



## Teaching Stability in Physics: Problem-Solving with Neuroeducation

# Ensino de Estabilidade em Física: Resolução de Problemas com Neuroeducação

BRANDÃO, Daniel Nicolau<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> 0000-0002-0291-8638; Universidade Estadual de Alagoas. Arapiraca, AL, Brasil. [daniel.brandao@uneal.edu.br](mailto:daniel.brandao@uneal.edu.br).

### ABSTRACT

The concept of stability in physics is often taught through traditional methods, focusing on theoretical explanations and formulaic problem-solving. However, this approach can sometimes fail to capture students' interest or help them truly grasp the subject. In this article, we present a didactic sequence designed to make teaching stability more engaging and meaningful. By integrating problem-solving strategies with principles of neuroeducation, the sequence is structured into five stages: introducing the concept of stability, identifying challenging problems, developing strategies to solve them, applying these strategies, and finally, conducting an evaluation that considers learning holistically. We believe this methodology not only fosters a deeper understanding of stability but also enhances student engagement and promotes long-term retention of knowledge. This proposal was developed through a careful literature review and analysis of existing didactic approaches, aiming to address the specific challenges of teaching stability in physics teacher education programs.

### RESUMO

O conceito de estabilidade em física é, muitas vezes, ensinado de forma tradicional, com foco em explicações teóricas e resolução de problemas com base em fórmulas. No entanto, essa abordagem pode não despertar o interesse dos alunos ou ajudá-los a compreender verdadeiramente o tema. Neste artigo, apresentamos uma proposta de sequência didática que busca tornar o ensino de estabilidade mais envolvente e significativo. Utilizando a resolução de problemas e integrando princípios da neuroeducação, a proposta é dividida em cinco etapas: introdução ao conceito de estabilidade, identificação de problemas que desafiem os alunos, desenvolvimento de estratégias para solucioná-los, aplicação dessas estratégias e, por fim, uma avaliação que considera o aprendizado de forma holística. Acreditamos que essa metodologia não apenas facilita uma compreensão mais profunda do conceito de estabilidade, mas também estimula o engajamento e a retenção duradoura do conhecimento. Esta proposta foi desenvolvida a partir de uma revisão cuidadosa da literatura e da análise de abordagens didáticas existentes, com o objetivo de enfrentar os desafios específicos do ensino de estabilidade em cursos de licenciatura em física.

### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

#### *Histórico do Artigo:*

Submetido: 25/06/2024

Aprovado: 26/08/2024

Publicação: 30/08/2024



#### **Keywords:**

Didactic Sequence.  
Stability. Problem-Solving.  
Neuroeducation. Physics  
Education.

#### **Palavras-Chave:**

Sequência Didática.  
Estabilidade. Resolução de  
Problemas. Neuroeducação.  
Ensino de Física.

## Introdução

O ensino do conceito de estabilidade é uma peça fundamental nos cursos de Licenciatura em Física, pois compreender a estabilidade é crucial para entender uma ampla gama de fenômenos físicos. No contexto da física, o conceito de estabilidade pode ser definido como a capacidade de um sistema físico em retornar a um estado de equilíbrio após sofrer uma perturbação. De acordo com Halliday et al. (2016), um sistema físico está em equilíbrio estável quando ele retorna a sua posição de equilíbrio original após sofrer uma pequena perturbação. Já em um equilíbrio instável, a perturbação resulta em um afastamento ainda maior do sistema de sua posição original, enquanto em um equilíbrio indiferente, a perturbação não provoca nenhum efeito sobre o sistema. O conceito de estabilidade é amplamente utilizado em diversas áreas da física, incluindo a mecânica, a termodinâmica e a eletricidade e magnetismo.

Com o objetivo de auxiliar professores no ensino de estabilidade, este artigo propõe uma sequência didática baseada na estratégia de resolução de problemas, utilizando uma abordagem da neuroeducação. Esta abordagem tem como base os estudos sobre o funcionamento do cérebro e sua relação com o processo de aprendizagem.

A neuroeducação é um campo de pesquisa interdisciplinar que busca aplicar conhecimentos da neurociência para aprimorar a educação. Dessa forma, ao utilizar estratégias de ensino que levem em conta as formas como o cérebro aprende, podemos aumentar a possibilidade de ocorrer uma aprendizagem efetiva e contribuir para a retenção do conhecimento.

De acordo com Guillén (2017), o aprendizado tem sua base neurobiológica nas comunicações complexas entre os neurônios, que ocorrem por meio de sinais elétricos no neurônio e de substâncias químicas liberadas entre eles, conhecidas como neurotransmissores. Alguns neurotransmissores bem conhecidos têm grandes repercussões na sala de aula, como altos níveis de dopamina associados a motivação dos alunos para brincarem, os altos níveis de serotonina associados ao riso, a baixa quantidade de noradrenalina que pode causar distração e a baixa quantidade de acetilcolina que pode levar ao sono em uma explicação que o aluno possa vir a considerar como tediosa.

Para Herculano-Houzel (2019), a neuroeducação é uma abordagem promissora para o ensino de física, uma vez que permite adaptar as estratégias de ensino de acordo com as necessidades individuais dos alunos, levando em conta as diferenças cognitivas e emocionais.

O método de resolução de problemas é uma estratégia de ensino que estimula a participação ativa dos alunos na busca de soluções para problemas práticos, sendo amplamente utilizado no ensino de física. Essa abordagem permite que os alunos apliquem conceitos teóricos em situações reais e desenvolvam habilidades de análise, síntese e avaliação (Bonjolo, 2015).

Sendo assim, a resolução de problemas é proposta como um método útil para levar o aluno a uma melhor compreensão de conceitos pois, através da resolução de problemas, os

estudantes são incentivados a desenvolver habilidades de pensamento crítico e criativo, além de melhorar sua capacidade de aplicar conceitos teóricos em situações práticas.

Nesse contexto, nossa sequência didática enfatiza a resolução de problemas como uma estratégia de ensino que promove a ativação de áreas cerebrais relacionadas à memória e à compreensão. A sequência inclui a apresentação de problemas que envolvem situações reais e cotidianas, a fim de tornar o conteúdo mais relevante e significativo para os estudantes. Além disso, são utilizadas atividades que estimulam a metacognição e a autorregulação dos processos de aprendizagem, tais como reflexões individuais e em grupo sobre as estratégias utilizadas para a resolução dos problemas.

Ao longo deste artigo, serão apresentados alguns dos principais fundamentos teóricos da abordagem da neuroeducação e como eles podem ser aplicados no ensino de estabilidade. Também serão apresentados exemplos práticos de problemas que podem ser utilizados na sequência didática proposta, bem como estratégias pedagógicas que levam em conta as diferenças individuais dos estudantes.

Esta pesquisa pretende apenas propor a sequência, sem efetivamente aplicá-la em sala de aula, explorando como o conceito de estabilidade pode ser trabalhado utilizando a estratégia de resolução de problemas, com base em pressupostos da neuroeducação. O intuito é ampliar o conhecimento sobre o ensino de Física e identificar possibilidades para pesquisas futuras.

### **Referencial teórico**

O ensino de física pode ser bastante desafiador, especialmente quando se trata de conceitos abstratos como a estabilidade. Nesse sentido, é importante buscar estratégias pedagógicas que facilitem a aprendizagem dos alunos, promovendo uma compreensão mais significativa dos conceitos envolvidos. Uma possibilidade é utilizar a resolução de problemas como estratégia de ensino em um viés da neuroeducação, visando aproveitar os conhecimentos da neurociência para aprimorar processos na educação. Neste referencial teórico, serão apresentados alguns conceitos e referências bibliográficas que embasam essa proposta.

O primeiro conceito importante para o ensino de Física, tendo em vista a sua interdisciplinaridade é o da aprendizagem significativa que Ausubel (2003) definiu como aquela em que o novo conteúdo é integrado aos conhecimentos prévios do aluno de forma não-arbitrária e não-mecânica. Ou seja, a aprendizagem é significativa quando há uma relação não-arbitrária e relevante entre o novo conteúdo e o conhecimento prévio do aluno. Sendo assim, para que a aprendizagem seja significativa, é necessário que haja uma relação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do aluno, de modo que o novo conhecimento possa ser incorporado à sua estrutura cognitiva de maneira significativa e duradoura.

Nessa abordagem, o professor desempenha um papel importante em ajudar os alunos a fazerem conexões entre o novo conhecimento e seus conhecimentos prévios, fornecendo

exemplos e situações do mundo real para ilustrar conceitos abstratos, além de criar atividades que promovam a reflexão e a aplicação prática do conhecimento adquirido.

A neuroeducação é considerada um paradigma educacional, que busca integrar os conhecimentos da neurociência com a prática educativa, e tem mostrado caminhos para que o aluno possa alcançar uma aprendizagem significativa. Rotta et al. (2018) afirmam que o desenvolvimento de novos conhecimentos e comportamentos é a principal finalidade da educação, e isso ocorre por meio do processo de aprendizagem. Para adquirirmos competências que nos permitam realizar tarefas ou resolver problemas, é necessário passar pelo processo de ensino e aprendizagem. Esse aprendizado é possível graças à atividade cerebral, que engloba sensações, percepções, ações motoras, emoções, pensamentos, ideias e decisões, todas associadas ao funcionamento do cérebro.

Mora (2017) nos diz que a neuroeducação se utiliza da neurociência para encontrar formas de aplicar em sala de aula os conhecimentos sobre os processos cerebrais relacionados às emoções, curiosidade e atenção, e como esses processos podem estimular a aprendizagem e a memória.

Dentre os métodos que podem ser utilizados para que o aluno consiga atingir uma aprendizagem significativa, a resolução de problemas é uma importante estratégia de aprendizagem que pode ser aplicada em diferentes áreas do conhecimento, incluindo a física. De acordo com Polya (1945), a resolução de problemas consiste em um processo que envolve a compreensão do problema, a elaboração de um plano de ação, a execução desse plano e a avaliação dos resultados obtidos. Para Schoenfeld (1992), a resolução de problemas pode ser vista como um processo cognitivo complexo, que envolve não apenas habilidades matemáticas, mas também o uso de estratégias metacognitivas e a construção de um significado para o problema em questão.

No ensino de física, o uso da resolução de problemas tem sido amplamente discutido na literatura, especialmente no contexto do ensino por investigação. Segundo McDermott e Redish (1999), a pesquisa em ensino de física tem se concentrado na identificação das dificuldades dos estudantes em relação aos conceitos físicos e na elaboração de estratégias de ensino que possam contribuir para a construção de um conhecimento mais significativo.

A pesquisa realizada por Costa et al (2016), Resolução de problemas como estratégia para o ensino de campo elétrico no ensino médio, que utilizou a resolução de problemas no ensino de física e obteve resultados positivos. Os autores aplicaram uma sequência didática com resolução de problemas para ensinar o conceito de campo elétrico a alunos do ensino médio. Foi observado um aumento significativo no desempenho dos alunos na resolução de problemas, bem como uma melhora na compreensão do conceito em questão. Os autores concluíram que a resolução de problemas é uma metodologia efetiva para o ensino de física, que pode contribuir para a melhoria da aprendizagem e da compreensão dos conceitos pelos alunos.

Outra pesquisa que utilizou a resolução de problemas no ensino de física associado ao ensino por investigação, foi realizada por Carvalho e colaboradores (2015). Nessa pesquisa, os autores aplicaram uma sequência didática com resolução de problemas para ensinar o conceito de lei de Ohm a alunos do ensino médio. Foi observado que os alunos apresentaram um melhor desempenho na resolução de problemas e uma maior compreensão do conceito de lei de Ohm após a aplicação da sequência didática.

Já Sousa e colaboradores (2020) aplicaram uma sequência didática utilizando a resolução de problemas e a técnica de mapas mentais no ensino de cinemática a alunos do ensino médio. Para isso, foram utilizados questionários para avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre o conteúdo, bem como o engajamento nas atividades e a compreensão do conteúdo após a aplicação da sequência didática. Os resultados mostraram que houve um aumento significativo no engajamento dos alunos nas atividades, bem como uma melhora na compreensão do conteúdo após a aplicação da sequência didática. Além disso, foi observado que a utilização da técnica de mapas mentais auxiliou na organização do conhecimento dos alunos, possibilitando um processo de aprendizagem efetivo. Esses resultados reforçam a importância da utilização de metodologias em que os alunos são protagonistas de seu próprio aprendizado no ensino de física, como a resolução de problemas e a utilização de técnicas de neuroeducação, que podem contribuir para uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos.

Dessa forma, a proposição de uma sequência didática para o ensino de estabilidade em um curso de licenciatura em física, utilizando a estratégia de resolução de problemas e pressupostos da neuroeducação, pode ser uma alternativa para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem nessa área do conhecimento.

## **Metodologia**

A pesquisa exploratória tem como objetivo explorar e conhecer melhor um determinado tema, identificando suas principais características, lacunas e possibilidades de pesquisa. De acordo com Gil (2008), a pesquisa exploratória é indicada quando o tema abordado é pouco conhecido ou pouco estudado, ou quando se deseja obter uma visão mais ampla e abrangente sobre o assunto.

Segundo Marconi e Lakatos (2017), a pesquisa exploratória é um tipo de pesquisa que busca descobrir novos aspectos de uma realidade pouco conhecida, identificar novos problemas e compreender fenômenos complexos. Para essas autoras, a pesquisa exploratória tem como principal objetivo a formulação de questões e hipóteses para pesquisas posteriores.

Dessa forma, a proposição de uma sequência didática para o ensino de estabilidade em física, utilizando a resolução de problemas associada a neuroeducação, pode ser considerada uma pesquisa exploratória, uma vez que busca explorar as possibilidades dessas abordagens para o ensino de um conceito específico e identificar novos aspectos que possam ser objeto de estudo em pesquisas futuras.

Para compor a sequência didática, foi necessário realizar uma coleta de dados bibliográfica por meio de uma revisão de literatura sobre o tema. Para tanto, foi feita uma busca sistemática nas bases de dados Scielo e Google Scholar, a fim de se obter acesso a livros e artigos relacionados à temática da neuroeducação, resolução de problemas e ensino de estabilidade em física. A partir dessa revisão da literatura, foi possível construir o referencial teórico para embasar a proposta de sequência didática.

### **Proposta de sequência didática**

A seção que trata da sequência didática constitui-se como uma das partes mais importantes deste artigo, pois apresenta a proposta de ensino de estabilidade em um curso de licenciatura em física, utilizando a combinação da estratégia de resolução de problemas com uma abordagem neuroeducacional. Nessa seção, serão apresentados os objetivos, as etapas e as atividades propostas para a sequência didática, visando auxiliar o professor na organização do processo de ensino e aprendizagem. A seguir, serão descritas as atividades em detalhes, indicando os objetivos específicos e os recursos necessários para a sua realização. Além disso, serão apresentadas justificativas teóricas para a utilização da resolução de problemas e da neuroeducação no ensino de estabilidade, bem como os principais resultados de pesquisas que utilizaram essa abordagem no ensino de física.

#### Objetivos Específicos:

1. Compreender o conceito de estabilidade e sua relação com as leis da física;
2. Identificar as variáveis envolvidas na estabilidade de um sistema físico;
3. Aplicar a resolução de problemas para análise de sistemas estáveis e instáveis;
4. Desenvolver habilidades cognitivas, como atenção seletiva, memória de trabalho e tomada de decisão, por meio de práticas baseadas em neuroeducação;
5. Utilizar ferramentas tecnológicas, como softwares de simulação e modelagem, para a visualização e análise de sistemas estáveis e instáveis.

#### Recursos necessários para aplicação da sequência didática:

- Quadro branco e marcadores;
- Computadores com acesso à internet e softwares de simulação e modelagem (por exemplo, PhET Simulations, Tracker etc.);
- Problemas propostos para a resolução em sala de aula;

#### Etapas:

1. Introdução ao conceito de estabilidade: nesta etapa, o professor irá apresentar o conceito de estabilidade, seus tipos e exemplos de aplicação em diferentes contextos. Pode ser explorado exemplos de objetos em equilíbrio e os fatores que influenciam na sua estabilidade.
2. Atividades de resolução de problemas: nesta etapa, serão propostos aos alunos problemas relacionados ao tema de estabilidade. Os problemas devem ser elaborados de

forma que os alunos precisem utilizar os conceitos de estabilidade para resolvê-los. É importante que os alunos trabalhem em grupo para que possam discutir as soluções e trocar conhecimentos. Citemos dois exemplos que podem ser usados pelo professor para introduzir os conceitos:

### **Problema 1: Estabilidade de uma Ponte Suspensa**

*Contexto:* Imagine que você está em uma ponte suspensa, que atravessa um rio, em um dia de vento forte. De repente, a ponte começa a balançar de um lado para o outro, e você se pergunta o que está causando isso.

*Problema:* Como você explicaria o comportamento da ponte ao balançar? Quais fatores poderiam estar afetando a estabilidade da ponte durante os ventos fortes? Use os conceitos de força, momento de inércia e centro de massa para entender o que está acontecendo. O que poderia ser feito para tornar a ponte mais estável nessas condições?

### **Problema 2: Estabilidade de um Objeto em Superfície Inclinada**

*Contexto:* Pense em uma situação do cotidiano, como quando você coloca um livro ou uma caixa sobre uma superfície inclinada. À medida que inclina a superfície, você percebe que o objeto pode começar a deslizar ou até tombar.

*Questão:* Em que momento o objeto perde a estabilidade e começa a deslizar ou tombar? Que fatores influenciam esse comportamento, como a gravidade, o atrito e a posição do centro de massa? Use esses conceitos para explicar como o ângulo de inclinação afeta a estabilidade do objeto e calcule o ângulo crítico onde a estabilidade é perdida.

3. **Atividades neuroeducação:** nesta etapa, serão utilizadas técnicas de neuroeducação para auxiliar os alunos na aprendizagem dos conteúdos. Uma das técnicas que podem ser utilizadas é a elaboração de mapas mentais, que ajuda a organizar o conhecimento e a relacionar conceitos. Além disso, pode-se utilizar outras técnicas como a gamificação, que consiste em transformar o processo de aprendizagem em um jogo ou ainda o *storytelling* que, segundo Lôbo et al. (2024), é uma estratégia eficaz para enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, promove um ambiente de aprendizado mais dinâmico e significativo. Essa metodologia ajuda a engajar os alunos ao conectar o conteúdo acadêmico com narrativas que despertam o interesse e facilitam a compreensão, resultando em uma melhor retenção do conhecimento e no desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas.
4. **Discussão em grupo:** nesta etapa, os alunos irão se reunir em grupos para discutir as soluções dos problemas propostos, bem como para apresentar e discutir seus mapas mentais. É importante que o professor estimule a participação e a troca de ideias entre os alunos, de forma que todos possam contribuir para a discussão.

5. **Avaliação:** nesta etapa, serão aplicadas avaliações para verificar o nível de compreensão dos alunos sobre o tema de estabilidade. É importante que as avaliações sejam elaboradas de forma que os alunos precisem aplicar os conceitos de estabilidade para resolvê-las.

Essa sequência didática busca proporcionar uma aprendizagem significativa dos conteúdos sobre estabilidade, utilizando a resolução de problemas e a neuroeducação como metodologias em que os alunos são protagonistas no processo de ensino e aprendizagem. Para a aplicação da sequência em sala de aula, o professor deve considerar os seguintes pontos durante a elaboração das etapas:

1. **Sensibilização:** nesta etapa, o professor deve despertar o interesse dos alunos pelo tema da estabilidade, utilizando exemplos do cotidiano, experimentos e vídeos explicativos.
2. **Estabelecimento de conceitos básicos:** nesta etapa, o professor deve apresentar conceitos básicos como força, torque, momento de inércia, centro de massa, equilíbrio estático e dinâmico, dentre outros.
3. **Aplicação dos conceitos:** nesta etapa, o professor deve propor problemas práticos envolvendo situações de equilíbrio, rotação e oscilações, para que os alunos apliquem os conceitos aprendidos na etapa anterior.
4. **Estudo de casos:** nesta etapa, o professor deve apresentar casos reais que exemplifiquem a importância dos conceitos de estabilidade no cotidiano, como por exemplo, na construção de pontes, edifícios, veículos, equipamentos de segurança etc.
5. **Resolução de problemas complexos:** nesta etapa, o professor deve propor problemas mais complexos que exijam a integração de vários conceitos aprendidos nas etapas anteriores, utilizando a resolução de problemas como metodologia. O professor pode introduzir cenários onde os alunos devem considerar variáveis como forças externas, mudanças de temperatura ou alterações nas condições iniciais de um sistema. Tais problemas exigem que os alunos apliquem o que aprenderam de maneiras novas e criativas, muitas vezes necessitando de análise detalhada, uso de simulações ou modelagem matemática.
6. **Reflexão e metacognição:** nesta etapa, o professor deve incentivar a reflexão dos alunos sobre o processo de aprendizagem, estimulando a metacognição, para que os alunos possam identificar suas dificuldades e suas estratégias de aprendizagem.
7. **Avaliação:** nesta etapa, o professor deve avaliar o desempenho dos alunos utilizando diferentes instrumentos, como provas, trabalhos, relatórios, entre outros. Além disso, é importante incorporar a avaliação formativa ao longo do processo de aprendizagem, permitindo que os alunos identifiquem e corrijam suas dificuldades de forma contínua. Para enriquecer essa etapa, o professor também pode integrar atividades neuroeducativas, que têm como objetivo retroalimentar o processo de aprendizagem. Por exemplo, o professor pode utilizar **mapas mentais** para que os alunos visualizem e organizem

seus conhecimentos sobre os conceitos estudados, facilitando a identificação de lacunas e promovendo a integração de novas informações. Outra estratégia é a utilização de **diálogos reflexivos** em que os alunos discutem em grupos como abordaram um problema específico, o que aprenderam e como poderiam melhorar suas abordagens futuras. **Exercícios de autorregulação**, como manter um diário de aprendizagem onde os alunos registram suas dificuldades e sucessos ao longo do tempo, também podem ser utilizados para incentivar a metacognição e ajudar os alunos a ajustar suas estratégias de estudo.

É importante lembrar que a resolução de problemas deve estar presente em todas as etapas, pois é uma metodologia eficiente para desenvolver habilidades cognitivas e metacognitivas nos alunos. Por exemplo, a **habilidade cognitiva de análise crítica** será desenvolvida à medida que os alunos avaliam e interpretam diferentes aspectos dos problemas apresentados. Já a **habilidade metacognitiva de autorregulação** será fortalecida ao incentivar os alunos a monitorar e ajustar suas estratégias de resolução de problemas, refletindo sobre o que funcionou e o que pode ser melhorado.

Além disso, a neuroeducação deve ser utilizada como uma abordagem pedagógica que leva em consideração as descobertas da neurociência sobre o funcionamento do cérebro durante o processo de aprendizagem. Nesta sequência didática, a neuroeducação está presente em diferentes etapas, como na escolha dos problemas a serem resolvidos, no uso de metáforas e analogias para facilitar a compreensão dos conceitos, na utilização de feedbacks imediatos para reforçar as conexões neuronais e na promoção de atividades que estimulam a curiosidade e a motivação dos estudantes.

## Conclusão

A proposta de uma sequência didática para o ensino de estabilidade, em um curso de licenciatura em física, que utiliza a resolução de problemas e princípios de neuroeducação, mostra-se uma estratégia promissora para o aperfeiçoamento da aprendizagem dos estudantes. A abordagem dessa temática de forma mais dinâmica e desafiadora pode contribuir para a compreensão mais profunda de conceitos relacionados à estabilidade em física, o que pode refletir em uma aprendizagem mais satisfatória.

A utilização da neuroeducação no processo de ensino e aprendizagem tem se mostrado uma abordagem eficaz para estimular a motivação e a atenção dos alunos. Nesse sentido, a aplicação da metodologia de resolução de problemas associada a estratégias de neuroeducação, pode se constituir uma maneira inovadora de ensinar conceitos mais abstratos da física e de torná-los mais atraentes e interessantes.

Portanto, a presente proposta pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias didáticas mais dinâmicas e eficazes no ensino de estabilidade em física, permitindo que os estudantes sejam capazes de compreender e aplicar esses conceitos de forma mais significativa e

autônoma. É importante ressaltar que essa proposta pode ser adaptada e aprimorada de acordo com as necessidades e particularidades de cada grupo de estudantes, possibilitando um processo de ensino e aprendizagem personalizados.

## REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. São Paulo: Plátano Edições Técnicas.
- Bonjolo, É. L. (2015). A resolução de problemas no ensino de física. *Revista Prática Docente*, 1(1), 1-14.
- Carvalho, A. M. P., Falcão, T. P., & Gomes, R. M. (2015). Resolução de problemas como estratégia de ensino em física: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(2), 1-12.
- Costa, V. B., Silva, M. A., Oliveira, J. P., Santos, A. L., & Gomes, R. F. (2016). Resolução de problemas em física: Uma proposta baseada em estratégias de resolução. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(3), 1-10. <https://doi.org/10.1590/S1806-11173812002>
- Costa, V. M. R., Sousa, A. L. S., Ribeiro, S. M., & Fernandes, P. C. (2016). Resolução de problemas como estratégia para o ensino de campo elétrico no ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(1), e1301. <https://doi.org/10.1590/S1806-11173812002>
- Gil, A. C. (2018). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (7<sup>a</sup> ed.). Atlas.
- Guillén, J. C. (2017). *Neuroeducación en el aula: De la teoría a la práctica*. Barcelona: Createspace Independent Publishing Platform.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2016). *Fundamentos de Física*. Volume 2. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC.
- Herculano-Houzel, S. (2019). Neuroeducación y aprendizaje de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 81-89.
- Lôbo, I. M., Assis, A. H. S., Gonthier, H. A., Pereira, S. M. J., & Vicente, R. D. (2024). O papel do storytelling na melhoria da qualidade educacional em escolas públicas de ensino fundamental. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(04), 1454-1461. <https://doi.org/10.51891/rease.v10i4.13719>
- Marconi, M. de A., & Lakatos, E. M. (2017). *Fundamentos de metodologia científica* (8<sup>a</sup> ed.). Atlas.
- Mcdermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767.
- Mora, F. (2017). *Neuroeducación: Solo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid: Alianza Editorial.
- Polya, G. (1945). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton: Princeton University Press.
- Rotta, N. T., Bridi Filho, C. A., & Bridi, F. R. (2018). *Plasticidade cerebral e aprendizagem: abordagem multidisciplinar*. Porto Alegre: Penso.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334-370). Macmillan.

Sousa, A. S., Ribeiro, S. B., Santos, A. S., Candido, R. B., & Cruz, A. C. (2020). A utilização da neuroeducação e a resolução de problemas na aprendizagem da cinemática no Ensino Médio. *Research, Society and Development*, 9(4), e199432040. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4>