

## SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS E DECOMPOSIÇÃO DO VETOR RADIAL UNITÁRIO PARA COMPREENDER DETALHES NÃO ESCLARECIDOS SOBRE O CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR UM ANEL

*Similarity of Triangles and Unitary Radial Vector Decomposition to Understand Uncleared Details  
about the Magnetic Field Generated by a Ring*

**Lúcio Ângelo Vidal** (lucio.vidal@ifmt.edu.br)

*IFMT Campus Cuiabá*

*Rua Professora Zulmira Canavarros, 95 – CEP: 78005-200*

**Andreia da Silva Tavares** (andrea.physical@gmail.com)

*Recebido em: 04/03/2023*

*Aceito em: 18/09/2023*

### Resumo

Este artigo descreve a realização de uma aula de Física em que foi ensinado a dezenove alunos de Engenharia de uma instituição pública de nível superior a decomposição do vetor distância radial unitária na expressão matemática da lei de Biot-Savart para fins de se esclarecer detalhadamente a expressão mostrada em livros de Física Básica de Ensino Superior do campo magnético gerado por um anel percorrido por corrente elétrica situado em um plano horizontal a uma certa distância perpendicular ao seu centro. Depois de representação do problema no quadro branco e antes da dedução teórica do aspecto geométrico, foi solicitado aos discentes que respondessem com uma justificativa se o ângulo do triângulo entre o plano do anel e o vetor radial era no triângulo das componentes do campo magnético o ângulo em relação à vertical ou horizontal. Antes da explanação docente, nenhum aluno conseguiu responder satisfatoriamente a razão pela qual o ângulo entre o plano e vetor radial era o ângulo formado com a vertical no triângulo das componentes do vetor campo magnético ao passo que após a tal explanação, seis discentes conseguiram explicar de forma satisfatória o fato. Tal resultado sugere a importância de ser apresentada a demonstração aqui sugerida em livro de Física Básica de Ensino Universitário.

**Palavras-Chave:** espira circular; vetor radial; decomposição

### Abstract

This article describes a Physics class in which nineteen Engineering students from a public higher education institution were taught the decomposition of the unitary radial distance vector into the mathematical expression of the Biot-Savart law in order to clarify the expression in detail. shown in Basic Physics books for Higher Education of the magnetic field generated by a ring traversed by electric current located in a horizontal plane at a certain distance perpendicular to its center. After representing the problem on the whiteboard and before the theoretical deduction of the geometric aspect, students were asked to respond with a justification as to whether the angle of the triangle between the plane of the ring and the radial vector was in the triangle of components of the magnetic field the angle in relation to vertical or horizontal. Before the teacher's explanation, no student was able to satisfactorily answer the reason why the angle between the plane and the radial vector was the angle formed with the vertical in the triangle of components of the magnetic field vector, whereas after this explanation, six students were able to explain the fact satisfactorily. This result suggests the importance of presenting the demonstration suggested here in a Basic Physics book for University Education

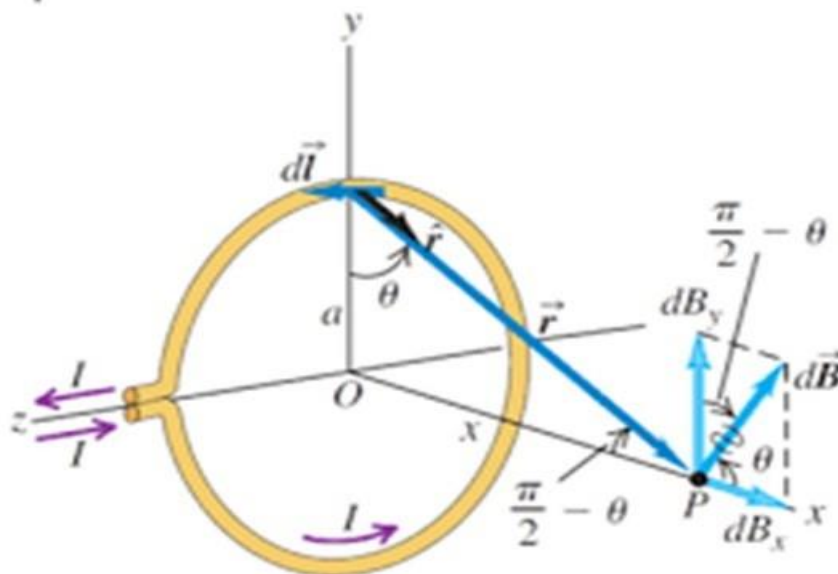
**Keywords:** circular loop; radial vector; decomposition

## Introdução

Após vários anos como docente da disciplina de Física Geral 3 do curso de Engenharia e de muitas dúvidas de alunos, foi possível detectar que vários livros de Física de Nível Superior em idioma português deixam a desejar no tocante à representação de como calcular o campo magnético de uma espira circular a uma distância vertical do centro dessa espira e perpendicular ao plano em que ela está contida.

Como exemplo de publicações que apresentam o problema citado no parágrafo anterior, podem-se citar Física Básica 3 (NUSSENZVEIG, 1997, p.151), Física Volume 2 (KELLER, GETTYS e SKOVE, 1999, p.204), Física para Cientistas e Engenheiros volume 3 (JEWETT JR e SERWAY, 2017, p.208), Física 3 (HALLIDAY, RESNICK e KRANE, 2012, p.207), Física com Aplicação Tecnológica volume 3 (TELLES e MONGELLI NETTO, 2015, p.220), Física para Cientistas e Engenheiros volume 2 (TIPLER e MOSCA, 2015, p.221 e 222), Física III Eletromagnetismo (YOUNG e FREEDMAN, 2016, p.275), Física para Universitários Eletricidade e Magnetismo (BAUER, WESTFALL e DIAS, 2012, p.225), Física um Curso Universitário Campos e Ondas (ALONSO e FINN, 2015, p.105) e Física Uma Abordagem Estratégica (KNIGHT, 2009, p.1008).

O campo magnético gerado por uma espira circular situada em um plano  $yz$  a uma distância  $x$  de seu centro apresenta-se sempre com uma apresentação que não esclarece em detalhes a razão pela qual o ângulo  $\theta$  formado entre o plano da espira e o vetor distância ser congruente ao ângulo formado com o eixo  $x$  no triângulo das componentes do vetor infinitesimal do campo magnético como se apresenta na figura 1.



**Figura 1.** Determinação do Campo Magnético no ponto P a uma distância  $z$  do centro da espira circular.

Fonte: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3394815/mod\\_resource/content/3/Fonte\\_Campo\\_Mag.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3394815/mod_resource/content/3/Fonte_Campo_Mag.pdf).

Tal fato pode suscitar dúvidas porque não é o que o conceito de ângulos opostos pelo vértice conclui. Assim, a interpretação inicial que o aluno pode fazer é de que o ângulo formado entre o plano da espira e o vetor distância ( $\theta$ ) é exatamente igual ao ângulo formado com a direção  $y$  do triângulo

das componentes do campo magnético ( $\frac{\pi}{2} - \theta$ ) tendo como base os conceitos de semelhança de triângulos, ângulos alternos internos e ângulos correspondentes.

Dessa forma, é imprescindível que seja ressaltado em livros de Física que abordem eletricidade e magnetismo, por meio de uma ilustração, que cada componente do vetor unitário na direção radial gera um infinitesimal de campo magnético perpendicular à direção de cada um deles. Afinal de contas, a Lei de Biot-Savart revela que a partir do produto vetorial do infinitesimal de comprimento (vetorizado pela corrente elétrica) pelo vetor unitário em direção radial, há a geração de um vetor campo magnético perpendicular aos dois primeiros.

Em outras palavras, faz-se necessário que os livros de Física apresentem para fins didáticos aspectos multidisciplinares que unam conceitos da Matemática com conceitos da Física como fizeram em seus estudos, por exemplo, Dias (2019); Lopes, Angotti e Moretti (2003); Sousa (2010); Vidal e Tavares (2021) e Vidal e Cunha (2020).

Assim sendo, este artigo tem como objetivo: 1) antes da explanação docente, apresentar a situação aos discentes e pedir que eles opinem através de justificativa qual é o ângulo do triângulo das distâncias que faz correspondência com o ângulo do triângulo das componentes do vetor campo magnético; 2) ensinar, através de uma figura e da decomposição do vetor distância, a correta maneira de se interpretar o problema levando-se em conta o tamanho de cada uma das componentes do vetor radial e que não é apresentado em livros; 3) verificar, através das palavras dos discentes, o que eles conseguiram absorver de aprendizado após a explanação do professor.

## Revisão Bibliográfica

Nesta seção, são apresentados alguns conceitos relativos à multidisciplinaridade uma vez que este artigo tem como de partida esta proposta, isto é, uma colaboração entre as disciplinas de Física e Matemática.

É importante explicar que há muitas tentativas de conceituação e classificação dos termos multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade e não há tão somente uma concepção que organize os limites exatos entre os mencionados termos (LACERDA, 2013).

A concepção de multidisciplinaridade aqui abordada é sinônima de pluridisciplinaridade como tratam alguns autores, dentre os quais Nicolescu *et al.* (2000), Pombo (1994) e Gusdorf (1990).

A multidisciplinaridade encerra-se nas tentativas de trabalhar em cooperação, pelos professores, entre matérias em que cada uma lida com temáticas comuns sob seu próprio viés, articulando livros, técnicas de ensino e formas de avaliar (PIRES, 1998).

Pode-se dizer que na multidisciplinaridade as disciplinas do currículo escolar estão próximas, mas não juntas (ALMEIDA FILHO, 1997). A ideia aqui é de justaposição de disciplinas (ALMEIDA FILHO, 1997; BICALHO e OLIVEIRA, 2011).

Na visão de Nicolescu *et al.* (2000), a multidisciplinaridade diz respeito à procura de conectar saberes mediante o estudo de um objeto de única disciplina ou por várias delas simultaneamente. Tal pesquisa contribui de forma relevante a uma disciplina específica, pois “ultrapassa as disciplinas, mas sua finalidade continua inscrita na estrutura da pesquisa disciplinar” (NICOLESCU, 2000. p.14).

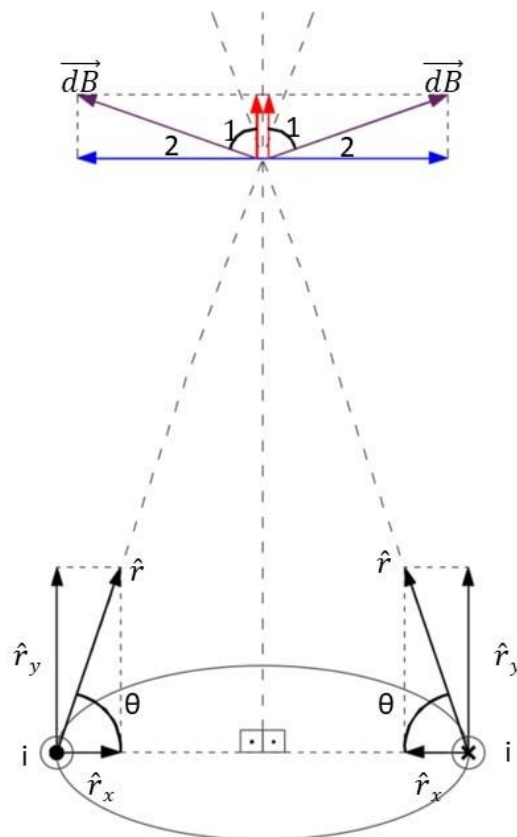
Segundo Dellatre (2006), por sua vez, a pluridisciplinaridade é uma congregação de disciplinas que se auxiliam visando alcançar algo comum, todavia cada disciplina mantém suas próprias metodologias.

## Materiais e Métodos

Nesta seção, apresentam-se os materiais utilizados na experiência de ensino, bem como o método utilizado.

A experiência de ensino ocorreu durante uma aula presencial de fontes de campo magnético no dia 10 de maio de 2022 com dezenove alunos do terceiro período do curso de Engenharia de uma instituição de ensino superior pública de Cuiabá.

Foi feito pelo professor no quadro branco um desenho parecido com o da figura 2, constituído pela corrente  $i$  saindo do plano do papel pelo lado esquerdo (simbolizado por ponto) e entrando no plano do papel pelo lado direito (simbolizado por  $\times$ ), pelo vetor radial unitário com suas componentes e por fim, pelo infinitesimal do campo magnético e suas componentes sem especificar em que direção estava cada uma, bem como sem explicitar qual seria o ângulo do triângulo das componentes do campo magnético (1 ou 2) que seria congruente ao ângulo entre o plano em que se encontra o anel e o vetor distância, isto é, o ângulo  $\theta$ .



**Figura 2.** O vetor radial unitário decomposto em componentes e as componentes do infinitesimal do campo magnético. **Fonte:** Elaborado por André Luiz Amorim da Fonseca

Em seguida, o docente indagou aos alunos qual seria o ângulo no triângulo das componentes do campo magnético congruente ao ângulo entre o vetor distância e o plano no triângulo dos infinitesimais do campo magnético e solicitou justificativa expressa em uma folha de papel em branco.

Após um tempo de vinte minutos, foram coletadas as respostas dos alunos e o professor explanou em palavras a razão pela qual a resposta seria o ângulo 1 (ângulo em relação à vertical) no triângulo das componentes do campo magnético.

Em pormenores o docente afirmou que o produto vetorial entre o infinitesimal do comprimento da espira (vetorizado pela corrente) e a componente  $r_x$  do vetor distância unitário, tanto à esquerda como à direita, gerava uma componente do infinitesimal do campo magnético denominada  $dB_x$  no sentido  $y$  ascendente devido ao produto vetorial (a denominação  $dB_x$  não quer dizer que está na direção  $x$  horizontal, mas sim que foi gerado pela componente do vetor radial unitário na direção  $x$ ).

Enquanto que o produto vetorial entre o infinitesimal de comprimento da espira do lado direito pela componente  $y$  do vetor unitário gerava uma componente horizontal do infinitesimal do campo para direita  $dB_y$  (a denominação  $dB_y$  não quer dizer que está na direção  $y$  vertical, mas sim que foi gerado pela componente vetor radial unitário na direção  $y$ ). Por simetria, do lado esquerdo também seria gerada uma componente infinitesimal do campo magnético para a esquerda  $dB_y$ .

A intensidade de  $dB_y$  seria maior que  $dB_x$  porque o primeiro foi gerado pela componente maior do vetor unitário da distância, isto é,  $r_y$ . Assim, o ângulo  $\theta$  seria o ângulo entre a componente menor de  $dB_y$  e o  $dB$  (ângulo 1 da parte superior da figura 2).

Por fim, foi solicitado que os alunos explicitassem detalhadamente em uma outra folha de papel em branco o que foi ensinado em palavras para detectar se houve um aprendizado relevante da situação em um tempo total de vinte minutos. Após esse tempo, o professor fez novamente a coleta das respostas.

## Resultados

Nesta seção, apresentam-se os resultados, isto é, as respostas escritas dos alunos a respeito da experiência em ensino antes e após a explanação do professor. Os dezenove alunos da experiência em ensino são elencados por uma letra maiúscula do alfabeto desde A até S.

O quadro 1 apresenta, por exemplo, na íntegra as respostas dos aprendizes sobre a enquete de qual era o ângulo do triângulo das distâncias que estabelecia correspondência com o ângulo dos triângulos das componentes do infinitesimal do campo magnético.

Pelos resultados apresentados no quadro 1, observa-se que oito alunos (D, G, L, N, P, Q, R, S) mencionam que o ângulo correspondente ao ângulo entre o vetor distância e o plano é o ângulo 1 formado com a vertical do desenho aqui proposto. Apesar de responderem corretamente G, L, Q, R, S dando uma justificativa, esta não foi coerente com a situação. Os alunos D, N, P, por sua vez, afirmaram que o ângulo era o 1 sem dar justificativa.

Os outros onze alunos não acertaram o ângulo correto. Dentre esses, os aprendizes A, E, J e M ainda arriscaram uma justificativa. Os alunos B, C, F, H, I, K e O responderam apenas que era o ângulo 2 sem nenhuma argumentação. O interessante entre todos os que erraram a resposta, como já mencionada a possibilidade na introdução deste artigo, é que alguns alunos (A, E e J) devem ter se iludido com os conceitos geométricos relativos ao teorema de Tales e por isso argumentaram que o ângulo 2 era igual ao ângulo teta.

**Quadro 1** – Enquete sobre qual era o ângulo do triângulo das distâncias que estabelecia correspondência com o ângulo do triângulo das componentes do campo magnético.

Aluno	Resposta externalizada antes da Explicação Docente
A	É o ângulo dois, pois alfa e um são opostos pelo vértice
B	Teta é o ângulo 2
C	Teta é o 2
D	O teta é o ângulo 1
E	É o ângulo 2 porque fica oposto pelo vértice. Ele se espelha no ângulo abaixo
F	Eu acho que é o ângulo 2
G	É o 1, eu estou afirmando isto por conta de uma atividade feita em sala no conteúdo de força elétrica.
H	Eu acho que vai ser o ângulo 2
I	Acho que o ângulo é o ângulo 2
J	Eu acho que teta é o ângulo 2 pelos ângulos alternos
K	O ângulo teta é o 2
L	Teta é o ângulo 1 pois os ângulos, como vimos que o ângulo 1 e 1 tem que ser igual a teta
M	Teta é o ângulo 2, pois ambos estão localizados entre o cateto adjacente e a hipotenusa
N	Ângulo 1
O	Ângulo 2
P	Alternativa 1
Q	É 1. Atravessando o ponto forma outro ângulo entre dB com a base do ponto
R	O ângulo 1 na parte de baixo por esta e relação entre eixo x,y e z do plano y
S	Quando transpormos alfa para o 1º quadrante teremos que ter portanto em 1 como z

Uma possível explicação para a não compreensão especificamente de A e J ser o ângulo  $\theta$  o ângulo 2 é o fato de eles não levaram em consideração o fato de o infinitesimal das componentes do campo magnético girarem devido ao produto vetorial entre o infinitesimal do comprimento e o vetor radial unitário.

Em resumo, antes da explicação docente, nenhum deles sabia a real razão para que a resposta correta fosse o ângulo 1. Assim, mais uma vez ressalta-se a importância desta ação pedagógica proposta por meio de um desenho mais detalhado (figura 4) no quadro branco do que a configuração apresentada na figura 1 que está em livros de Física.

O quadro 2 apresenta, por sua vez, as respostas na íntegra dos aprendizes no tocante ao que eles entenderam após explicação docente.

**Quadro 2** – Respostas dos alunos após a explanação docente.

Aluno	Resposta externalizada após a Explanação Docente
A	Teta é igual ao ângulo 1
B	Teta é o ângulo 1
C	O ângulo teta é o ângulo 1, pois a representação das correntes na espira formam uma nova só que em vetores e como é feito através deles existe a influência de um terceiro que provoca um giro e mudança na organização dos ângulos
D	O ângulo teta é o número 1 pois utilizando a técnica da mão é normal descobrir os vetores.
E	Com uma análise verificou que com a reflexão dos ângulos ouve um giro de 90 graus, assim invertendo as posições dos ângulos.
F	O ângulo teta é 1 pois ele se inverte noventa graus horizontal sobre o oposto apresentado
G	Segundo o que entendi, teta é a posição 1 pois, primeiro, esse cálculo tem a particularidade de ser a contribuição inteira de um vetor para gerar outro vetor, segundo, quando fazemos a atribuição de x e y, há um giro de 90 graus, pois temos a demonstração com a mão direita de onde o vetor aponta e logo há essa inversão
H	Estava errada, pois ao colocarmos no plano de x e y verificamos que $r_x$ e $r_y$ fazem um giro de noventa graus resultando assim em dois de teta. O ângulo é o 1.
I	O ângulo teta na verdade será o um pois o triângulo gerado pelos vetores não se assemelha ao que possui o ângulo teta, na verdade ele será uma rotação de noventa graus do eixo x e y do vetor radial
J	O ângulo teta por uma outra visão vetorial é o número 1 por um giro de 90 graus
K	O ângulo teta é na verdade 1, pois é uma particularidade, em que os vetores resultam em vetores com 90 graus de inclinação
L	Teta é o ângulo 1, porque no caso seria o dois pois o ângulo 1 teria que ser igual a teta e então 2 seria o teta, no caso ele vai inverter então 1 será o teta. Temos dois componentes x e y, evidentemente y é mais que x.
M	O ângulo teta é o ângulo 1, pois através da decomposição vetorial, os ângulos mudam de posição, dando um giro de 90 graus.
N	Na minha primeira análise obtive um pequeno equívoco pois somente visualizei os vértices do ângulo
O	É o ângulo 2, por conta que ao decompor o ângulo alfa em vetores unitários, o modelo, intensidade, em x é menor que o módulo em y e uma particularidade do campo magnético e que ele gira, trocando os ângulos
P	2 porque sofre um pequeno giro, o ângulo teta fica na parte superior
Q	Como tem corrente elétrica entrando, fazendo que ela gire, faz com que o inverso depois do ponto fique 90 graus de diferença, com $r_y$ é maior a corrente será maior
R	Éra o ângulo 2 na parte de cima pois o triângulo sofre uma rotação de 90° por se tratar de campo magnético. Isso ocorre fazendo usando os vetores unitário para uma melhor percepção da rotação eu errei por não ter essa pespequitiva.
S	É o ângulo 2. Como foi explicado em sala, quando temos o vetor r unitário decomposto temos que $r_x$ será uma componente menor do que $r_y$ . Ao utilizar a regra da mão direita, vemos que os vetores do campo alteram seu eixo, no caso, fazem uma rotação horária de 90°, com $r_x$ ficando no eixo x e $r_y$ no eixo x. Permanecendo $r_x$ menor do que $r_y$ encontramos alfa na parte mais próxima do eixo z.

Pelos resultados expostos no quadro 2, percebe-se que seis alunos (E, G, H, I, J e M) conseguiram dar uma resposta minimamente fundamentada e afirmaram que era o ângulo 1 congruente ao ângulo entre o vetor distância e o plano em que estava contido o anel após a explanação do professor.

A resposta mais completa foi sem dúvida do discente G, pois ele ressalta que o vetor campo surge devido ao produto vetorial de outros dois vetores e o referido fato produz o giro do ângulo teta no triângulo das componentes do infinitesimal do campo magnético.

O mais impressionante foi que cinco aprendizes (L, O, P, R e S) ainda insistiram que o ângulo era o 2 com uma resposta sem fundamento e até mesmo contraditória no caso do aluno L. Os discentes A e B afirmaram que o ângulo procurado era o 1, mas não explicaram o porquê.

Diante dos resultados obtidos no quadro 2, julga-se como algo necessário ao aprendizado dos dezenove alunos da engenharia o ensinamento docente sobre o campo magnético gerado por uma espira circular na perspectiva da figura 2 (que não aparece em livro algum de Física) mesmo reconhecendo que não é o que basta para que todos eles aprendam.

### Considerações Finais

Neste artigo, foi possível verificar a necessidade de uma aula mais detalhada do tema abordado em relação à maneira apresentada nos livros de Física em função de nenhuma resposta satisfatória dos discentes antes da explicação docente. Mesmo depois do esclarecimento desse, ainda se viram alunos que não conseguiram captar a ideia.

Ainda antes da explanação docente, alguns alunos se equivocaram em afirmar que o ângulo teta era o igual ao ângulo dois por levarem em consideração o que foi dito na introdução deste artigo, ou seja, aspectos geométricos referentes a ângulos alternos internos, ângulos correspondentes e ângulos opostos pelo vértice (conceitos que alicerçam o conceito de semelhança de triângulos) podem confundir os alunos.

Julga-se necessário desenvolver cada vez mais experiências em ensino que abordem explicações mais didáticas de aspectos matemáticos em livros de Física de Ensino Superior fazendo sempre uso do bom senso, isto é, nada que leve a uma demorada demonstração do cálculo.

O professor se propor a ensinar é uma condição necessária para que ocorra o aprendizado, mas jamais suficiente. Afinal de contas, o aluno também deve se mobilizar no sentido de se disciplinar para absorver o que foi compartilhado pelo profissional da educação.

### Referências Bibliográficas

- Almeida Filho, N. (1997). Transdisciplinaridade e Saúde Coletiva. *Ciência & Saúde Coletiva*. II (1-2).
- Alonso, M.; Finn, E. J. (2015). *Física um curso universitário volume 2 Campos e Ondas*. Editora Blucher. São Paulo.
- Bauer, W.; Westfall, G. D.; Dias, H. (2012). *Física para Universitários Eletricidade e Magnetismo*. Editora AMGH, Porto Alegre.
- Bicalho, L. M.; Oliveira, M. (2011). Aspectos Conceituais da Multidisciplinaridade e da Interdisciplinaridade e a Pesquisa em Ciência da Informação. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, vol. 16, núm. 32, pp. 1-26 Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1472001200>. Acessado em 15 set. 2023. DOI: 10.5007/1518-2924.2011v16n32p1.
- Delattre, P. (2006). Investigações interdisciplinares: objetivos e dificuldades. In: POMBO, Olga; GUIMARAES, Henrique Manuel; LEVY, Teresa. *Interdisciplinaridade: antologia*. Porto/PT: Campo das Letras. (Publicação original: Interdisciplinares (recherches). Objectifs ET difficultés. Encyclopedia Universalis, 1973, p. 387-397
- Dias, A. A. S. (2019). Cálculo Diferencial e Integral (CDI) no Ensino da Física na Educação Básica: um Estudo. *Revista Inova Ciência e Tecnologia do IFTM*, Volume 5, Nº 1, jan-jun.
- Halliday, D.; Resnick, R.; Krane, K. S. (2012). *Física 3*. Editora LTC, Rio de Janeiro, 5ª edição.



- Gusdorf, G. (1990). Reflexions sur l'interdisciplinarité. *Bulletin de Psychologie*, XLIII, 397, p. 847-868.
- Jewett JR, J. W.; Serway, R. A. (2017), *Física para Cientistas e engenheiros volume 3*. Editora Cengage Learning. São Paulo, 9ª edição.
- Keller, F. J.; Gettys, W. E.; Skove, M. J. (1999). *Física volume 2*. Editora Makron Books. São Paulo.
- Knight, R. D. (2009). *Física Uma Abordagem Estratégica Eletricidade e Magnetismo*. Ed. Bookman, Porto Alegre, 2ª edição.
- Lacerda, N. (2013). O campo do Planejamento Urbano e Regional: da multidisciplinaridade à transdisciplinaridade. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, vol. 15, núm. 1, maio, 2013, pp. 77- 93 Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional Recife, Brasil. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=513951683005>. Acessado em 15 de setembro de 2023.
- Lopes, J. P. Angotti, J. A. P.; Moretti, M. M. (2003). Função Afim e Conceitos Unificadores: O Ensino de Matemática e Física numa Perspectiva Conceitual e Unificadora. *IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL086.pdf>. Acessado em 25 de fevereiro de 2023.
- Nicolescu, Basarab et al (orgs). (2000). *Educação e Transdisciplinaridade*. Tradução de VERO, Judite; Mello, Maria F. de; e SOMMERMAN, Américo. Brasília: UNESCO, (Edições UNESCO).
- Nussenzveig, H. M. (1997). *Curso de Física Básica Eletromagnetismo*. Ed. Blucher, São Paulo, 1997, 1ª edição.
- Pires, M. F. C. (1998). Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade no Ensino. *Interface – Comunic, Saúde, Educ* 2, fevereiro.
- Pombo, O. (1994). *Contribuição para um vocabulário sobre interdisciplinaridade*. In: POMBO, Olga, GUIMARÃES, Henrique, LEVY, Teresa. *Interdisciplinaridade: reflexão e experiência*. 2 ed. rev. aum., Lisboa: Texto.102p.
- Sousa, E. V. (2010). Objetos de aprendizagem no ensino de matemática e física: uma proposta interdisciplinar. *Dissertação de Mestrado do Programa de Estudos pós-graduados em Educação Matemática da PUC-SP*. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/handle/handle/11468>. Acessado em 25 de fevereiro de 2023.
- Telles, D. D. A.; Netto, J. M. (2015). *Física com Aplicação Tecnológica volume 3*. Editora Blucher, São Paulo.
- Tipler, P. A.; Mosca, G. (2015). *Física para Cientistas e Engenheiros volume 2*. Editora LTC, Rio de Janeiro, 2015.
- Vidal, L. A.; Cunha, C. R. (2020) Ajudando a Elucidar o Significado Físico-Matemático de Integrais para Estudantes de Engenharia em um Minicurso com o Auxílio de Enunciados. *Experiências em Ensino de Ciências*. V.15, N.3. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/786/738>. Consultado em 04 de março de 2023.
- Vidal, L. A.; Tavares, A. S.; Farias, S. S. (2021). A Dilatação Térmica em uma Perspectiva de Variação Infinitesimal Abordada no Curso Básico de Física da Engenharia. *Experiências em Ensino*

*de Ciências*. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/934/832>. Consultado em 04 de março de 2023.

Young, H. D.; Freedman, R. A. (2016). *Física III: Eletromagnetismo*. Ed. Pearson, Rio de Janeiro, 14ª edição.