas direções em áreas tecnológicas importantes e em várias disciplinas centradas nas ciências (Vyskocil, 2020).

A revolução tecnológica em andamento estimulou desenvolvimentos significativos nesta área, gerando propriedades de campo magnético cada vez mais complexas. Esse papel é crucial para responder à crescente necessidade de eficiência energética e melhor desempenho e miniaturização de dispositivos. Portanto, entender os campos magnéticos e sua interação é vital para colocar a tecnologia já existente utilizada pelo homem para criar inovações que alimentam o mundo tecnológico, industrial e educacional (Quynh et al., 2016; Kim et al., 2014).

Neste contexto, este trabalho resolve construir um dispositivo eletrônico capaz de sentir a presença e medir a intensidade do campo magnético utilizando o efeito Hall e adotar a experimentação como uma ferramenta científica e de ensino com o intuito de contribuir no aprendizado e aumentar a curiosidade dos estudantes nos conteúdos de Física.

A ferramenta científica utilizada baseou-se no efeito Hall, o qual consiste no aparecimento de um campo elétrico transversal em um condutor percorrido por

uma corrente elétrica quando este se encontra mergulhado em um campo magnético (Silva, 2023).

A ferramenta de ensino utilizada foi a Sequência de Ensino Investigativo (SEI), com o intuito possibilitar ao aluno construir seu próprio conhecimento a partir de uma situação-problema. Na teoria, a SEI se estabelece como uma atividade pedagógica que coloca os estudantes no centro do processo de aprendizagem, incentivando-os a explorar conceitos físicos de forma ativa e reflexiva.

A construção desta SEI baseia-se em duas teorias psicológicas: a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget e a teoria sociocultural de Lev Vygotsky:

- Piaget (1978) ressalta a importância do planejamento do professor para a aprendizagem significativa. O professor deve criar condições para que o aluno explore o mundo e construa seu conhecimento de forma ativa e autônoma. O professor deve atuar como mediador, orientando e auxiliando o estudante no processo de aprendizagem (Carvalho, 2015).
- Vygotsky (1989) também enfatiza a importância da interação social para a aprendizagem. O estudante aprende a partir da interação com o outro, seja o professor, outro estudante ou um objeto de conhecimento. O erro é visto como uma oportunidade de aprendizagem, pois permite ao estudante identificar suas dificuldades e buscar soluções (Carvalho, 2015).

E a partir desse conhecimento cotidiano, dando problemas, fazendo questões e/ou propondo novas situações para que os estudantes resolvam (ou seja, desequilibrando-os) que eles terão condições de construir novos conhecimentos (reequilibrarão) (Piaget, 1976).

Na prática, o ensino investigativo se consolida quando o professor cria situações para o estudante refletir acerca de uma problematização inicial, e que o leve a pensar de forma crítica por meio de hipóteses propostas a partir da sua fala (Franco; Munford, 2020). Estas hipóteses são fundamentais para que ele seja o protagonista no seu processo de aprendizagem (Carvalho, 2018).

Considerando a pouca quantidade de estudos que abordem este tema utilizando estas ferramentas, este trabalho pretende ensinar aos estudantes do Ensino Médio sobre campo magnético, por meio de um sistema de software e hardware integrados, com intuito de familiarizá-los com a Física e com as tecnologias de forma prática e intuitiva utilizando Arduíno e o Efeito Hall.

METODOLOGIA

Esta pesquisa, de natureza qualitativa foi desenvolvida no Laboratório de Pesquisa em Materiais para Aplicações em Dispositivos Eletrônicos (LABMADE), o qual se encontra no Centro de Ciências Integradas (CCI) da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT) e aplicada aos estudantes das 3ª séries do Ensino Médio em uma escola periférica da cidade de Arapoema-TO. Este trabalho contou com a colaboração voluntária de 30 estudantes.

O material de apoio deste trabalho foi elaborado em 3 etapas:

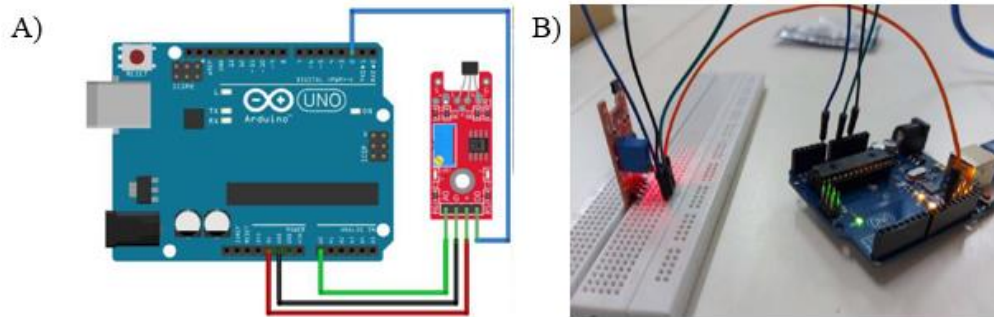
1º ETAPA: Nesta etapa, ocorreu a revisão bibliográfica sobre o tema e a produção do código de programação utilizado para controle do hardware Arduino e para a plotagem dos gráficos. Para conseguir controlar o hardware Arduino, utilizou-se o software Arduino IDE (ambiente de desenvolvimento integrado) que pode ser baixado gratuitamente na internet. O Arduino IDE é compatível com várias plataformas, incluindo Windows, Mac e Linux. Ele é projetado para ser fácil de usar, mesmo para usuários iniciantes e vem com uma interface gráfica de usuário (GUI) intuitiva que facilita a criação e o upload de programas para a placa Arduino. O IDE suporta a linguagem de programação Arduino, a qual é baseada na linguagem de programação C++. Pode-se observar o código utilizado no IDE Arduino na Figura 1.

Figura 1 - Código utilizado no IDE Arduino.

```
int pinoAnalogico = A0; //PINO ANALÓGICO (MEDE A INTENSIDADE DO CAMPO MAGNÉTICO)
//int pinoDiigital = 8; //PINO DIGITAL (DETECTA A PRESENÇA DO CAMPO MAGNÉTICO)
void setup ()
{ pinMode(pinoAnalogico, INPUT); //DEFINE O PINO COMO ENTRADA
  //pinMode(pinoDiigital, INPUT); //DEFINE O PINO COMO ENTRADA
  Serial.begin(9600);} //INICIALIZA A SERIAL
void loop ()
{   Serial.println(analogRead((pinoAnalogico))-553);
  Serial.println(analogRead(pinoAnalogico) *((5.0 / 1024.0)));
  //IMPRIME NO MONITOR SERIAL UM VALOR DE TENSÃO QUE REPRESENTA A INTENSIDADE DO CAMPO MAGNÉTICO
  delay(100);} //INTERVALO DE 500 MILISSEGUNDOS
```

Fonte: Acervo pessoal.

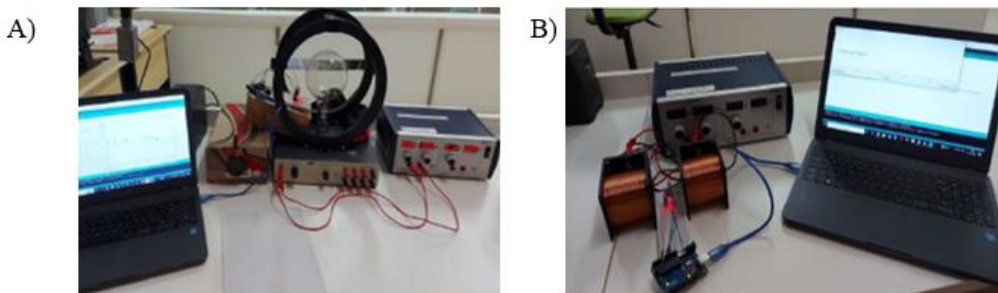
2º ETAPA: Nesta etapa foi elaborado um aparato experimental, como mostra a Figura 2, para realizar a medição de campos magnéticos, utilizando os seguintes materiais: Placa Arduino UNO R3, Placa Protoboard, Jumpers, Sensor de Efeito Hall KY24 Hall A3144 e um Computador.

Figura 2 – Aparato experimental.

(A) Modelo teórico da configuração utilizada; (B) Dispositivo produzido no laboratório.

Fonte: Acervo pessoal.

3º ETAPA: Nesta etapa realizou-se o processo de calibração dividido em duas partes, como mostra a Figura 3. A primeira parte foi realizada com um campo magnético gerado pela Bobina de Helmholtz e a segunda parte utilizando as Bobinas de Multicamadas. Este processo é importante para verificar a qualidade do material e observar possíveis variações do campo magnético medido.

Figura 3 – Equipamento utilizado no processo de calibração.

(A) aparato experimental no laboratório com bobina de Helmholtz; (B) com bobina de multicamadas.

Fonte: Acervo pessoal.

Este trabalho foi aplicado em cinco momentos distintos na maneira presencial, sendo eles:

No primeiro encontro foi aplicado um questionário para compreender quais os conhecimentos prévios dos estudantes. Após aplicação do questionário foi o momento para o professor instigar os estudantes, despertar a curiosidade deles e efetuar perguntas de cunho teórico. Perguntas como, por exemplo: Quais são as origens do campo magnético? Alguém sabe qual é a relação entre campo

magnético e corrente elétrica? Alguém sabe o que protege a terra dos ventos solares? Como surgem as auroras boreais? Entre outras.

Para responder estas perguntas, foi demonstrado como os campos magnéticos podem ser gerados de diferentes formas, dentre elas estão ímãs, corrente elétrica em condutores e corrente elétrica em espiras e bobinas. Em seguida, foi demonstrado aos estudantes a relação entre corrente elétrica e campo magnético, a partir da Lei de Ampère, que estabelece que a corrente elétrica através de um condutor cria um campo magnético ao redor desse condutor (Silva, 2023). Neste contexto, é explicada a importância de estudar campos magnéticos, utilizando como exemplo o campo magnético terrestre, que é gerado pelo movimento do ferro e do níquel líquidos no núcleo externo da Terra, um processo conhecido como geodínamo (Landeau et al., 2022).

No segundo momento foi realizada uma aula expositiva sobre campos magnéticos e suas origens. Nesta aula foi abordado conceitos teóricos e curiosidades sobre o assunto, além de mostrar imagens e ímãs para que os estudantes tivessem contato com esse material, colocando-os como personagem central no processo de ensino-aprendizagem.

No terceiro encontro presencial foi realizada a aplicação experimental, acender e apagar o Led com a presença de campo magnético. Nesta aula, o professor organizou o experimento em sala para que os estudantes observassem a presença de campo magnético, utilizando o sensor de efeito Hall KY24 Hall A3144 em conjunto com o Arduíno, de modo que eles observassem que a medida em que aproxima o ímã do sensor, o led era acionado sob a presença do campo. Desta forma, os estudantes participam de todos os momentos, desde a funcionalidade do software Arduino até a maneira como o hardware era montado.

Na quarta aula, ocorreu a montagem do dispositivo com os estudantes. Eles responderam algumas questões acerca das alterações de valores de corrente elétrica pela fonte indicada na atividade. Nesta aula, o professor montou o dispositivo e os estudantes interagiram com ele alterando a fonte de corrente e observando os gráficos no computador.

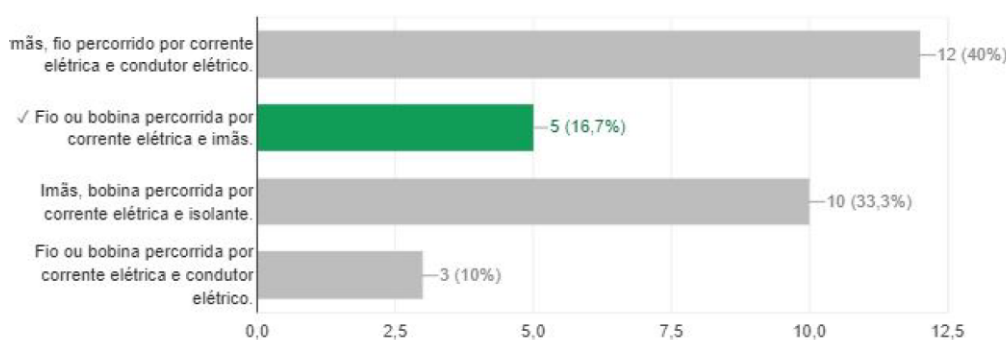
No quinto encontro, ocorreu a discussão sobre a atividade investigativa realizada. Nesta aula, o professor iniciou a roda de conversa mediando as respostas da atividade investigativa entre os estudantes e direcionando-os a pensar e a refletir de forma coerente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma sequência didática investigativa foi elaborada utilizando como problema inicial experimental um sistema de hardware e software empregados com o intuito de melhorar o processo ensino-aprendizagem. Previamente, foi dividido todo o processo da aplicação em três etapas, sendo elas: Etapa 1) Aplicação do questionário diagnóstico online (Google forms), realização de questionamentos pelo professor de cunho teórico para despertar a curiosidade dos estudantes; Etapa 2) Aula expositiva sobre campo magnético com um experimento criado capaz de sentir a presença de campo magnético; Etapa 3) aplicação de um problema experimental em conjunto com a atividade investigativa sobre medidas de intensidade do campo magnético e análise dos resultados observados.

Na Etapa 1, aplicou-se um questionário diagnóstico online (Google Forms), que teve a participação de 30 estudantes de duas diferentes turmas da 3ª série do Ensino Médio. O questionário serviu como uma verificação do conhecimento prévio sobre o conteúdo de campo magnético. Ao observar algumas perguntas do questionário diagnóstico apresentadas nas Figuras 4 a 8, observou-se que os estudantes possuem pouco conhecimento prévio sobre o assunto trabalhado.

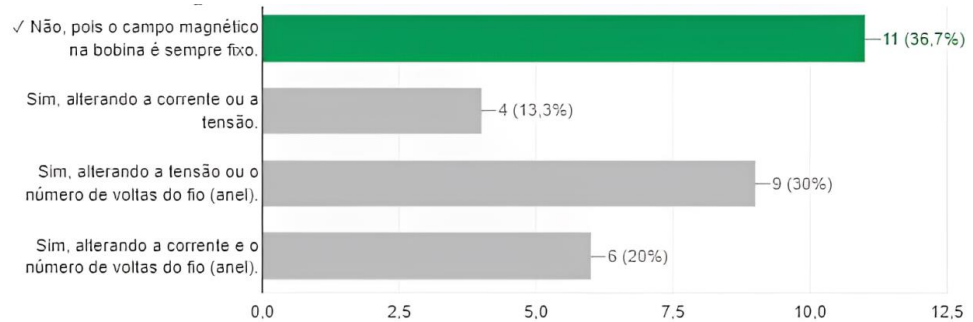
Figura 4 – Primeira pergunta do questionário diagnóstico realizado via Google Forms: "Quais são as fontes macroscópicas de campo magnético?".



Fonte: Acervo pessoal.

A Figura 4 mostra que apenas 16,7% dos estudantes responderam corretamente sobre fontes de campo magnético. Já a Figura 5 possui aproximadamente 37% de acerto, o que significa que há estudantes com dificuldades de entender o comportamento do campo magnético em bobina percorrida por corrente.

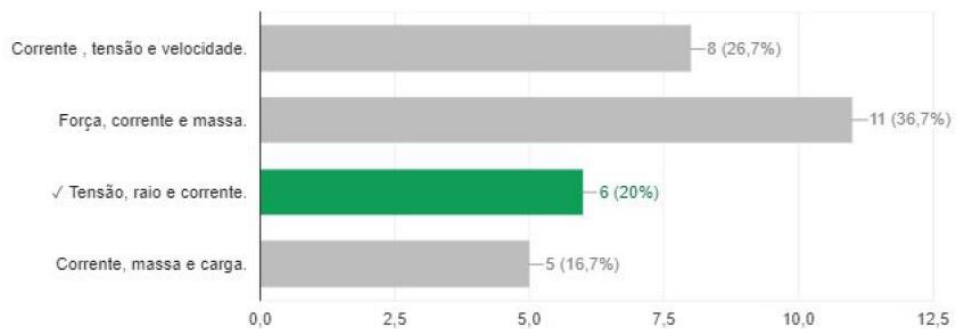
Figura 5 - Segunda pergunta do questionário diagnóstico realizado via Google Forms: “Um ímã possui campo magnético fixo e, por este motivo, ele não pode ser controlado. É possível controlar o campo magnético em uma bobina percorrida por corrente? Marque a alternativa INCORRETA”.



Fonte: Acervo pessoal.

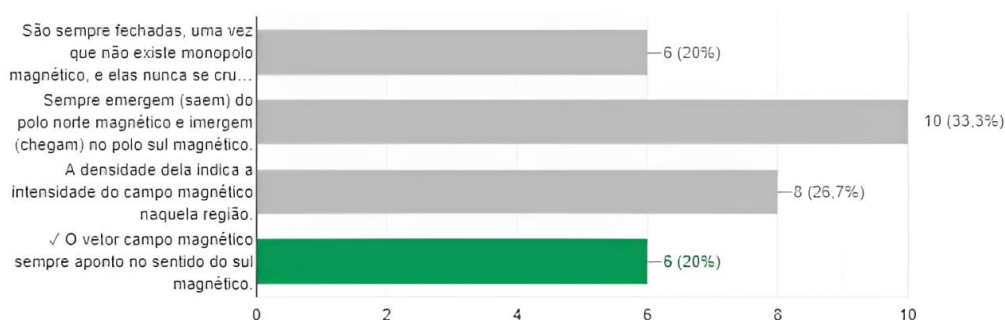
Nas Figura 6 e 7 pode-se perceber que, embora haja uma quantidade considerável de estudantes que marcaram a opção correta, a maioria deles (soma de todas as outras opções) carecem de aprendizado sobre o conteúdo abordado neste trabalho.

Figura 6 - Terceira pergunta do questionário diagnóstico realizado via Google Forms: "Quais são as grandezas físicas macroscópicas associadas ao campo magnético?".



Fonte: Acervo pessoal.

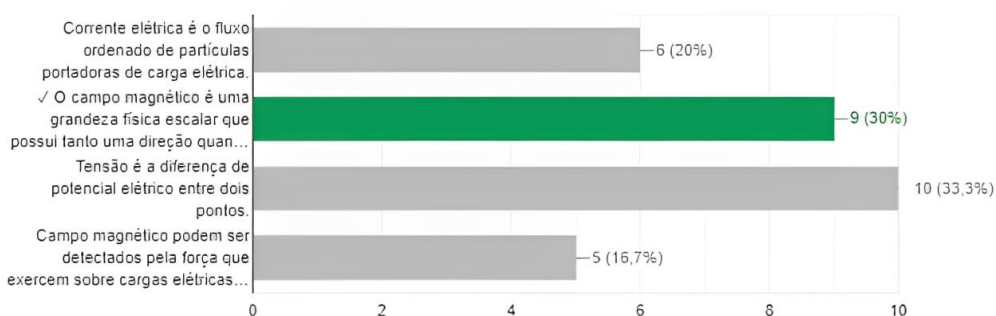
Figura 7 - Quarta pergunta do questionário diagnóstico realizado via Google Forms: "Linhas de campo magnético (indução) são representadas pela tangente do vetor campo magnético naquela região do espaço. Marque a opção que NÃO representa uma das propriedades das linhas de campo magnético".



Fonte: Acervo pessoal.

A Figura 8 mostra a última pergunta de múltipla escolha, na qual os estudantes deveriam marcar a opção incorreta, apenas 30 % dos estudantes acertaram. O maior número de acertos foi diante da segunda pergunta do questionário em que houve onze (11) acertos em relação às trinta (30) respostas, ou seja, aproximadamente 36,7%, mostrando que grande parte deles desconhecia o conteúdo.

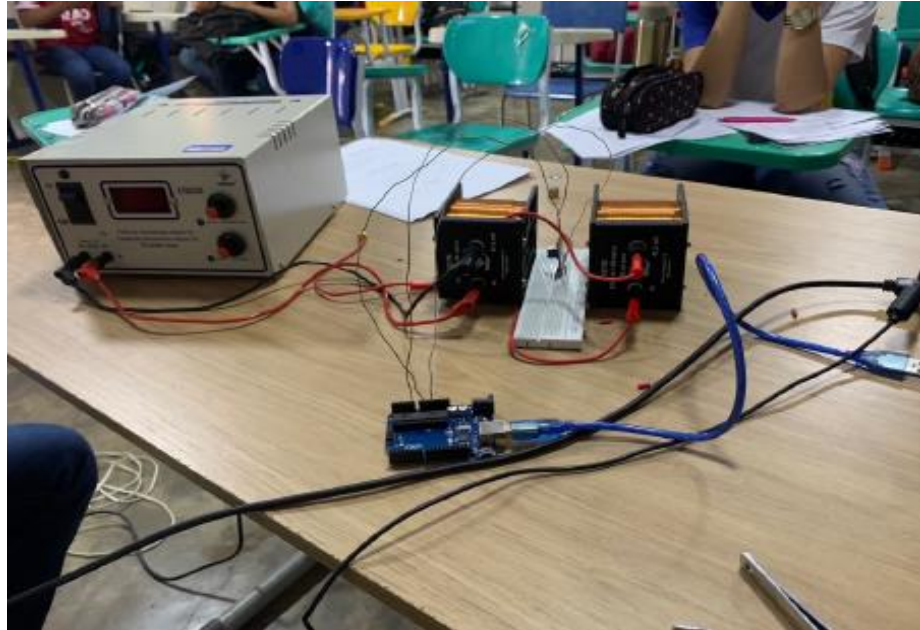
Figura 8 - Quinta pergunta do questionário diagnóstico realizado via Google Forms: "Marque a alternativa INCORRETA".



Fonte: Acervo pessoal.

Na Etapa 2 realizou-se uma aula expositiva sobre campo magnético e a aplicação experimental das medidas da presença de campo magnético. Os assuntos abordados na aula foram: origem do campo magnético, campo magnético terrestre, vetor campo magnético, ímã e suas propriedades, relação entre campo magnético e corrente elétrica em bobinas, entre outras curiosidades. O experimento consistia em fazer com que os estudantes identificassem a presença de campo magnético quando acendessem um led.

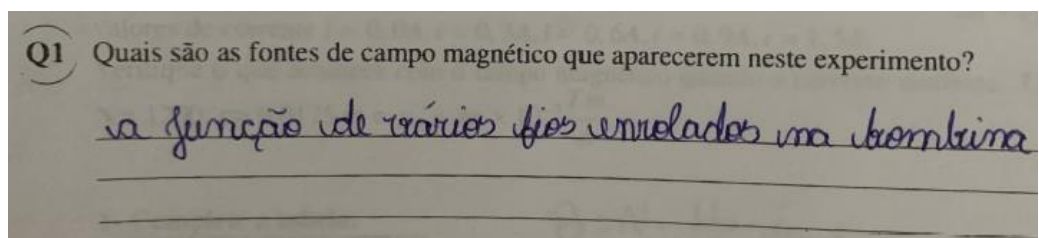
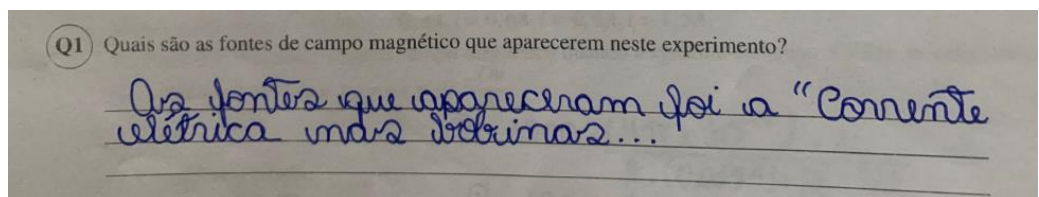
Figura 9 - Sistema de Hardware montado em conjunto com os estudantes.



Fonte: Acervo pessoal.

Após a primeira atividade experimental, os estudantes foram novamente submetidos a uma atividade diagnóstica, a qual serviu para acompanhar o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Na Figura 10, observa-se como alguns estudantes já conseguem associar que a passagem de corrente elétrica no interior da bobina gera campo magnético. Porém, ainda foi constatado que 45% dos estudantes não tiveram esse entendimento.

Figura 10 - Relato de estudantes sobre a primeira questão da atividade investigativa relacionada ao aparato experimental: "Quais são as fontes de campo magnético que aparecem neste experimento?".



Fonte: Acervo pessoal.

Na Figura 11 foi possível observar que os estudantes obtiveram, de forma intuitiva, a identificação de que a bobina consegue tornar o campo magnético mais intenso do que um fio reto. Um dos estudantes utiliza no relato adjetivos como "melhor para gerar campo magnético, mais intenso", verificando que ele entendeu a diferença entre a intensidade do campo magnético gerado por uma bobina e em um fio reto. Já o relato de outro estudante utiliza o termo força magnética ao invés de campo magnético. Entretanto, como não foi abordado força magnética durante esta etapa, acredita-se que ele tenha relacionado força magnética com a intensidade da corrente elétrica. 55% dos estudantes relataram que a bobina torna o campo magnético mais intenso e 45 % relacionaram a força magnética ao invés de campo magnético, o que revela que os estudantes conseguiram compreender o sistema de hardware e a relação dele com o campo magnético.

Figura 11 - Relato de estudantes sobre a segunda questão da atividade investigativa relacionada ao aparato experimental: "Por que utilizou-se uma bobina de cobre e não um fio de cobre na construção do aparato experimental?".

Q2 Por que utilizou-se uma bobina de cobre e não um fio de cobre na construção do aparato experimental?

Porque com bobinas é melhor por que sempre magnético mais intenso. Por, os fios serem enrolados eles são, gera menos campo magnético.

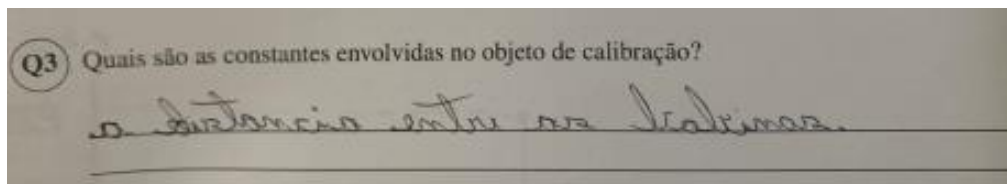
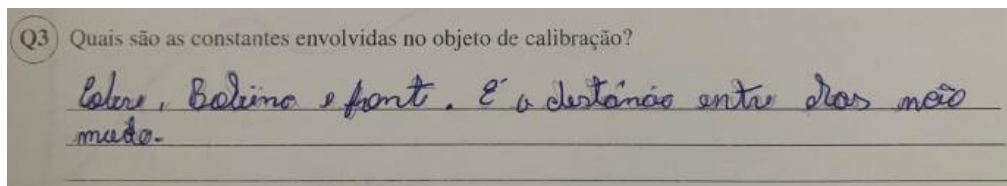
Q2 Por que utilizou-se uma bobina de cobre e não um fio de cobre na construção do aparato experimental?

Quanto mais volta o fio do, maior será a força magnética.

Fonte: Acervo pessoal.

Como pode ser visto na Figura 12, os estudantes identificaram que durante o processo experimental a distância entre as bobinas não se modifica e que a distância entre elas corresponde ao raio de acordo com a configuração utilizada, a de Helmholtz. Diante de todos os relatos feitos pelos estudantes, 80% deles citaram a distância entre as bobinas como constante e 45% relataram, além da distância entre as bobinas, outras constantes como: bobina, fonte e diâmetro do fio de cobre.

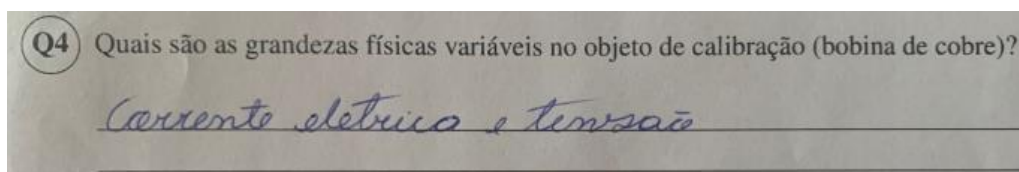
Figura 12 - Relato de estudantes sobre a terceira questão da atividade investigativa relacionada à calibração: "Quais são as constantes envolvidas no objeto de calibração?".



Fonte: Acervo pessoal.

De acordo com o relato do aluno apresentado na Figura 13 é possível verificar, através do sistema de softwares e hardwares, que as grandezas físicas que variam são corrente e tensão elétrica. Analisando todos os relatos efetuados, 40% dos estudantes citaram que as grandezas físicas que variam são corrente e tensão elétrica, 40% deles responderam apenas corrente elétrica, e 20 % colocaram somente tensão elétrica.

Figura 13 - Relato de um estudante sobre a quarta questão da atividade investigativa relacionada à calibração: "Quais são as grandezas físicas variáveis no objeto de calibração (bobina de cobre)?".



Fonte: Acervo pessoal.

Na Etapa 3 houve a aplicação da atividade investigativa experimental com medidas da intensidade do campo magnético com o intuito que os estudantes observassem a relação entre a tensão e o campo magnético com outras grandezas físicas, como por exemplo a corrente elétrica, verificando a proporcionalidade entre elas, conforme se alterasse a corrente na fonte. Os estudantes também deveriam relatar durante o processo final experimental, sua compreensão sobre o que ocorre com a tensão associada ao campo magnético quando aumenta a corrente elétrica. Observa-se a realização experimental com o grupo de estudantes na Figura 14.

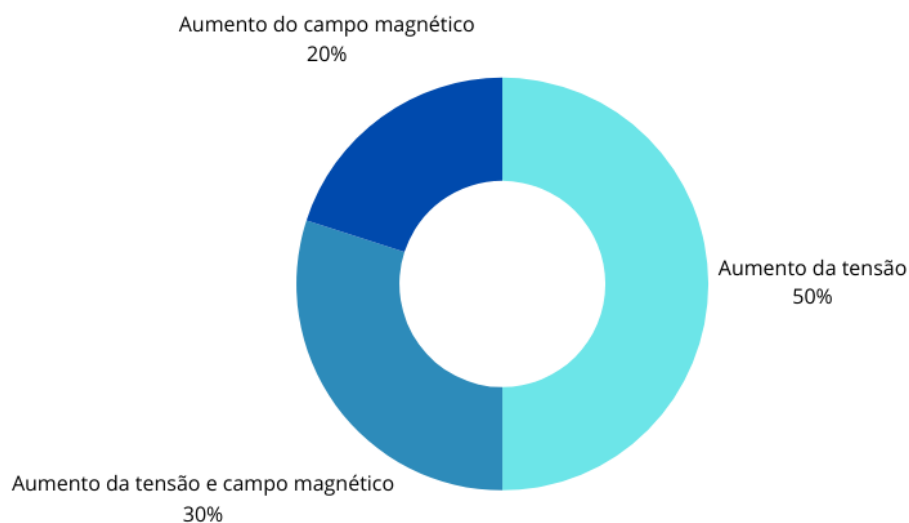
Figura 14 - Execução do problema experimental.



Fonte: Acervo pessoal.

Após a realização das atividades experimentais, os estudantes foram submetidos ao seguinte questionamento: **"O que acontece com a tensão ao longo do tempo quando se aumenta a corrente?"**. Analisando as respostas, notou-se que 50% dos estudantes relataram que a tensão aumenta, conforme pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 - Respostas dos estudantes acerca da questão da atividade investigativa relacionada a medidas de campo magnético: "O que acontece com a tensão ao longo do tempo quando se aumenta a corrente?".



Fonte: Acervo pessoal.

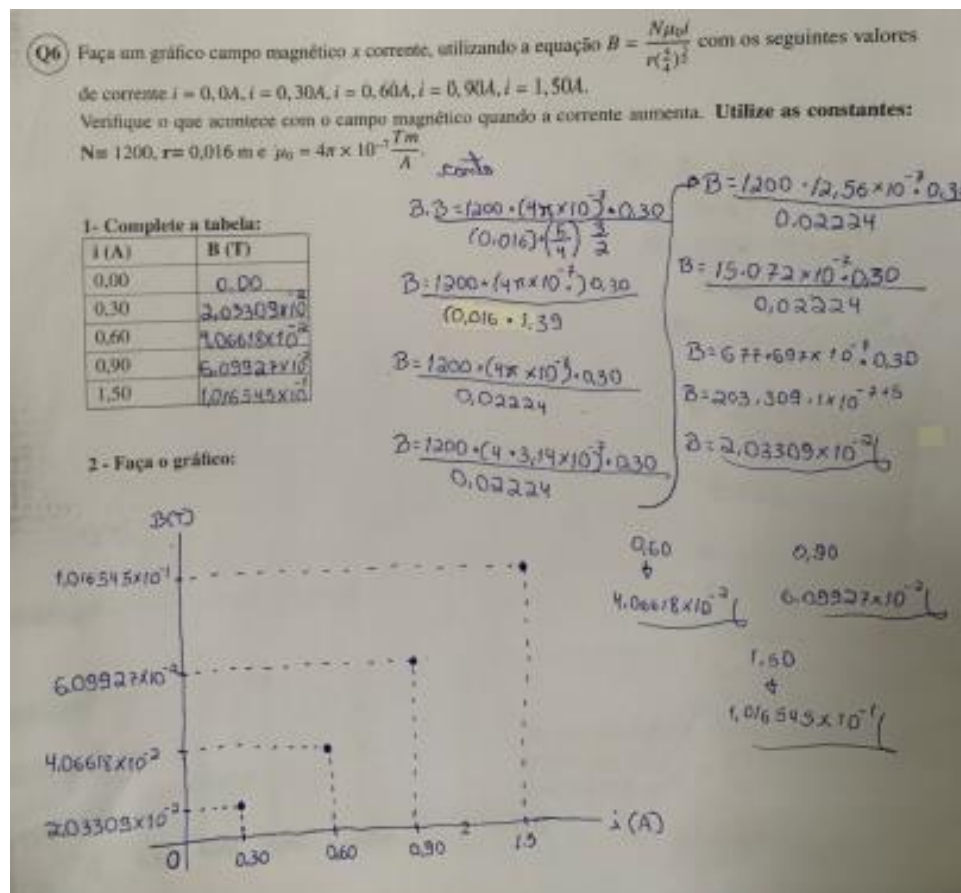
Embora somente 50% dos estudantes tenham respondido corretamente o que foi pedido, pode-se verificar que todos os relatos oriundos da Figura 15 possuem ligação direta ou indireta da corrente elétrica com outras grandezas físicas associadas ao campo magnético.

A última pergunta do roteiro da atividade investigativa (ver Figura 16), trouxe uma proposta de entendimento matemático no qual o estudante deveria efetuar um cálculo para determinar campo magnético a partir de certos valores de corrente elétrica e montar um gráfico a partir desses valores.

Figura 16 - Respostas de um dos estudantes acerca da questão da atividade investigativa relacionada a medidas de campo magnético: "Faça um gráfico campo magnético x corrente, utilizando a equação $B(z) = \frac{N\mu_0 i}{R(\frac{z}{4})^2}$

com os seguintes valores de corrente $i = 0,0A, i = 0,30A, i = 0,60 A, i = 0,90 A, i = 1,50 A$. Verifique o que acontece com o campo magnético quando a corrente aumenta. Utilize as constantes: $N = 1200$,

$r = 0,016m$ e $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} Tm/A$ ".



Fonte: Acervo pessoal.

Na Figura 16 é possível perceber que o referido estudante entendeu a proporcionalidade entre corrente e campo magnético (quando mais intenso o

campo maior será a corrente elétrica). Diante de todas as respostas, 90% dos estudantes conseguiram criar o gráfico e observar essa proporcionalidade e 10% não conseguiram e/ou deixaram em branco.

Um dado importante é que o estudante produziu o gráfico com escalas e valores aproximadamente corretos, mas não inseriu o ponto zero e nem ligou os pontos para gerar a reta. De qualquer forma, foi possível perceber que houve um avanço significativo tanto no conceito quanto na parte matemática sobre o conceito de campo magnético, considerando os resultados do questionário diagnóstico.

Desta forma, trabalhar com o efeito Hall e Arduino possibilita que os estudantes vejam na prática como circuitos eletrônicos podem ser influenciados por campos magnéticos. Com as medições de tensão por meio de um sensor de efeito Hall ao ser exposto aos campos magnéticos, eles conseguem fazer a ligação entre a teoria e a prática. Isso os auxilia a solidificar o que significa tanto visualmente como teoricamente ao verem o sentido dos campos magnéticos, a intensidade de um campo magnético e a correlação com que a corrente elétrica e o campo magnético se relacionam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste trabalho foi possível ensinar aos estudantes da 3ª série do Ensino Médio desta escola o conteúdo de campo magnético e a relação dele com outras grandezas físicas, como: corrente elétrica e tensão elétrica. Após o diálogo específico sobre o conteúdo, ficou claro que a experimentação em conjunto com as tecnologias digitais atualizadas em sala de aula, possibilitaram um avanço no processo de ensino-aprendizagem e o despertar no interesse pelos conteúdos de Física.

O uso da Sequência de Ensino Investigativo (SEI) gerou curiosidade sobre o tema analisado por meio da observação e experimentação e possibilitou que os estudantes fossem protagonistas de seu processo de aprendizado, lhe dando autonomia para aprender.

A SEI se mostrou uma ferramenta eficaz não só para o ensino de campo magnético, tensão e corrente elétrica, mas também nos estudos de programação e no desenvolvimento de ferramentas didáticas. Este trabalho possibilitou desenvolver o problema experimental inicial, em conjunto com o sistema de software e hardware dando espaço e oportunidade para que os estudantes pudessem criar hipóteses e testá-las.

Portanto, a análise qualitativa desta pesquisa sugere que a metodologia utilizada foi capaz de abordar o conteúdo de Física envolvido de forma intuitiva e prática capaz de gerar motivação e aprendizado dos estudantes.

Agradecimentos

Agradecemos ao curso de Licenciatura em Física e de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT) pelo apoio acadêmico, a Escola Campo e ao LABMADE pelo apoio logístico na realização das atividades.

O desenvolvimento desta pesquisa contou com auxílio financeiro da PROPESQ/UFNT. Edital n°11/2022.

O presente trabalho foi realizado com o apoio de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior - Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

Todos os autores declararam não haver quaisquer potenciais conflito de interesses referente a este artigo.

Referências Bibliográficas

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino de Física por Investigação: Referencial teórico e as pesquisas sobre as Sequências de Ensino Investigativas. **Ensino Em Revista**, v.22, n.2, p.249-266, 2015. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/0d98801c-d5ce-44ca-9036-15285f851474/Ensino+de+F%C3%ADsica+por+investiga%C3%A7%C3%A3o+%282015%29.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2024.

CHANSORIA, P.; CHRISTIANSEN, M. G.; SCHÜRLE-FINKE, S.; WONG, M. Z. Untethered: using remote magnetic fields for regenerative medicine. **Biotechnology Trends**, v. 41, n. 5, p. 615-631, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2022.09.003>.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. O ensino de ciências por investigação em construção: possibilidades de articulações entre os domínios conceitual, epistêmico e social do conhecimento científico em sala de aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, p. 687-719, 2020. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>.

KIM, H.; REDDY, V.; WOO, K. K.; JEONG, I.; HU, X. H.; KIM, C. G. Singlemagnetic bead detection in a microfluidic chip using planar Hall effect sensor. **Journal of Magnetism**, v. 19, n. 1, p. 10-14, 2014. <http://dx.doi.org/10.4283/JMAG.2014.19.1.010>.

LANDEAU, M., FOURNIER, A., NATAF, H. C. Sustaining Earth's magnetic dynamo. **Natureza Comentários Terra e Ambiente**, v.3, n. 3, p. 255-269, 2022. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00264-1>.

LIU, Z. Advances in Magnetic Materials Metal Containers and Magnetic Technologies. **Metals**, v. 13, n.7, p. 1318-1329, 2023. <https://doi.org/10.3390/met13071318>.

NIELSEN, M. A.; CHUANG, I. L. Quantum Computation and Quantum Information: **Cambridge University Press**. New York, p. 665, 2010. Disponível em: www.cambridge.org/9781107002173. Acesso em: 25 de jan. 2024.

PIAGET, J. A. Equilíbrio das estruturas cognitivas. **Zahar Editores**, Rio de Janeiro, 1976. Disponível em: https://www.estantevirtual.com.br/lumecultural/jean-piaget-a-equilibrao-das-estruturas-cognitivas-4476911469?show_suggestion=0. Acesso em: 5 jan. 2024.

QUYNH, L. K.; TU, B.D.; DANG, D. X.; VIET, D. Q.; HIEN, L. T.; HUONG, G. D. T. Detection of magnetic nanoparticles using simple AMR sensors in Wheatstone bridge, **Journal of Science: Advanced Materials and Devices**, v. 1, n. 1, p. 98-102, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2016.04.006>.

SILVA, S. F.; Elaboração de dispositivo eletrônico para abordagem experimental de campo magnético aplicado ao Ensino de Física. Orientadora: Pâmella Gonçalves Barreto Tronção. 2023. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional de Ensino de Física - MNPEF). Universidade Federal do Tocantins, UFT, Araguaína, 2023. Disponível em: <https://docs.uft.edu.br/share/s/leJaNiNkRJurC79Wimg2Kw>. Acesso em: 13 dezembro de 2023.

VYSKOCIL, J. Microcirurgia de células cancerosas através de bisturis assimétricos de superfície flexionada Au/Ag/Ni através de um campo magnético rotativo transversal. **ACS nano**, 2020, v. 14, n. 7, p. 8247-8256. <http://dx.doi.org/10.1021/acsnano.0c01705>.

YAN, X.; LI, G.; YU Z.; LIU, G.; YANG, C.; HU, J.; WANG, K. Avanços em Sistemas Fotoeletroquímicos Assistidos por Campo Magnético para Conversão Altamente Eficiente de Energia Renovável. **Adv. Mater. Interfaces**, Alemanha, v. 8, n. 8, 2021. <https://doi.org/10.1002/admi.202100446>.