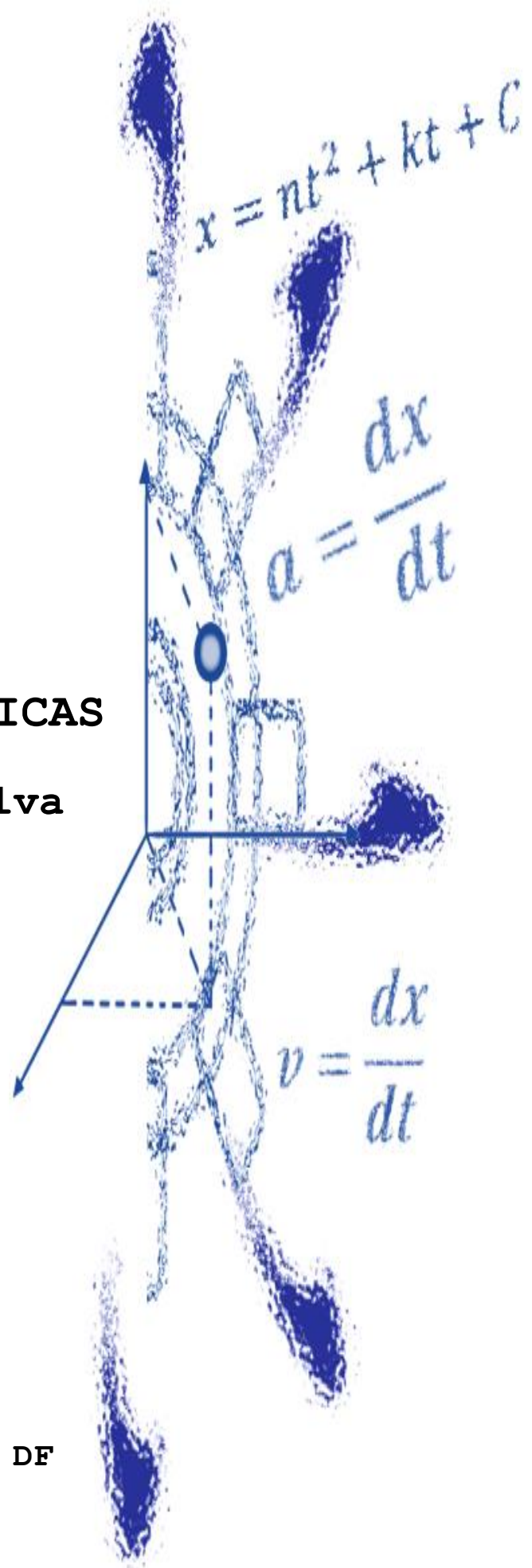



# ESPAÇO-TEMPO EM MECÂNICAS

Lucas Rodrigues Silva



Brasília, DF  
2020



# **ESPAÇO-TEMPO EM MECÂNICAS**

**Lucas Rodrigues Silva  
(Autor)**

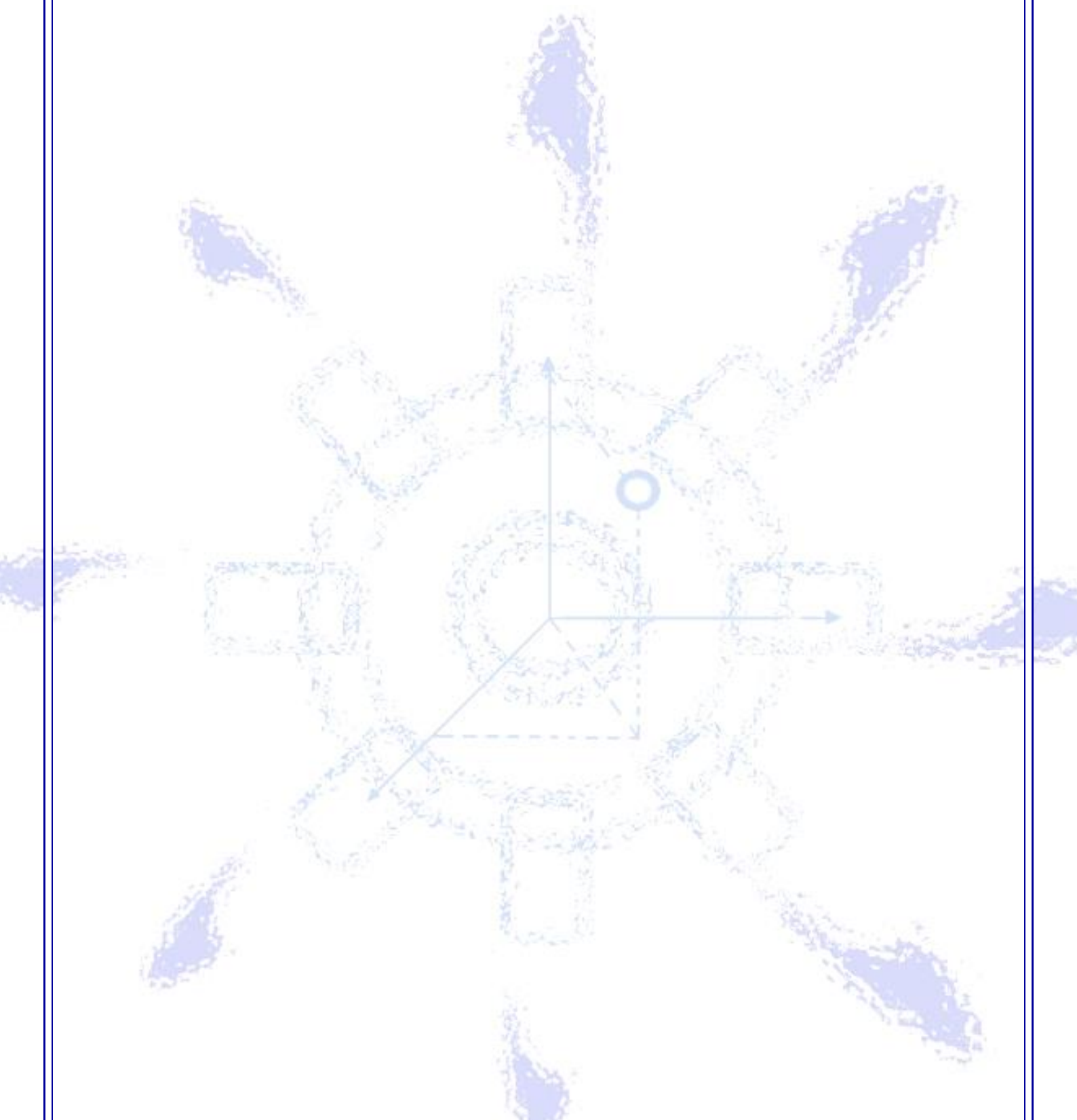
**Ronni Geraldo Gomes de Amorim  
(Orientador)**

**Ademir Eugênio de Santana  
(Coorientador)**

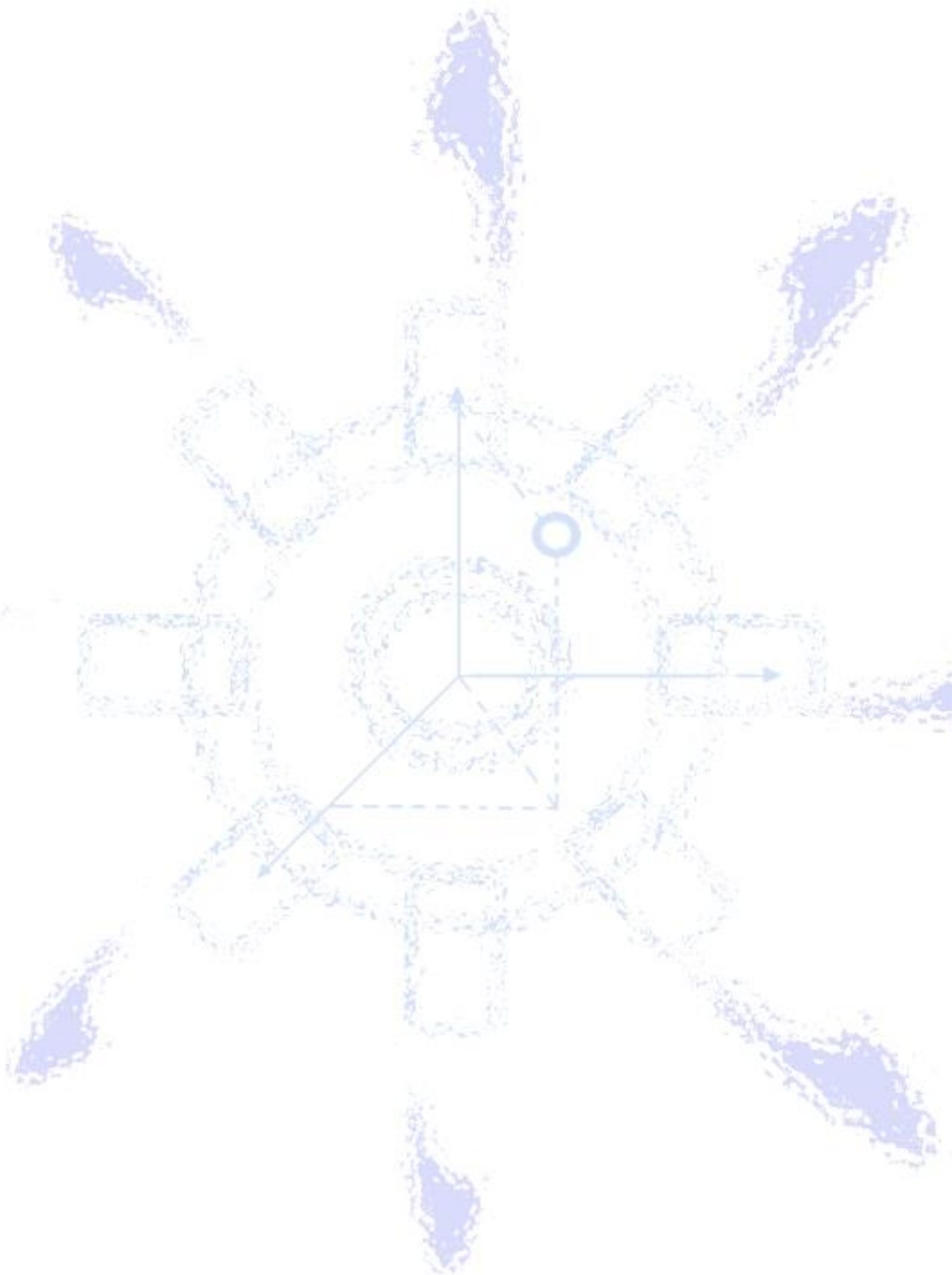
**Ilustrações:**

**Lucas Rodrigues Silva  
(Capa)**

**Matheus Magalhães Braga  
(Figuras)**



*À minha esposa, aos meus avós, aos meus pais,  
às minhas irmãs, aos meus sobrinhos, aos meus  
amigos e aos meus alunos.*



*“A entropia há de vencer. Mas, continuarei lutando!”  
(Santana, A. E.)*

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	6
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>ESTRUTURAÇÃO DAS TEORIAS DO MOVIMENTO</b> .....	10
<b>MUNDO HEURÍSTICO</b> .....	10
<b>ESPAÇO HEURÍSTICO</b> .....	11
<b>TEMPO AO LONGO DO TEMPO</b> .....	12
<b>TEMPO HEURÍSTICO</b> .....	13
<b>MOVIMENTO HEURÍSTICO</b> .....	14
<b>SIMETRIAS DO MOVIMENTO</b> .....	15
<b>INSTRUMENTOS AVALIATIVOS</b> .....	19
<b>PESQUISA QUALITATIVA</b> .....	19
<b>PRODUÇÃO TEXTUAL</b> .....	20
<b>MAPAS CONCEITUAIS</b> .....	21
<b>ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA</b> .....	22
<b>ORGANIZAÇÃO DO ENCONTRO</b> .....	22
<b>LISTA DE MATEIRIAIS</b> .....	22
<b>PRIMEIRO ENCONTRO</b> .....	24
<b>SEGUNDO ENCONTRO</b> .....	25
<b>TERCEIRO ENCONTRO</b> .....	28
<b>QUARTO ENCONTRO</b> .....	30
<b>QUESTIONÁRIO</b> .....	32
<b>FOLHA DE ANOTAÇÕES:</b> .....	34
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35



## APRESENTAÇÃO

Caríssimo(a) professor(a),

Ao buscar por uma diferenciação dos materiais didáticos usualmente utilizados na educação básica, nos quais o conhecimento é apresentado de maneira mecânica e com pouco significado, procurou-se elaborar este produto educacional seguindo os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), preconizada por David Ausubel. Desse modo, ao conceber este material didático, objetivou-se que o estudante se sinta protagonista no processo ensino-aprendizagem, e, mais que isso, perceba a ciência como algo inacabado, cuja construção é realizada de forma compartilhada por todos aqueles que sintam-se preparados e inspirados a ajudar ao próximo e às futuras gerações, ao mesmo tempo que qualifica o ensino de física. Para tanto, esta sequência didática está baseada no modelo de uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa), sugerido por Moreira (2011), conduzindo o estudante na construção dos conceitos de tempo e espaço de forma contextualizada, disponibilizando atividades lúdicas, nas quais o estudante se torna autor da construção do conhecimento, assimilando melhor os conceitos a ele apresentados.

Sendo assim, as motivações para a construção deste material são diversas. Dentre elas, cabe destacar a escassez de material didático adequado, em que trate corretamente os conceitos iniciais de mecânica, tanto em nível médio quanto superior; o distanciamento recorrente com que tratam a mecânica newtoniana e a relativística, dentre outros, que convidam a você professor(a), fazer uso deste material.

Nesse contexto, este produto se trata de uma sequência didática pensada para alunos da 1ª série do ensino médio, mas que pode ser muito bem utilizada com alunos do ensino fundamental (9º ano). Para aplicá-la serão utilizados quatro encontros/aulas. Vale ressaltar que esta pode ser adaptada à sua realidade; quer seja por plano anual disciplinar, carga horária, calendário escolar e etc.

Assim, é pensando um pouco mais na maneira com que exercemos diariamente nossa profissão, que alcançaremos os nossos alunos, sendo, portanto, eles o motivo maior de nossa busca por uma excelência profissional, e em meio aos diversos entraves, a sala de aula ainda continua sendo um espaço destinado ao encontro de indivíduos com o conhecimento. Então, a todos àqueles que se entram cotidianamente em suas salas e se permitem ser desafiados a trazer propostas de ensino que sejam interessantes e cada vez

mais atrativas, meus parabéns e boa sorte! Parafrazeando Eleanor Roosevelt<sup>1</sup>, “*O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos*”. Portanto, ao ensinarem física aos seus alunos, os façam sonhar! E, mais do que isso, a acreditem junto com eles, pois no final não haverá dúvidas de que um lindo futuro foi escrito.

---

<sup>1</sup> Anna Eleanor Roosevelt (Nova Iorque, 11 de outubro de 1884 — Nova Iorque, 7 de novembro de 1962) foi primeira-dama dos Estados Unidos de 1933 a 1945. Apoiou a política do New Deal, criada por seu marido e primo de quinto grau, o presidente Franklin Delano Roosevelt, e tornou-se grande defensora dos direitos humanos. Após a morte do marido, em 1945, Roosevelt continuou a ser uma defensora, porta-voz, ativista internacional para a coalizão do *New Deal*. Trabalhou para melhorar a situação das mulheres trabalhadoras, embora tenha sido contra a política dos direitos iguais, pois acreditava que ela afetaria negativamente as mulheres. ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Eleanor\\_Roosevelt](https://pt.wikipedia.org/wiki/Eleanor_Roosevelt), acesso em: 01 out. 2019).

## INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, a busca pelo entendimento acerca do movimento das coisas permitiu uma melhor compreensão do mundo que nos cerca. Através desta mesma inquietação, não só obtiveram domínio sobre o fogo, como também amplificaram suas concepções sobre o universo, possibilitando sua ida à lua que lhes permitiu consolidar a sociedade moderna com toda a sua tecnologia. Logo, para se alcançar tais feitos, foi indispensável o desenvolvimento da Física em toda sua extensão.

Usualmente, o primeiro contato formal que o estudante da educação básica tem com a Física ocorre no nono ano do ensino fundamental, no qual a disciplina de Ciências da Natureza é repartida em Física e Química. No que concerne à Física, geralmente inicia-se com a apresentação de algumas grandezas relacionadas ao estudo do movimento. Dentre essas grandezas, destaca-se a apresentação dos conceitos de tempo e espaço.

Em vista disso, muitos são aqueles que se preocupam com o ensino de física, sobretudo com os conceitos de mecânica. Gobara (2003) traz uma perspectiva de mudança de concepção dos conceitos mecânicos através do uso de programas computacionais. Guerra, Braga e Reis (2007) propõem uma possível abordagem para o ensino de mecânica relativística. Fonseca (2013) sugere o uso de um laboratório virtual, para se trabalhar alguns conceitos mecânicos de maneira experimental. Moreira (2015) faz uso de experimentos de baixo custo, para se alcançar os alunos ao se ensinar mecânica. Santos e Sasaki (2015) utilizam de uma metodologia ativa, para se ensinar mecânica para jovens e adultos. Santos, Balthazar, Huguenin (2017) sugerem uma sequência didática com vídeo análise sobre cinemática para o ensino médio. Dantas e Perez (2018) trazem através da gamificação, uma perspectiva lúdica para se ensinar mecânica. Em vista disso, a preocupação com que se deve ter ao ensinar mecânica torna-se pertinente. Porém, isto claramente não se apresenta como uma tarefa trivial.

Em meio a esse processo, muitas são as tentativas de falar ou definir espaço e tempo. Ao chegar ao ensino médio, o movimento passa a ser estudado em dois momentos totalmente distintos. Assim, ao longo do primeiro ano, o estudo ocorre numa perspectiva clássica, na qual trata de fenômenos de baixas velocidades. Ao término do terceiro ano, há um enfoque relativístico estudando o regime de altas velocidades. Entretanto, ambos os regimes (altas e baixas velocidades), são apresentados de maneira bastante confusa aos alunos. Dessa forma, os conceitos físicos passam a ser vistos pela grande maioria dos



alunos como algo excessivamente abstrato e difícil, onde o que é visto em sala de aula não tem a menor necessidade para a vida cotidiana.

Os alunos aguardam ansiosamente o momento em que todo aquele conteúdo teórico, apresentado como simplificações tiradas diretamente do cotidiano, ganhe realismo e lhes capacite a melhor entender o ambiente em que vivem. Porém, em geral, este momento nunca chega. (PIETROCOLA, 2001, p.19).

Uma discussão aprofundada sobre a evolução histórica desses conceitos, bem como as diferentes maneiras que eles foram medidos com o passar do tempo é raramente apresentada, principalmente na educação básica. Essa negligência se deve em parte pela escassez de materiais didáticos voltados ao público da educação básica. Assim, ao tratar dos conceitos básicos da mecânica, utilizamos o trabalho de Santana (2019), “Espaço, Tempo e Estruturas das Teorias do Movimento”, bem como o de Santana e Simon (2015), “Constitutive Elements of Non-Abelian Gauge Theories”; Santana e Simon (2019), “Causation, Symmetry and Time Irreversibility”; e também, Santana e Simon (2019), “Laszlo Tisza, 110 years: Origins of the Modern Thermal Physics”.

A apresentação deste produto é baseada nos seguintes pontos: trazemos, primeiramente, o tratamento um de caminho possível para se construir os conceitos da mecânica de maneira consistente. Em seguida, apresentamos a organização da sequência tratando da metodologia da sequência didática e também, os instrumentos avaliativos adotados para analisá-la. Ao final, o questionário utilizado como pré e pós-teste e um modelo de folha (papel A4), para a coleta dos dados durante a aplicação deste produto.

## ESTRUTURAÇÃO DAS TEORIAS DO MOVIMENTO

Este capítulo apresenta uma construção dos conceitos envolvidos em uma mecânica. Para isto, utilizamos como embasamento, o artigo escrito por Santana (2019), Espaço, Tempo e Estruturas das Teorias do Movimento. Assim como, o de Santana e Simon (2015), Constitutive Elements of Non-Abelian Gauge Theories, Santana e Simon (2019), Causation, Symmetry and Time Irreversibility. E também Santana e Simon (2019), Laszlo Tisza, 110 years: Origins of the Modern Thermal Physics.

### MUNDO HEURÍSTICO

Para se construir uma teoria do movimento, tem se de ser feito a escolha de um ponto de partida. Ao olhar para o mundo, um observador estabelece uma primeira constatação: “O mundo existe”. A partir deste primeiro entendimento, o observador passa ter a noção do existir do mundo, como um conceito primitivo. Então, ele observa que o mundo é composto por coisas (pessoas, bichos, plantas, estrelas, galáxias, etc.), sendo o existir das coisas, um outro conceito primitivo. Para a física, as coisas definem o mundo, e isso se chama realismo da física. Segundo Santana (2019), a *práxis* da física em qualquer escala, se constrói sobre o experimento, utilizando como ponto de partida as relações entre os objetos físicos.

Então, ao buscar construir uma teoria do movimento, o observador através da sua cognição, enxerga relações entre as coisas do mundo, que para a física são escolhidas como conceitos primitivos, ou ontológicos. As relações estabelecem a conformação, ou a disposição, das coisas entre si. Por exemplo, um observador diz, ao caminhar por uma rua: “...este carro azul está aqui e aquela bicicleta vermelha está ali...”. Ou ainda, pode dizer: “Esta caneta é muito menor que minha mesa!”, pois ao comparar, pode verificar que cabem 12 canetas ao longo da mesa, mas saberá também que não caberá 80 canetas. Isto significa que há relações (o conceito primitivo) entre a carteira e a caneta. Portanto, o observador passa a entender que, a conformação de relação que se estabelece, entre a caneta e a carteira não muda, neste caso. Estas relações são denominadas de estáticas. Além dessas, as conformações podem ser de natureza não-estáticas. Esta segunda possibilidade pode ser exemplificada da seguinte forma. Considere um observador sentado na janela de sua casa, de frente para uma avenida e concentra-se em um carro virando a esquina e diz: “Aquele

carro está passando!”. Em seguida, verifica que a relação da sua cama para com um poste situado na esquina em que o carro entrou, é de natureza estática, mas não com relação ao carro passando. Desta forma, ele observa que a conformação da sua cama para com o carro está mudando, mas em relação ao poste situado na esquina, a conformação continua a mesma. Então, o observador passa a denominar a mudança de conformação, de movimento.

Contudo, antes de estudar estas mudanças de conformação, verifica-se a necessidade de inserir alguns conceitos. Como o conceito de espaço, a partir das relações estáticas e o conceito de tempo, através das relações não-estáticas. Por consequência, dados os conceitos de espaço e tempo pode-se introduzir o conceito de velocidade, como uma das características do movimento, em seguida pode-se tratar o conceito de aceleração ou suas derivadas e assim por diante.

## **ESPAÇO HEURÍSTICO**

Ao tomar como ponto de partida o conceito de relações e a natureza estática das coisas (conformações), um observador situado em uma sala, enxerga relações entre as coisas que estão na sala, quer sejam umas para com as outras, ou ainda para com a própria sala. Sendo assim, ele pode vir a dizer: “Aquela estante, é muito maior que este livro!” ou “Aquela cadeira é muito menor que esta parede!”. Desta forma, o observador pode fazer experimentações, como verificar quantas cadeiras podem ser postas ao longo da parede. Por exemplo, ao contar, verifica que cabem 10,3 cadeiras. Ao obter o número, em que o significado se trata do valor de uma grandeza, aleatoriamente o observador pode nomeá-la de comprimento. Desse modo, o número 10,3 representando o comprimento, fica por muitas vezes, sem sentido para o observador dizer “10,3 comprimentos”, então perguntariam a ele: “Do quê?” e caso ele respondesse: “De parede!”, logo devolveriam “De qual parede você está falando?”. Portanto, cria-se uma unidade de medida que ele arbitrariamente chama de cadeiras.

De maneira análoga a esta, com o conceito primitivo de noção de profundidade (noção sensorial), um observador pode perceber se os objetos estão atrás ou à frente, bem como abaixo ou acima uns dos outros. Ele obtém através das relações, os conceitos de largura e altura. Com estes três conceitos, comprimento, largura e altura, permitem ao observador caso queira preencher toda a sala com várias coisas, e depois localizá-las caso fosse necessário. Então, através dos conjuntos das relações entre as coisas situadas na sala



observada, as quais se localiza umas com relações as outras, permitem ao observador criar um novo conceito, o qual ele chama de espaço, ou espaço-euclidiano tratado em todo o  $R^3$ . Em que dada a grandeza espaço, atribui-se uma unidade de medida que pode ser nomeada de metro. E sobre a unidade de medida a escala é construída.

## TEMPO AO LONGO DO TEMPO

Desde as primeiras civilizações até os dias atuais, os seres humanos pautaram suas atividades segundo noção que tinham de tempo. Ao voltar seus olhos para o céu, os povos primitivos viram o Sol nascer e se pôr, dando-lhes o entendimento do dia e da noite. Assim, conforme as civilizações se desenvolviam, o controle e posse sobre o tempo era utilizado para a legitimação de autoridades e ao acúmulo de bens. Desse modo, ao se apropriar e usar tempo, os representantes do povo definiam períodos de plantio, treinamento militar, rituais religiosos e etc.

Atualmente, umas das muitas competências dos físicos é buscar uma maneira clara de se abordar o tempo. Segundo Santana (2019), para se tratar do tempo em teorias físicas é preciso que se leve em conta dois aspectos de grande importância: o primeiro acerca dos elementos que constituem a noção de tempo, como processos empíricos; e o segundo aspecto pautado em atributos de natureza qualitativa-teórica quanto elementos geométricos.

Em vasta literatura, estão escritos grandes nomes que se destacaram ao tratar do tempo. Então, torna-se clara, a grande relevância histórico-cultural em lembrar as contribuições desses cientistas para o entendimento que temos sobre o tempo na atualidade.

Na Grécia antiga, Aristóteles, ao afirmar, “Tempo é movimento...” evidencia um entendimento acerca da natureza das coisas, ao destacar o fato de que estas se atualizam de maneira gradual (*metabole*) ao amplificarem suas potencialidades, nomeando todo o processo da mudança em si, de *kinesis*. Em resumo, para o grego, o movimento está relacionado ao processo de mudança, portanto, ao próprio tempo. “[...] não apenas medimos o movimento pelo tempo, mas também o tempo pelo movimento, porque eles se definem um ao outro. (Aristoteles Apud Whitrow, 1993, p. 57)”.

Anos mais tarde, Santo Agostinho (1996), ao escrever Confissões, faz uma primeira mensuração acerca do tempo, ao escrever “...medimos os tempos que passam, de modo que podemos afirmar: este espaço de tempo é duplo de tal outro, ou é-lhe equivalente,

ou este é o igual àquele...”. Por conseguinte, medimos os tempos ao decorrerem. E se alguém me disser: ‘Como sabeis?’, responder-lhe-ei: ‘Sei-o porque o medimos’. Não medimos o que não existe.”, esclarece que a medida do tempo, é estabelecida por meio de comparação de processos.

Por conseguinte, anos mais tarde ao utilizar *clepsidras*<sup>2</sup>, Galilei através da comparação e da prática experimental dos estudos dos movimentos, faz uma inserção do tempo, ao afirmar:

No que diz respeito à medida do tempo, empregávamos um grande recipiente cheio de água, suspenso no alto, o qual, por um pequeno orifício feito no fundo, deixava cair um fino fio de água, que era recolhido num pequeno copo durante todo o tempo em que a bola descia pela canaleta ou por suas partes. As quantidades de água assim recolhidas eram a cada vez pesadas com uma balança muito precisa, sendo as diferenças e proporções entre os pesos correspondentes às diferenças e proporções entre os tempos; e isto com tal precisão que, como afirmei, estas operações, muitas vezes repetidas, nunca diferiam de maneira significativa. (Galilei, 1988, p. 176).

Evidenciando que o tempo seria uma quantidade mensurável.

E por fim, Newton (1995), ao tratar do tempo com algo “...absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza flui igualmente sem relação com nada de externo, e com outro nome, é chamado de duração...”, ao escrever os *Principia*, propõe a primeira síntese mecânica para uma inquietação surgida ainda na idade média, período a partir do qual o tempo passou a utilizar o relógio como instrumento de medida. Então, desde Newton, a ciência tem feito uso desta maneira de mensuração.

## TEMPO HEURÍSTICO

Adota-se, como ponto de partida, o conceito de relações e a natureza não-estática das coisas, para a seguinte situação: um observador situado em uma sala munido de um pêndulo. Ao soltar o pêndulo, ele observa que a conformação da sala para com o pêndulo muda, mas depois ao voltar, a conformação é retomada. Assim, ao verificar que o ato de ir e vir se repete, o observador nomeia de *ciclo*. Desse modo, ao utilizar um pêndulo, o observador estabelece o padrão, que lhe permite comparar por exemplo, como se dá a mudança de conformação.

Então, suponhamos que um observador com um pêndulo em sua mão e sentado em sua sala com janela de frente para rua diz: “Quantos ciclos aquele carro leva para chegar

---

<sup>2</sup> A clepsidra ou relógio de água foi um dos primeiros sistemas criados pelo homem para medir o tempo. Trata-se de um dispositivo movido a água, que funciona com o auxílio da força da gravidade, no mesmo princípio da ampulheta (de areia). (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Clepsidra>, acesso em: 01 out. 2019).



ao fim da rua?” E ao contar, encontra 8,5 ciclos. Em seguida, uma moto passa, e ao repetir o processo, obtêm 3 ciclos, permitindo ao observador dizer: “a moto passou mais rapidamente que o carro!”. Assim, ao contar os ciclos, aparecem números (8,5 e 3), que representam os valores de uma grandeza, arbitrariamente chamada pelo observador de tempo, ou simplesmente  $t$ , especificado na reta real  $R$ .

Com a grandeza tempo, o observador é capaz de dizer o quão rápido a conformação de relação entre as coisas muda. Desse modo, ao retomar os valores da grandeza tempo, na situação descrita acima (8,5 e 3), para lembrar que estes valores representam esta grandeza, cria-se então uma unidade de medida, e novamente de forma arbitrária pode ser nomeada, segundo.

## MOVIMENTO HEURÍSTICO

Ao tratar das mudanças de conformação, admitindo-as mais rápidas ou menos rápidas, umas com relações as outras, implicitamente está incluída a noção de espaço, na qual a distância possui valor fixo.

Ao retomar o exemplo da moto que se move mais rapidamente que o carro através ciclos, sabe-se que, por meio das relações pode-se obter também o valor do comprimento da rua a qual é visualizada pelo observador. Desse modo, dadas as informações das medidas que informam o deslocamento dos móveis (carro e moto), e do tempo decorrido, é possível relacioná-los. Dessa relação, surge um novo elemento derivado das noções de espaço e tempo. Assim, é possível que observador sempre verifique o quão rápido outros objetos (veículos, pessoas, bichos etc.) percorram a mesma rua. Então, esta grandeza pode ser chamada de velocidade, representando o quanto se percorre no espaço ao longo de um tempo. Por consequência, o quanto mais rápido um objeto se move, então maior será sua velocidade. Representada por,

$$V = \frac{dx}{dt}.$$

Sendo a velocidade, uma relação entre o espaço e o tempo, torna-se claro que a unidade de medida que representa esta grandeza será uma unidade obtida através das utilizadas para representar o espaço e o tempo. Podendo ser,

$$\frac{cm}{s}; \frac{mm}{h}; \frac{m}{dia}.$$

Se o observador desejar comparar o quão rápido se dá o movimento ao longo de um tempo, pode ser inserido a partir desta nova relação uma outra grandeza. Esta, por sua vez, pode ser nomeada de aceleração. Descrita por,

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}.$$

## SIMETRIAS DO MOVIMENTO

Dados os conceitos de espaço e tempo, é possível introduzir a noção de sistema de referência inercial. Um sistema de referência é um *locus* no espaço onde o observador estuda o movimento de um sistema. Tal sistema é chamado de inercial, quando um sistema físico estudado mantiver seu estado de movimento, desde que não haja interação com outros sistemas. Por exemplo, se em um laboratório colocamos sobre uma mesa uma esfera parada, velocidade nula, ou mesmo constante, e se a mesma permanecer neste estado de movimento, então o sistema será chamado de sistema de referência inercial. Este é o conteúdo da primeira lei de Newton, chamada de lei da inércia descrita nos *principia*, “*Lex I: Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare*”.

Voltando ao caso da bolinha sobre a mesa, se nas mesmas condições (sem interação, e velocidade nula) ela sofrer alteração de seu estado de movimento, portanto, acelerar-se, dizemos que o sistema de referência é não-inercial.

Segundo Santana (2019), o estado de movimento de um sistema mecânico é caracterizado por elementos que tipificam o movimento desse sistema e informam o seu posicionamento espacial. Esse conceito nasce de processos experimentais, permitindo classificar os sistemas mecânicos (campos ou pontos materiais), em classes específicas de estados mecânicos nos quais a especificação dos sistemas ocorre através de uma função escalar. Assim, ao tomar a equação de Euler-Lagrange,

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} = \frac{\partial L}{\partial q_i}; i = 1, \dots, N.$$

verifica-se que o estado mecânico, chamado Lagrangiana, permanece invariante ao mudar de um sistema inercial para outro.

Entretanto, ao sugerir que o movimento poderia ser “relativo”, Galilei observou como se relaciona um sistema de coordenadas em repouso com outro que se move com velocidade uniforme em relação ao anterior. Para tanto, estabelece que as leis físicas devem

permanecer válidas para qualquer sistema de referência inercial. Em outras palavras, as leis físicas permanecem invariantes para todos os sistemas de referência inercial.

Dessa forma, a relação entre um sistema de referência, S, e outro S', se estabelece experimentalmente. Considere um observador descrevendo um objeto físico no sistema S, localizado num ponto  $p = (x, y, t)$ .

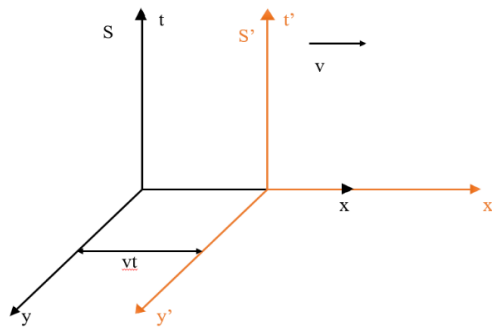
Para um outro observador no sistema S', o evento estará localizado em um ponto  $p' = (x', y', t')$ . A relação entre um ponto e outro fica dada por

$$x' = x + vt,$$

$$y' = y,$$

$$t' = t,$$

onde  $v$  é a velocidade relativa de S' com relação a S. Descrevendo o mesmo evento físico.



*Figura 1.: Transformação de Galilei.*

Assim, Galilei propõe a primeira ideia de relatividade, na qual o tempo é o mesmo em qualquer referencial inercial.

Entretanto, ao tratar de velocidades muito altas, como a velocidade da luz, encontramos como problema a sincronicidade dos relógios. Esta é a ideia versada por Einstein, ao propor a teoria da relatividade restrita. Em que, o movimento relativo entre os observadores, é expressado pela transformação de Lorentz. Assim, ao considerar um observador descrevendo um objeto físico no sistema S, localizado num ponto  $q = (x, y, t)$ , observa-se que, no sistema S', o evento estará localizado em um ponto  $q' = (x', y', t')$ . Dessa maneira, a relação entre um ponto e outro fica dada por

$$x' = \gamma(x + vt),$$

$$y' = y,$$

$$t' = \gamma\left(t + \frac{v}{c^2}x\right),$$

com  $\gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  (fator de Lorentz).

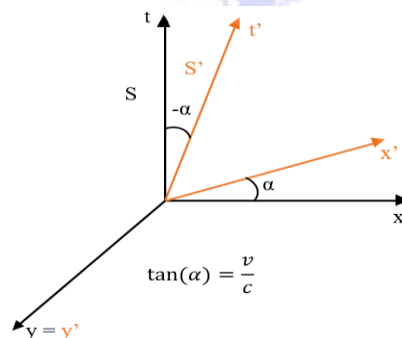


Figura 2.: Transformação de Lorentz.

Desse modo, para o regime de baixas velocidades, esses eventos são descritos pelas transformações de Galilei, enquanto que no regime de altas velocidades os eventos são descritos pelas transformações de Lorentz. Vale ressaltar que a ideia de espaço e tempo são as mesmas para os regimes de baixas e altas velocidades, tendo como único elemento diferenciador o sincronismo dos relógios.

Santana (2019) acrescenta que a velocidade luz,  $c$ , se trata de um limite de velocidade imposto experimentalmente. Segundo Halliday, Resnick e Walker, (2009, p. 148), a velocidade limite foi demonstrada em 1964 no experimento de W. Bertozzi<sup>3</sup>, onde, ao acelerar elétrons para que atingissem várias velocidades diferentes, obteve-se além da velocidade, a energia cinética desses elétrons. Desta forma, através do experimento, conclui-se que por maior que seja a energia fornecida a um elétron (ou qualquer outra partícula com massa), a velocidade da partícula jamais se iguala ou supera a velocidade limite,  $c$ . Em outras palavras, quando uma força é aplicada em uma partícula massiva em altas velocidades, a energia cinética aumenta, mas a velocidade praticamente não varia.

Logo, a ideia que se tem sobre energia precisa ser reformulada. Assim, a energia cinética passa a ser descrita, por

$$E = m_0 \gamma c^2.$$

A velocidade limite foi definida exatamente como  $c=299.792.458$  m/s. Em suma, pode-se dizer que ao admitir uma velocidade qualquer  $v$  menor que  $c$ , esta não pode ser

<sup>3</sup> W. Bertozzi, é professor de física no MIT e fundador e desenvolvedor do Bates Linear Accelerator Center, onde atuou como chefe de operações de pesquisa. atualmente dirige o Grupo de Interações Nucleares do LNS no MIT e é membro da American Physical Society e da American Association for the Advancement of Science. Ele possui B.S. e PhD (Física) pelo MIT, e é o inventor da tecnologia NRFI. ([http://web.mit.edu/physics/people/faculty/bertozzi\\_william.html](http://web.mit.edu/physics/people/faculty/bertozzi_william.html), acesso em: 01 out. 2019).



acelerada até equiparar-se ou exceder a velocidade da luz. Por conseguinte, esse entre outros experimentos (como por exemplo, a caixa de Einstein proposto em 1906, na qual também aponta a velocidade da luz,  $c$ , como um limite de velocidades) indicam um gasto infinito de energia para fazer com que objetos massivos se movam na velocidade da luz. Para visualizar isso, basta tomar um corpo que se move com velocidade  $v$ , cuja energia está expressa por

$$E = m_0 \gamma c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Entende-se que, quanto mais  $v$  se aproxima de  $c$ , no limite, a energia que deve ser fornecida ao corpo tende ao infinito.



## **INSTRUMENTOS AVALIATIVOS**

Entre as inúmeras atribuições de um professor, está o processo ou ato de avaliar seus alunos. Tal processo exige uma preocupação clara com a maneira de se avaliar o indivíduo ou indivíduos que estão sendo avaliados. Deste modo, é imprescindível que, assim como o professor, os processos sejam sempre reinventados para melhor atender aos alunos, cujo processo irá implicar diretamente na caminhada dentro da instituição escolar.

Assim, ao tratar como um processo a prática de avaliação, é necessário que não haja adoção ou valorização de um único mecanismo para tal, possibilitando uma amplificação acerca das oportunidades, em que se favoreça o aluno apresentar o que aprendeu. Muito embora tratado como a linha de chegada de cada conteúdo, o processo avaliativo nunca pode ser um ponto final na aquisição do conhecimento, mas um elemento que o acompanha durante o processo.

Portanto, torna-se claro reconhecer que os diferentes processos e os meios para que os alunos possam ser avaliados implicam em uma garantia de uma aprendizagem que seja mais sólida e coesa, promovendo uma participação integral no ambiente de sala de aula.

[...] A prática da avaliação nas pedagogias preocupadas com a transformação deverá estar atenta aos modos de superação do autoritarismo e ao estabelecimento da autonomia do educando, pois o novo modelo social exige a participação democrática de todos, (LUCKESI, 2005, p.32).

Dessa forma, foi utilizado o modelo de pesquisa qualitativa como elemento facilitador da coleta dos dados. Esta ação contou com uma valorização dos escritos dos alunos (produção textual) sendo representada na aplicação de um pré-teste e registros dos alunos das atividades e ainda a confecção de mapas conceituais.

## **PESQUISA QUALITATIVA**

Escolher por uma pesquisa qualitativa, há uma pretensão de que ao diversificar a maneira como se apresenta os conteúdos, desperte nos alunos um desejo de querer aprender os conceitos físicos abordados. Vale ressaltar que não há um interesse quanto aos números, mas sim por elementos que evidenciem a apreensão dos conceitos por parte dos alunos.

[...] a pesquisa qualitativa abdica total ou quase totalmente das abordagens matemáticas no tratamento dos dados, trabalhando preferencialmente com as palavras oral e escrita, com sons, imagens, símbolos, etc, (MOREIRA, 2002, p. 44).

Segundo Moreira (2002), uma pesquisa qualitativa deve estar edificada sobre alguns parâmetros que devem ser considerados ao se utilizar este formato de pesquisa. Portanto, primeiramente deve se levar em conta a interpretação do foco na qual o aplicador deve buscar um entendimento sobre o tema abordado através da ótica dos participantes. Logo, é de grande importância destacar a subjetividade com que se apresenta cada participante, sempre flexibilizando o processo ao longo da aplicação, na qual há uma exigência da parte aplicador, que deve estar sempre atento para uma possível rigidez das situações do estudo. Assim, o foco da pesquisa deve estar voltado para o processo, e nunca para o resultado, pois é a experiência que deve ser levada em conta, dando margem para o próprio aplicador reconhecer que também fora influenciado pela pesquisa.

## **PRODUÇÃO TEXTUAL**

No ambiente da sala de aula, a comunicação entre o professor e o aluno acontece de diferentes maneiras. Em meio aos diversos meios de comunicação existentes, a produção textual pode ser destacada nas aulas de física, por mais que seu uso seja ligado com maior frequência as disciplinas de português, redação ou literatura.

A utilização da escrita em uma disciplina como a física está para além das normas gramaticais ou ortográficas, está voltada para enxergar como o ato de escrever permite que os alunos expressem e argumentem sobre o que pensam acerca de um determinado assunto discutido em sala de aula.

Desta maneira, pedir que os alunos escrevam, possibilita uma dinâmica entre a linguagem e pensamento desenvolvido sobre tal assunto, permitindo que eles expressem como se dá a organização e a construção de seus conhecimentos. Para Vygotsky (2005), ao fazer uso da linguagem, quer seja ela escrita ou em outra formatação, não se prende apenas ao fato do indivíduo poder expressar aquilo que pensa, mas sim em uma estruturação mais abrangente, na qual atua na maneira de construir e organizar o pensamento.

Para que isto tenha êxito, o processo da produção textual deve ser bem estruturado. Assim, solicite que os alunos se expressem de forma escrita, através do uso de questionários

contendo perguntas abertas e também fazendo registro de determinadas situações ao longo da aplicação da sequência.

## MAPAS CONCEITUAIS

Para Moreira (2012), mapas conceituais têm o claro propósito de esclarecer as relações significativas e a hierarquia existente entre conceitos, por isto, devem ser vistos como diagramas de significados. Para construir um mapa conceitual, não são exigidas regras formais; nele são utilizadas formas geométricas, que abrigam conceitos e que o tamanho dessas figuras permite a hierarquização dos conceitos, que só terão significado se forem previamente esclarecidos, fazendo com que o mapa tenha sentido.

A elaboração de um mapa conceitual, evidencia a maneira individualizada de organizar os conhecimentos, de quem o construiu. A utilização de linhas com setas pode facilitar o processo de entender o que pretende ser mostrado. Desta maneira, permite que haja um contraste entre o que foi aprendido mecanicamente com uma aprendizagem significativa.

A utilização de mapas conceituais permite que seja feita uma sondagem acerca do que foi aprendido durante as aulas. Apresentando também, através dos conceitos e conexões utilizadas para a construção do mapa, evidências de aprendizagem significativa, sendo cada mapa único e não podendo ser classificado em certo ou errado.

Para avaliar os mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos, utilize os critérios tratados por Moreira (2013, p. 35):

- *De acordo com a matéria de ensino, as linhas conectando conceitos e as palavras de enlace (os conectores) devem sugerir relações adequadas.*
- *Presença dos conceitos mais importantes do tema abordado.*
- *Existência, não apenas de relações verticais, mas de relações cruzadas, indicando reconciliação integrativa.*
- *Hierarquização conceitual expressa de forma clara (conceitos mais importantes em destaque).*

## ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA

Esta sequência se baseia no modelo de uma UEPS, aplicada ao ensino de Mecânica. Ao longo de toda aplicação, deve haver a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos, na qual, o professor/aplicador deve buscar evidências de uma aprendizagem significativa. A duração prevista para esta sequência é de 4 encontros/aulas de 50 minutos. Desse modo, apresentamos a seguir uma organização prévia de cada um dos encontros. Em seguida, apresentaremos a lista de material a ser utilizada durante o desenvolvimento desta prática.

## ORGANIZAÇÃO DO ENCONTRO

- 1º encontro: Apresentação da proposta aos estudantes, levantamento dos conhecimentos prévios (aplicação do pré-teste) e debate sobre: “*O Mundo e suas coisas*”.
- 2º Encontro: Aula-experimental sobre Espaço.
- 3º encontro: Aula-experimental sobre Tempo e Velocidade.
- 4º encontro: Orientação e confecção dos Mapas Conceituais.

## LISTA DE MATEIRIAIS

- 1 Rolo de Barbantes;
- Bolinhas de gude; (Qtde. dependerá do número de alunos)
- Folha de papel A4 em branco (modelo disponível no final);
- Arruelas (Dimensão: 1”, Diâmetro Interno (mm): 27, Diâmetro Externo (mm): 55 e Espessura (mm): 3

E para melhor guiá-lo, a tabela a seguir apresenta uma perspectiva clara do que deverá ocorrer em cada encontro.



Tabela 1.: Organização de aplicação da sequência.

Organização da UEPS				
Encontros	Atividades	Objetivos	Tempo	Avaliação
1º	Atividade 1	Investigar os conhecimentos prévios. (pré-teste)	20 min	Questionário (Apêndice A)
	Atividade 2	Utilizar de um organizador prévio para ancoragem do aprendizado.	30 min	Debate aberto sobre “O que é mundo heurístico” e produção textual
2º	Atividade 3	Apresentar situações problema; Inserir o conceito de relações.	25 min	Produção textual
	Atividade 4	Apresentar novas situações problema em níveis mais complexos levando em conta o princípio da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora; Inserir a noção de espaço.	25 min	Produção textual
3º	Atividade 5	Apresentar situações problema em níveis cada vez mais complexos; Inserir a noção de tempo.	25 min	Produção textual
	Atividade 6	Apresentar situações problema em níveis cada vez mais complexos levando em conta o princípio da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora; Inserir a noção de velocidade.	25 min	Produção textual
4º	Atividade 7	Explicar o que é um mapa conceitual; Construir um mapa conceitual.	30 min	Construção do Mapa conceitual
	Atividade 8	Verificar a compreensão dos conceitos	20 min	Questionário (Apêndice A)



## PRIMEIRO ENCONTRO

No primeiro encontro o professor/aplicador fará a apresentação da proposta para os alunos, na sala de aula. Para isto, deve ser utilizado um *datashow* para a apresentação de *slides* e, sempre que possível, dando espaços para esclarecimentos sobre cada encontro e suas respectivas atividades. Assim, este primeiro momento está dividido em 2 atividades.

### *Atividade 1*

Solicite aos estudantes que respondam a um questionário sobre perguntas abertas tratando de conceitos relacionados à mecânica (APÊNDICE A) como situação inicial. Para este momento, utilize 20 minutos da aula. Dessa maneira, esta primeira atividade terá como objetivo fazer uma investigação acerca dos conceitos prévios dos estudantes sobre os conceitos de mecânica. Ausubel (2003), destaca que os conhecimentos prévios que os estudantes levam para a sala de aula são explicações práticas para os objetos e fenômenos, sendo na maioria das vezes pouco elaborados, precisando serem identificados e levados em consideração pelo professor.

### *Atividade 2*

Após aplicar o pré-teste, faça uma discussão sobre o tema: “*O mundo heurístico*”, utilizando o tempo final da aula, através de um debate aberto e utilizando o *datashow*. Para melhor desenvolver o debate, leia o tópico *O mundo heurístico* deste produto. Ao término da discussão, solicite aos alunos que se agrupem e então forneça folhas em branco (folha-modelo) para que possam registrar coisas de uso cotidiano em que eles possam fazer alguma comparação. Para esta atividade utilize 20 minutos.

## SEGUNDO ENCONTRO

O segundo encontro é destacado pela inserção do conceito de espaço, em princípio através de uma aula cotidiana, mas com o diferencial de que ao longo do desenvolvimento do conceito os alunos podem participar ativamente através de atividades experimentais. Este encontro contém 2 atividades.

### *Atividade 3*

Primeiramente apresente o conceito primitivo de relações, mostrando que ao comparar um dado objeto com outro irá emergir um número. Sendo esse número, o valor de uma grandeza, que pode ser arbitrariamente nomeada de pincel, por exemplo. Sendo assim, ao comparar o pincel ao longo da mesa sala, obteve por exemplo 10 pincéis. Então, esclareça que ao efetuar aquela medida através do instrumento pincel, verificou que a mesa mede 10 pincéis. E que as medidas podem ser realizadas por diferentes objetos. Para isto, mais uma vez solicite que os alunos formem grupos. Assim, retire o rolo de barbantes e corte diferentes tamanhos. Em seguida, forneça um barbante para cada grupo.



*Figura 3.: Entregando os barbantes.*

Novamente entregue novas folhas em branco e peça que os alunos nomeiem seus barbantes com nomes à escolha deles e depois registrem na folha. Assim, com os barbantes nomeados, peça aos grupos para que com auxílio do barbante relacione os objetos que estão dentro da sala. Ao fim desta atividade, peça para registrarem o que foi possível relacionar na folha anteriormente fornecida. Para esta atividade, utilize 25 minutos.



*Figura 4.: Utilizando o barbante para comparar com uma caneta.*



*Figura 5.: Utilizando o barbante para comparar com uma mochila.*

#### ***Atividade 4***

Dando continuidade, a aula-experimental através dos conceitos primitivos de “relações” e “noção de profundidade”, proponha novas situações problema, agora em um grau maior de complexidade, levando em conta o princípio da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. Assim, solicite aos alunos que permaneçam agrupados. Então, peça para que eles escolham algum dos objetos/coisas que foram relacionados através do uso do barbante, e em seguida, o utilizem como instrumento de medida para as dimensões da sala de aula. Assim, os estudantes irão obter as medidas do comprimento, largura e altura da sala em questão. Conclua o encontro inserindo o conceito de espaço. Para tanto, forneça folhas (papel A4) em branco para que possam registrar o que mediram e o que foi comparado entre os grupos. Para esta atividade, utilize 25 minutos.





*Figura 6.: Verificando quantos barbantes cabem entre o piso e o teto.*



## TERCEIRO ENCONTRO

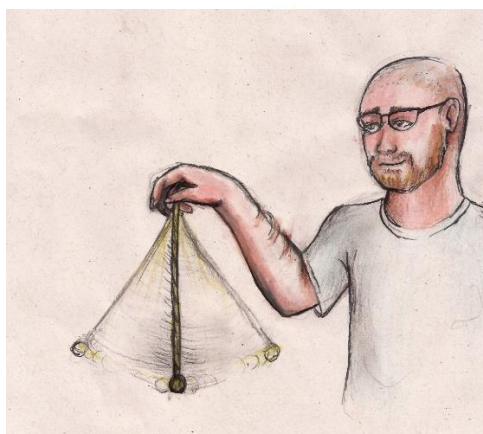
No terceiro encontro há a inserção do conceito de tempo, de forma semelhante à adotada no 2º encontro. Em seguida há apresentação do conceito de velocidade. Neste encontro ocorrerão 2 atividades.

### *Atividade 5*

Esta atividade é iniciada com uma recapitulação histórica acerca do tempo (use o texto tempo ao longo do tempo). Em seguida, pegue o rolo de barbantes e recorte com o mesmo tamanho, um barbante para cada grupo. Com este pedaço de barbante, amarre uma das pontas junto a uma das arruelas para que possa ser construído um pêndulo para cada um dos grupos participantes. Então, através do uso de um pêndulo e de relações, será inserido o conceito de tempo. Em seguida, peça aos alunos que se agrupem, e para cada grupo entregue um pêndulo e algumas “bolinhas de gude”. Assim, conduza-os para o corredor da escola, ou permaneça na sala caso não haja a possibilidade de movimentá-los. Então, peça para que um dos membros de cada grupo, lance uma de suas bolinhas, enquanto um outro membro conta os ciclos gastos até a bolinha percorrer todo o local. Então, indique que a marcação realizada através dos pêndulos como instrumento de medida serviu para medir o tempo que as bolinhas levavam para percorrer o corredor da escola ou sala. Em seguida, entregue novas folhas (papel A4) em branco para que façam registro das marcações. Para ficar mais interessante, peça para que cada grupo faça três ou mais lançamentos, e depois, peça-lhes que tirem a média das medidas. Para esta atividade, serão utilizados 25 minutos.



*Figura 7.: Abandonando o pêndulo.*



*Figura 8.: Contando os ciclos através do pêndulo.*

### ***Atividade 6***

Nesta atividade, novamente você irá utilizar o conceito primitivo de relações, o mesmo utilizado para inserir os conceitos de espaço e tempo. Então, estando estes conceitos bem estabelecidos, você pode inserir novos conceitos, como por exemplo, a noção de velocidade. Para tanto, solicite aos grupos que utilizem seus barbantes e pêndulos como instrumentos de medida para obter o comprimento do corredor e o tempo gasto para percorrê-lo. Então conclua apresentando o conceito de velocidade como resultado do ato de comparar as medidas de espaço e tempo. Assim, peça que os grupos verifiquem entre eles qual das equipes foi mais veloz ou quem foi menos veloz. Nesse momento, os questione “por que que o grupo “x” foi o mais/menos veloz?”. Ao término, peça-lhes para registrar os dados da atividade, em novas folhas fornecidas as equipes.

## QUARTO ENCONTRO

No quarto e último encontro, haverá a construção dos mapas conceituais e também a aplicação do pós-teste, a fim de verificar o que entenderam ao longo dos encontros. Através de duas atividades.

### Atividade 7

Inicialmente, explique aos seus alunos sobre o que é e como se faz para construir um mapa conceitual. Em seguida, mostre às turmas alguns modelos de mapas conceituais já construídos, como os das figuras a seguir.



Figura 9.: Exemplo de mapa conceitual nº 1. Fonte: <http://cursoonlineinformaticaprofessores.pbworks.com/f/1316283952/mapa2.jpg>

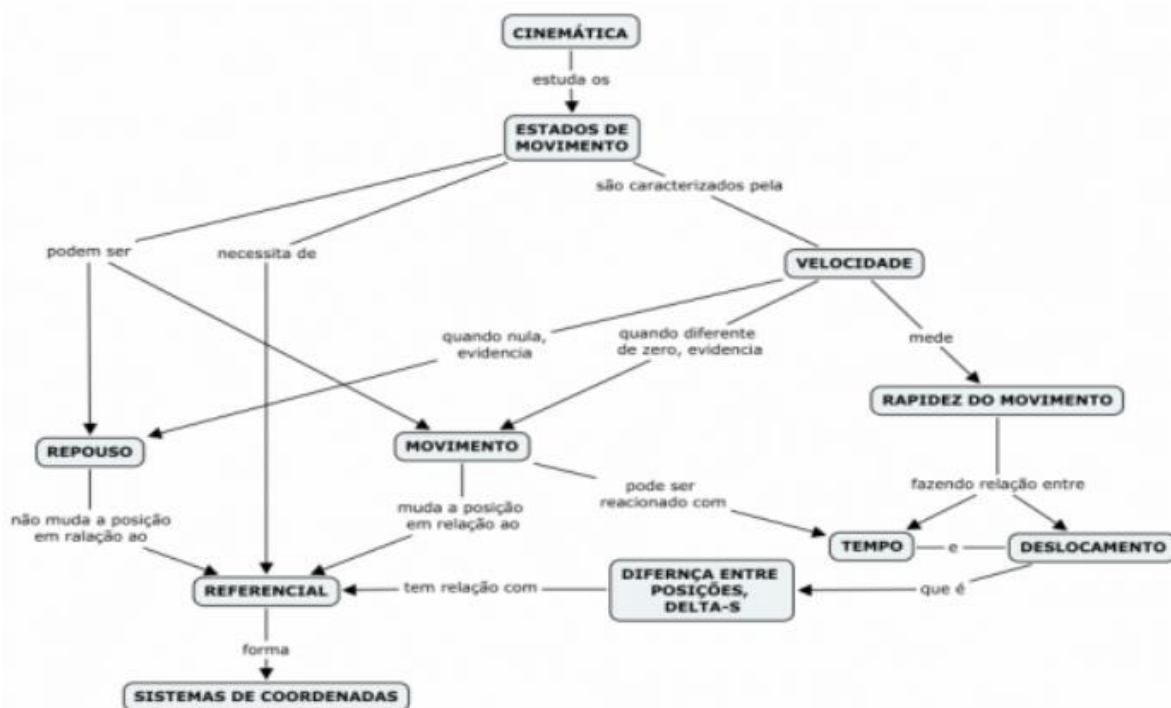


Figura 10.: Exemplo de mapa conceitual n° 2. Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Mapa-conceitual-de-Cinemática\\_fig2\\_31655135](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Mapa-conceitual-de-Cinemática_fig2_31655135)

Após esta apresentação, entregue uma ou mais folhas em branco para cada grupo. Nesta atividade, você pode solicitar que se construa os mapas de forma individual, sendo um para cada membro do grupo ou um mapa conceitual por grupo. Então, peça-lhes para elaborem mapas conceituais sobre o que foi aprendido ao longo dos encontros. Para a atividade conceda aos alunos 30 minutos.

### Atividade 8

Chegando à última atividade deste quarto encontro, peça aos estudantes que respondam novamente o questionário (Apêndice A) adotado na atividade 1. Assim, através das respostas deste questionário será possível comparar com o que foi respondido no início dos encontros, tendo como objetivo verificar a evolução das respostas dos alunos.



# QUESTIONÁRIO



## Questionário de pesquisa sobre compreensão de conceitos da área de mecânica

Este questionário visa analisar a compreensão que estudantes do 1º ano do ensino médio possuem sobre conceitos da área de mecânica. Faz parte do trabalho que estamos desenvolvendo junto ao Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF).

Ressaltamos que os sujeitos participantes da pesquisa não serão identificados na redação final do texto e suas informações serão mantidas em sigilo, mencionadas somente as respostas na tabulação dos dados para a dissertação, e, posteriormente, na publicação de trabalhos científicos. Informamos que, ao responder este questionário, você está autorizando a publicação das respostas, resguardado seu direito ao anonimato. Os dados de identificação serão usados apenas para nosso controle e, caso necessário, para esclarecimento sobre alguma resposta dada.

**Sua colaboração é muito importante para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por participar.**

**Identificação:**

**Escola:** \_\_\_\_\_

**Estudante:** \_\_\_\_\_

**E-mail:** \_\_\_\_\_

1. O que é tempo?

---

---

---

---

---

---



2. O que é espaço?

---

---

---

---

---

---

---

3. O que é movimento?

---

---

---

---

---

---

---

4. Quais as características das grandezas associadas ao movimento?

---

---

---

---

---

---

---

5. Quais tipos de movimentos você conhece?

---

---

---

---

---

---

---

## FOLHA DE ANOTAÇÕES:

Atividade: \_\_\_\_\_ - Grupo: \_\_\_\_\_



## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. Psicologia Educacional. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2003.

AUSUBEL, D. P. Educational psychology: a cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D. P.; ROBINSON, F. G. School learning: An introduction to educational psychology. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1969.

BAFFI, M. A. T. O planejamento em educação: revisando conceitos para mudar concepções e práticas. In.: BELLO, José Luiz de Paiva. Pedagogia em Foco, Petrópolis, 2002.  
Disponível em: <  
[http://www.miniweb.com.br/educadores/artigos/pdf/fundamentos\\_educacao.pdf](http://www.miniweb.com.br/educadores/artigos/pdf/fundamentos_educacao.pdf)> Acesso em: 06 fev 2019.

BRASIL, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

G.J. Whitrow, O Tempo na História (Jorge Zahar, Rio de Janeiro, 1988).

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna. 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009

I. Newton, The Principia (Prometheus Books, New York, 1995).

J. Needham, W. Ling e D.J.S. Price, Heavenly Clockwork: the Great Astronomical Clocks of Medieval China (Cambridge University Press, Cambridge, 1960).

LUCKESI, Cipriano C. Avaliação da Aprendizagem Escolar. 17ª ed. São Paulo, SP: Cortez, 2005.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. Ciência & Educação, v.9, no.2, p. 147-157, 2003.

MEGID NETO, J.; PACHECO, D. Pesquisas sobre o ensino de física no nível médio no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. In: NARDI, R. (Org.). Pesquisas em ensino de física. 2. ed. rev. São Paulo: Escrituras, 2001.

MOREIRA, Daniel Augusto. O método fenomenológico na pesquisa. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.



- MOREIRA, Marco Antônio. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.
- \_\_\_\_\_. (2011a). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas-UEPS. Aprendizagem Significativa em Revista. Porto Alegre, v.1, n.2, p.43-63.
- \_\_\_\_\_. (2011b). Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. Aprendizagem significativa em Revista, v.1, n.3, p.25-46.
- \_\_\_\_\_. (2011c). Meaningful learning: from the classical to the critical view. Aprendizagem Significativa em Revista, v1, p. 1-15.
- \_\_\_\_\_. (2011d). Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. Aprendizagem Significativa em Revista, v1, p. 84-95.
- \_\_\_\_\_. Mapas conceituais e aprendizagem significativa, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>>. Acesso em: 14 Out. 2018.
- \_\_\_\_\_. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Textos de Apoio ao Professor de Física, v.24, n.6, 2013. Disponível em <[www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24\\_n6\\_moreira\\_.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira_.pdf)>. Acesso em: 14 Out. 2018.
- NOVAK, J. D. (1977). A Theory of Education. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- P. Davies, About Time: Einstein's Unfinished Revolution (Simon&Schuster, London, 1995).
- PERRENOUD, Philippe. Gestion de l'imprévu, analyse de l'action et construction de compétences. Education Permanente, nº 140, 3, p. 123-144.
- PIETROCOLA, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC (org.). 2001.
- POSTMAN, Neil.; WEINGARTNER, Charles. Teaching as a Subversive Activity. New York: Delacorte Press, 1969.
- SOLÉ, I. Disponibilidade para a aprendizagem e sentido da aprendizagem. In: COLL, E. C. (Org). O construtivismo na sala de aula. São Paulo: Ática, 2006.
- VIGOTSKI, L.S. Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 2005.
- RESQUETTI, S. O. Como se movem os projéteis nos livros didáticos de física e no vestibular? Inquirindo o Galileu sintético de hoje. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino da Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.
- RESQUETTI, S. O.; DANHONI NEVES, M. C. Uma proposta de mecânica para o nível médio: estratégias para o ensino-aprendizagem em sala de aula. Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.