



## Ensino da Teoria da Relatividade Restrita na prática: dilatação temporal e contração espacial com Múons

Tiago Martins Moura<sup>1</sup>, Cristiane de Carvalho Ferreira Lima Moura<sup>2</sup>

### Como Citar:

MOURA, Tiago Martins; MOURA, Cristiane de Carvalho Ferreira Lima. Ensino da Teoria Relatividade Restrita na prática: Dilatação temporal e contração espacial com Múons. Revista Sociedade Científica, vol.7, n. 1, p.4089-4095, 2024. <https://doi.org/10.61411/rsc202473017>

DOI: 10.61411/rsc202473017

Área do conhecimento: Ensino de Física.

Sub-área: Ensino de Ciências.

Palavras-chaves: Teoria Relatividade Restrita; Dilatação temporal; Contração espacial; Múons; Ensino de Física contemporâneo.

Publicado: 06 de setembro de 2024.

### Resumo

Por década o Ensino de Física tenta contornar o problema de contextualizar, torna mais acessível e menos abstrato o ensino de alguma de suas temáticas. A Teoria da Relatividade Restrita, formulada por Einstein, alicerce da Física Moderna e Contemporânea, é uma delas. Para Freire<sup>6</sup>, a educação deve ser um processo contextualizado na tentativa de engajar e conectar os alunos, possibilitar sua problematização para reflexão<sup>2</sup>. Foi feita uma pesquisa na Digital Brasileira de Teses e Dissertações a fim de mapear um panorama de pesquisa nesta temática que trouxe apenas três resultados. Estes, justificam a necessidade do propósito deste artigo. Dito isso, este artigo tem o objetivo de materializar uma proposta de Ensino de Física contemporânea sobre o ensino prático da dilatação temporal e contração espacial, da Teoria da Relatividade Restrita, por meio das Múons. O referencial teórico constitui-se nos princípios desta teoria, conhecimento de partículas Múons e na proposição de situações problemáticas abertas que os alunos possam considerar de interesse, conforme Gil-Pérez<sup>7</sup> e Cachapuz<sup>3</sup>. O percurso metodológico está fundamentado no conceito de metodologia de design educacional. O desenvolvimento da proposta foca em materializar a proposta de Ensino de Física não tradicional sobre a temática proposta. Por fim, as considerações finais demonstram êxito em tornar o objetivo proposto tangível e as expectativas dos resultados esperados para futura aplicação desta proposta de ensino.

## 1. Introdução

O Ensino de Física há muito se depara com dificuldades em contextualizar e tornar tangíveis, muitas temáticas, as reais necessidades educacionais contemporâneas da sociedade<sup>8</sup>. Em parte, isso se deve a problemas como: falta de infraestrutura física e humana escolar e valorização profissional, que culmina no nível de qualificação docente

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, Brasil. ✉

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil, ✉



e qualidade da educação escolar. Ao minimizar esses problemas, os docentes sentiram-se mais motivados à qualificação *stricto sensu*, onde atualizarão suas metodologias e didática<sup>8</sup>.

Muito se advoga em ensinar para além dos muros escolares, de modo a utilizar o conhecimento teórico para solucionar problemas reais<sup>6</sup>. Para isso, faz-se necessário transposições didáticas<sup>4</sup> do conhecimento, abordagem mediada a fim de internalizar<sup>12</sup> o conhecimento pretendido, pensado em quem aprende, constrói significados, estabelece relações e toda aprendizagem liga-se a conhecimentos prévios<sup>9</sup>. Assim, o objetivo deste artigo consiste em uma proposta de Ensino de Física Contemporânea sobre o ensino prático dos conceitos de dilatação temporal e contração espacial, da Teoria Relatividade Restrita (TRR), utilizando o caso das partículas Múons.

## 2. Referencial teórico

Para atingir o objetivo deste artigo, utilizamos como base teórica os conceitos da TRR<sup>10</sup> e o conhecimento sobre partículas Múons<sup>11</sup>, detalhados na quarta seção. Para tornar esses temas mais acessíveis, adotamos a abordagem de situações problemáticas abertas, conforme Gil-Pérez<sup>6</sup> e Cachapuz<sup>2</sup>. Essa metodologia permite aos alunos atuarem ativamente na construção do conhecimento, oportunizando compreensão mais profunda e contextualizada desses conceitos abstratos.

Pesquisas destacam que a resolução de problemas abertos melhora a compreensão dos alunos e desenvolve habilidades de pensamento crítico<sup>7</sup>. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) apoia essa abordagem, destacando a importância de atividades que estimulem a investigação e a resolução de problemas.

## 3. Metodologia

Nos dias 03 e 04 de julho de 2024 fizemos uma pesquisa bibliográfica na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) - base de dados ampla e atualizada que integra sistemas de informação de dissertações e teses (DTs) existentes



nas instituições de ensino e pesquisa do Brasil. Na sua caixa de busca, utilizamos operador “e” unindo as expressões “*dilatação temporal e contração especial*” e deixamos os demais campos em aberto inclusive anos para a pesquisa ser mais ampla. Ao rodar a pesquisa, nos trouxe quatro resultados. Em seguida, fizemos a leitura dos títulos, resumos e objetivos destes trabalhos. Das quatro dissertações, apenas a do autor Marcus Viana não tratava do ensino das temáticas em questão, enquanto dos demais autores sim: Jeferson Wolff, José Reinert e Adavilson Pins.

Dado os resultados, é desnecessário outros filtros, pois este justifica a necessidade da proposta deste artigo por meio da metodologia de design educacional, conforme materializado na próxima seção. O propósito é oferecer uma proposta de ensino acessível e aplicável para futuros educadores e pesquisadores alinhada com as diretrizes da BNCC, que valoriza a contextualização e a resolução de problemas no Ensino de Física<sup>1</sup>.

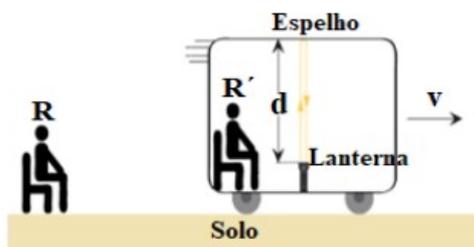
## 5. **Desenvolvimento da proposta**

Dada a necessidade urgente de pesquisas e materiais didáticos sobre a temática em questão, isso justifica nossa pesquisa e objetivo. Esta proposta de Ensino de Física não tradicional é desenvolvida em até quatro aulas para o terceiro ano do ensino médio. Ela tem início com apresentação e leitura compartilhada dialogada e reflexiva de texto breve e qualitativo com elementos da História e Filosofia das Ciências (HFC) mostrando o desenvolvimento da TRR, cerne, dificuldades e alguns dos seus conceitos como seus dois princípios norteadores: Princípio da relatividade - as leis da Física são as mesmas para todos os referenciais inerciais e o Princípio da velocidade da luz constante -  $c$  no vácuo ( $\equiv 3.10^8\text{m/s}$ ) é constante e independente do movimento da fonte de luz ou do observador.

Tendo explorado o texto e proporcionado aos alunos ancorar novos conhecimentos e adquiram mais subsunçores<sup>1</sup> para futuras discussões, é apresentada a situação problemática aberta que os alunos possam considerar de interesse<sup>7,8</sup>: Avanços

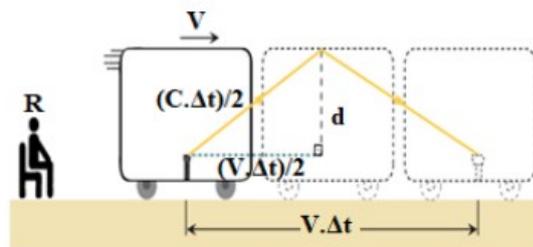
tecnológicos não invasivos de imagens como tomográficas e outras, devem-se aos estudos no campo de Física de partículas. Uma das partículas que causou muita estranheza são as Múons, descobertos em 1936. São partículas elementares instáveis produzidas naturalmente na atmosfera superior (10km acima da superfície terrestre) quando raios cósmicos interagem com átomos na atmosfera da Terra. As Múons viajam a  $0,998c$ , mas seu tempo de “vida” é de  $2,2 \cdot 10^{-6}s$  no referencial das Múons e não da Terra. Pela mecânica clássica, a distância média que ela percorre antes de “morrer” (decair em outras partículas) é de 660m no referencial das Múons, nunca chegando à superfície da Terra. Porém, experimentos na superfície terrestre as detectam. Como explicar esse fenômeno usando a TRR?

Feito isso, é explicado que a dilatação temporal é consequência direta do segundo postulado da TRR. Como resultado, o tempo não pode ser percebido da mesma forma por observadores que se movem em diferentes velocidades relativas. As figuras abaixo possibilitam, com a mediação<sup>12</sup> docente, melhor visualização dessas afirmações.



Fonte: Só Física

Figura 1 – d para o referencial R'



Fonte: Só Física

Figura 2 – d para o referencial R

Nas figuras há uma lanterna no piso que acende e o raio de luz vai ao encontro do espelho no teto que a reflete de volta, um observador R fora do vagão, outro R' dentro do vagão que se deslocam segundo o vetor v. Em seguida, é explicado que a distância que R vê a luz percorrer (Figura 2) é maior que R' vê (Figura 1), mas como c é igual para todos os referenciais inerciais, então no referencial R' será medido um T' diferente (menor) do que o T (maior) do referencial R. Entendido isso, a partir das



Figuras 1 e 2, o professor deve demonstrar utilizando a mecânica newtoniana e geometria básica como chegar à equação da dilatação temporal (1) e como consequência a equação da contração espacial (2), onde  $\Delta t$  é o tempo para o referencial R,  $\Delta t'$  para o R',  $l$  é o comprimento para o R,  $l'$  para o R',  $v$  a velocidade do vagão e  $c$  a velocidade da luz da lanterna.

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \tag{1}$$

$$l' = l \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \tag{2}$$

$$l' = V_m \Delta t' \tag{3}$$

Agora, o professor retorna à situação problemática e mediará sua solução com a participação ativa dos discentes. Pela Física clássica e moderna, o mediador deve explicar as figuras solucionando o problema prático real. O tempo de vida no referencial das Múons é de  $2,2 \cdot 10^{-6}$ s, viajando a  $0,998c$ . Assim, elas percorrem apenas 660m, como ela é gerada a 10.000m acima da superfície da Terra, ela decai a 9.340m acima da superfície terrestre. Calculando o tempo de vida das Múons no referencial do observado na Terra, encontramos que seu tempo de vida é  $35 \cdot 10^{-6}$ s que nos dá  $\Delta s \equiv 10.440$ m chegando à Terra.

**Tabela 1** – Desenvolvimento da solução da situação problemática aberta, segundo as equações 1, 2 e 3.

Referencial das Múons – Física Clássica	Referencial do laboratório – Física relativística
$l' = (0,998c)(2,2\mu s) = 660m$	$\Delta t = \frac{2,2\mu s}{\sqrt{1 - \frac{(0,998c)^2}{c^2}}} = 35\mu s$
	$l = \frac{660m}{\sqrt{1 - \frac{(0,998c)^2}{c^2}}} \equiv 10.440m$

Os Múons gerados à 10.000 m de altura. Percorrido 660m, Podem ser detectados na superfície da Terra percorrendo decaíram à 9.340m sem num chegar à superfície da Terra uma distância de aproximadamente 10.440m.



Então, por que em nosso dia a dia não vemos ou sentimos os efeitos práticos destas equações? Porque não realizamos tais atividades com  $v$  ou próxima. Vejamos, mas duas equações da Tabela 1, se  $v$  for muito pequeno ( $v$  cotidianas) em relação a  $c$  ( $v \ll c$ ), então, nas duas equações, a razão  $v^2/c^2 \equiv 0$ , isso implica que  $\Delta t \equiv \Delta t'$  e  $l' \equiv l$ , por isso não percebemos tais efeitos. Já se  $v \equiv c$  ( $v$  não cotidianas), essas igualdades não se cumprem e percebemos os referidos efeitos, como no caso prático das Múons.

## 6. Considerações finais

Fica evidente que ao materializar a proposta de Ensino de Física por meio da utilização de texto com elementos de HFC em conjunto com a proposição de situações problemáticas abertas contextualizando o tema, o objetivo proposto foi alcançado com êxito. Esta prática conjunta possibilita um ambiente de ensino e aprendizagem mais prolíficos oportunizando os alunos serem agentes ativos<sup>5</sup> e engajados neste processo de construção e internalização<sup>12</sup> do conhecimento contextualizado e prático<sup>2</sup>, antes abstrato, agora mais tangível a percepção discente. Aos docentes, fica a oportunidade de implementação de uma aula contemporânea, prática e engajadora, onde os discentes dialogam, refletem, participam e aplicam o conhecimento teórico a um caso real<sup>6</sup>.

## 7. Declaração de direitos

O(s)/A(s) autor(s)/autora(s) declara(m) ser detentores dos direitos autorais da presente obra, que o artigo não foi publicado anteriormente e que não está sendo considerado por outra(o) Revista/Journal. Declara(m) que as imagens e textos publicados são de responsabilidade do(s) autor(s), e não possuem direitos autorais reservados a terceiros. Textos e/ou imagens de terceiros são devidamente citados ou devidamente autorizados com concessão de direitos para publicação quando necessário. Declara(m) respeitar os direitos de terceiros e de Instituições públicas e privadas. Declara(m) não cometer plágio ou autoplágio e não ter considerado/gerado conteúdos falsos e que a obra é original e de responsabilidade dos autores.

## 8. Referências

1. AUSUBEL, David P. Psicologia educacional. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985.



2. BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
3. CACHAPUZ, Antonio; et al. A necessária renovação do ensino de ciências. São Paulo: Cortez, 2005. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2002, v. 19.
4. CHEVALLARD, Yves. La Transposition Didactique: Du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.
5. DEWEY, John. How We Think. New York: D.C. Heath, 1910.
6. FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. Paz e Terra, 1987.
7. GIL PEREZ, D. e CARVALHO, A. M. P. Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações. São Paulo: Editora Cortez, 1993.
8. MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. Revista do Professor de Física, 2017, 1(1), 1-13.
9. RESNICK, L. B. Education and Learning to Think. National Academy Press, 1987.
10. UFABC Relatividade Restrita. Dilatação do Tempo e a Contração do Espaço – Relatividade Restrita. Disponível em: <https://relatividade-restrita.propg.ufabc.edu.br>.
11. UFABC Relatividade Restrita. Múon Relativístico – Relatividade Restrita. Disponível em: <https://relatividade-restrita.propg.ufabc.edu.br>.
12. VYGOTSKI, L. S. A formação social da mente. Livraria Martins Fontes Ltda, 1991.