



## **PRODUTO EDUCACIONAL**

### **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO SOBRE O TEMPO: Breves implicações filosóficas sobre o tempo e a Teoria da Relatividade Restrita**

Paulo Roberto F. da S. Sobrinho

Produto educacional, material instrucional, associado à dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) polo 4, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Manaus – AM  
11/2021

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO SOBRE O TEMPO: Breves  
implicações filosóficas sobre o tempo e a Teoria da Relatividade Restrita**

Manaus - AM  
11/2021

---

**Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro**

---

- S238s Silva Sobrinho, Paulo Roberto Ferreira da.  
Sequência didática para o ensino médio sobre o tempo: breves implicações filosóficas sobre o tempo e a teoria da relatividade restrita / Paulo Roberto Ferreira da Silva Sobrinho. – Manaus, 2021.  
36 f. : il. color.
- Produto Educacional proveniente da Dissertação - Sequência didática para o ensino médio sobre o tempo: breves implicações filosóficas sobre o tempo e a teoria da relatividade restrita. (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2021.  
Orientador: Prof. Dr. Igor Tavares Padilha.  
ISBN 978-65-88247-66-2
1. Ensino de física. 2. Teoria da relatividade restrita. 3. Mapas conceituais. I. Padilha, Igor Tavares. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530.11

## **Apresentação**

Caro professor, o produto educacional da dissertação de mestrado Sequência Didática para o Ensino Médio sobre o Tempo: Breves implicações sobre o tempo e a Teoria da Relatividade Restrita aborda uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa com o auxílio de mapas conceituais para tratar a grande quantidade de visões filosóficas.

A sequência deve ser aplicada para alunos do terceiro ano do ensino médio, onde o aluno já tem domínio de conceitos como velocidade relativa, referenciais inerciais e o fenômeno de indução eletromagnética. De fato, há a possibilidade de aplicar para alunos do primeiro ano, se já conhecerem os conceitos de velocidade relativa e referenciais inerciais, contudo, o fenômeno de indução eletromagnética (EINSTEIN, 2020) precisaria de maior ênfase e tempo devido a importância do fenômeno a respeito do desenvolvimento da Teoria da Relatividade Restrita. As aulas iniciam tratando das visões filosóficas e depois da construção física desses conceitos, com o auxílio quando possível de vídeos e softwares para esclarecimento dos conceitos físicos, utilizando a teoria psicológica educacional da Aprendizagem Significativa.

Este produto contém as aulas, a teoria e os recursos didáticos necessários para sua realização. O professor é o principal mediador dos conhecimentos e inicia o produto com uma nuvem de ideias para aproveitar o que os alunos entendem sobre o tempo, passando por aulas expositivas, atividades e uma avaliação – tudo isso – partindo da ideia de que educação é o conjunto de experiências cognitivas, afetivas e psicomotoras (MOREIRA, 1999, p. 167), como proposto por Novak. O produto pode ser aplicado tanto presencialmente quanto a distância, essa flexibilidade foi necessária pensando no momento ocasionado pela pandemia de Covid-19, é evidente, que para tal, algumas modificações devem ser feitas em relação as atividades e a avaliação utilizando algum software como o Google Sala de Aula ou outra plataforma que permita ferramentas adequadas para a implementação.

A Sequência Didática é constituída de quatro aulas que são descritas neste material, e se necessárias adaptadas para melhor se encaixar na realidade vivida, além de que o material pode ser melhorado e acrescentado como descrito na avaliação da UEPS.

## Sumário

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Apresentação .....                                                                                 | iii |
| O tempo segundo Aristóteles, Santo Agostinho, Immanuel Kant, Henri Bergson e Martin Heidegger..... | 1   |
| Relatividade newtoniana .....                                                                      | 8   |
| Relatividade einsteiniana .....                                                                    | 9   |
| Teoria de ensino .....                                                                             | 13  |
| Aprendizagem significativa segundo Novak .....                                                     | 13  |
| Unidade Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) .....                                           | 13  |
| Mapas conceituais .....                                                                            | 17  |
| Planos de aula .....                                                                               | 18  |
| Aula 01.....                                                                                       | 19  |
| Aula 02.....                                                                                       | 21  |
| Aula 03.....                                                                                       | 24  |
| Aula 04.....                                                                                       | 28  |
| Considerações finais.....                                                                          | 31  |
| Referências Bibliográficas.....                                                                    | 32  |

## **O tempo segundo Aristóteles, Santo Agostinho, Immanuel Kant, Henri Bergson e Martin Heidegger**

As visões ideológicas apresentadas se fragmentarão em várias características, notadamente o foco será entender o tempo e sua relação com espaço. Todos esses filósofos criam um arcabouço que em determinados pontos se convergem com a Física e fundamentam o pensamento moderno. Para simplificar, destaca-se as características substantivistas e relacionistas.

Substantivista: Visão ideológica em que o tempo independe do movimento dos corpos.

Relacionista: Visão ideológica em que o tempo depende do movimento dos corpos.

### **1) Aristóteles (385 – 322 a.C.)**

Aristóteles, de certa forma foi o primeiro destes que entra nessa história do estudo tempo, portanto, todos os outros propõem suas ideias a partir de seus pensamentos (REIS, 1999, p.144). A partir de agora viajaremos numa breve história sobre esses conceitos até os dias atuais.

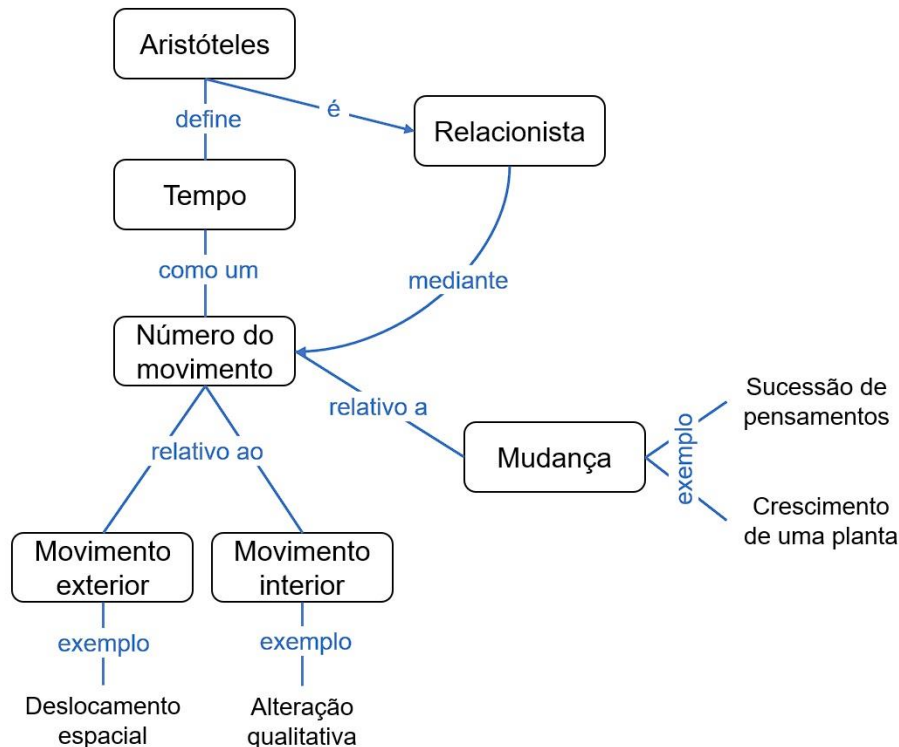
Nos tantos livros escritos por ele um deles traz um questionamento muito especial sobre o tempo, o livro IV da *Física* - assim escrito - “se o tempo existe e, se sim, qual a sua natureza”. Na opinião de Platão, o tempo teria alguma ligação com o movimento dos astros, propondo uma relação estrita com o movimento. Então, seria ele o próprio movimento? Para Aristóteles, não o poderia ser por duas razões: i) existem muitos movimentos e apenas um tempo; ii) os movimentos podem ser rápidos e lentos, e para ele, o tempo é uniforme sempre e por toda parte. Sendo assim, o tempo não é o movimento, mas liga-se a ele. Revelando que quando nada acontece o tempo para e perde a relação de sucessão.

Resumidamente, acredita que existe uma relação estrita entre o movimento e o tempo como mostra a Figura 1. Questionando a natureza do tempo e afirmando que o tempo não é movimento, mas que existe uma ligação. Define o tempo como “o número (...) segundo o antes e o depois” (REIS, 1996, p. 146).

**Ideia central:** O tempo é apenas medida da mudança.

ROVELLI, 2018

Figura 1 - Mapa conceitual da visão aristotélica



Fonte: Próprio autor (2021)

## 2) Santo Agostinho (480 – 525)

Segundo Santo Agostinho (480-525), um dos maiores pensadores sobre o tempo desde Aristóteles, como consideram muitos pesquisadores, para entendê-lo o tempo deve ser pensado a partir da eternidade, ou melhor, a partir de Deus vinculando-o a transcendência. Para ele, o tempo é uma distensão do próprio espírito ou alma. Tal conclusão foi levada pela reflexão da qual o passado e o futuro não existem, e o presente não dura para se apreender algo, porque um instante não tem duração apenas sucessão. É indubitável que o tempo tem que Ser, pois ele existe e seus efeitos são indiscutíveis, assim o presente é presentificado para existir explicação (BARROS FILHO, 2021) e, dessa forma, “o que se pode efetivamente medir quando mensuramos o tempo não é, por conseguinte, o próprio tempo, mas tão somente o nosso próprio espírito” (PUENTE, 2010, p. 31), ou seja, o tempo medido é aquilo que foi apreendido de

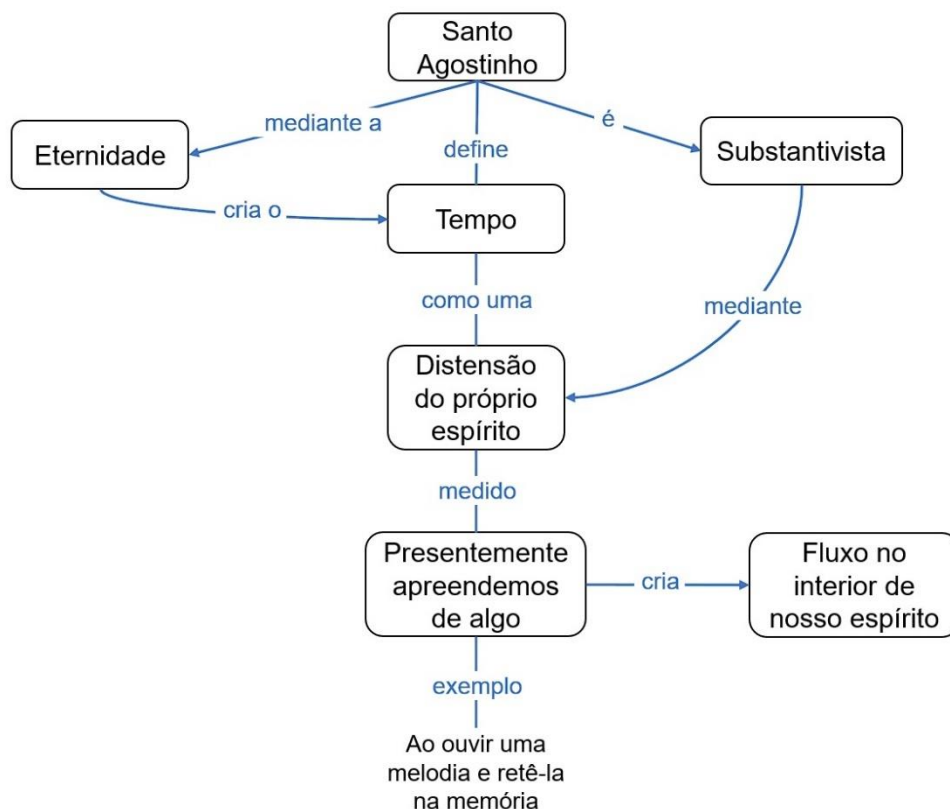
algo como ao estudar e memorizar o conteúdo, ou escutar uma música e retê-la, ou topar numa pedra e sentir a dor por minutos a fio.

Em resumo, questiona a natureza do tempo pensando na eternidade definindo-a como a distensão do próprio espírito ou alma. Levanta a problemática central do pensamento moderno ao filosofar sobre a consciência da duração, responde à questão sobre o passado e o futuro acreditando que estão em nós, em nossa mente, ver Figura 2.

**Ideia central:** O tempo, portanto, é isto: existe inteiramente no presente, na nossa mente como memória e como antecipação.

ROVELLI, 2018

Figura 2 - Mapa conceitual da visão agostiniana



Fonte: Próprio autor (2021)

### 3) Immanuel Kant (1724 – 1804)

Immanuel Kant talvez tenha sido um dos pensadores que mais influenciou a Filosofia Moderna, mais interessado na fundamentação do conhecimento humano procurou demarcar os limites da razão humana.



Apresenta a condição *a priori* que determina a existência de algo antes de qualquer percepção, o espaço é um bom exemplo disso, visto que “Não se pode nunca ter uma representação sem espaço, embora se possa muito bem pensar que não há objetos no espaço (...)” (REIS, 1999, p. 349), dessa forma, o espaço é a condição necessária de ocorrência dos fenômenos, ou seja, independente da experiência.

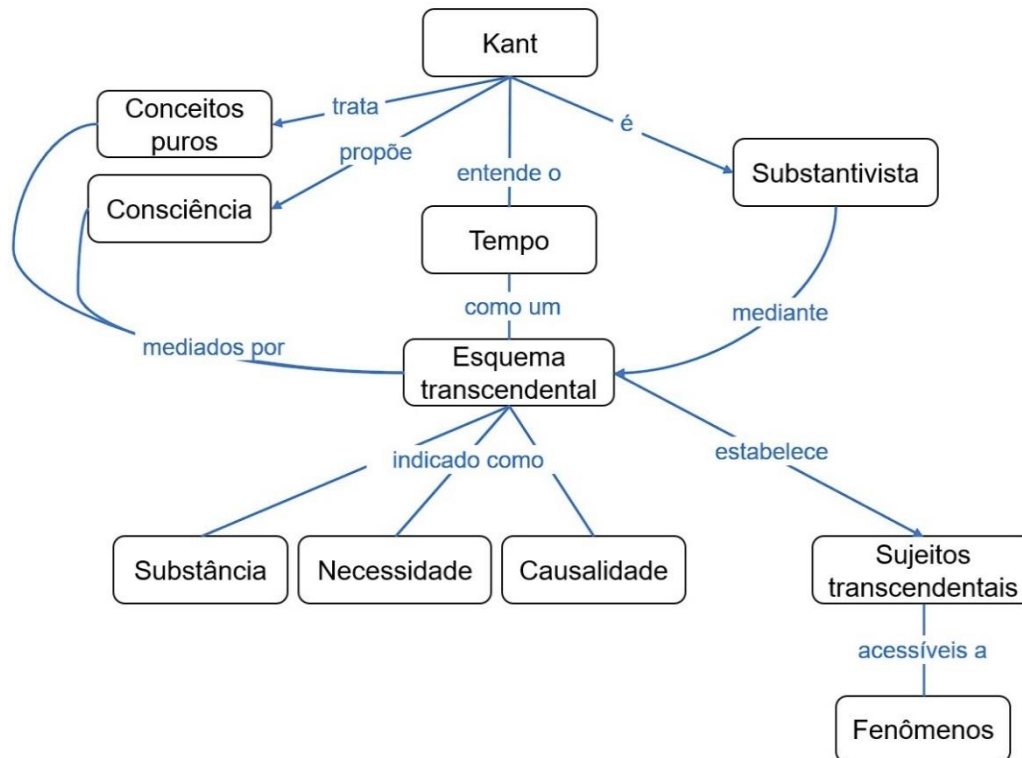
A outra condição é a *posteriori* que determina a dependência das experiências sensoriais para a percepção de algo, dessa forma para que o homem elabore juízos, isto é, que pense, necessita aplicar à experiência sensível (a *posteriori*) os conceitos puros do entendimento (a *priori*). Para isso ocorrer é preciso haver uma mediação que é denominada por esquema transcendental. Como exemplo, o esquema da substância (permanência no tempo), da necessidade (permanência de algo em todo o tempo) ou da causalidade (sucessão temporal que obedece a alguma regra) deixam claro o tempo como função sintetizadora, isto é, o tempo protagoniza a visão kantiana de mundo

Em resumo, discute a natureza do espaço e do tempo, descrevendo-os como formas *a priori* do conhecimento, ou seja, referem-se a forma de apreensão do sujeito e não do mundo objetivo. Sua construção procura determinar os limites da razão humana, visto que as experiências fundamentam o nosso conhecimento, vide Figura 3.

**Ideia central:** O tempo é forma no sentido *interno*, ou seja, o nosso modo de ordenar os estados *internos*, dentro de nós.

ROVELLI, 2018

Figura 3 - Mapa conceitual da visão kantiana



Fonte: Próprio autor

#### 4) Henri Bergson (1859 – 1941)

Henri Bergson (1859-1941), direciona sua obra a entender a duração, na verdade, a intuição da duração é o centro de sua filosofia, associando à própria consciência, isto é, “todo fenômeno que se apresenta à consciência dura” (PUENTE, 2010, p. 39). Assim, definiu o tempo real como o tempo vivido como duração.

Existe uma diversidade de estados da consciência, mas Bergson classifica-os entre sentimentos, sensações e esforços para facilitar o entendimento da intensidade. Dessa forma, propõe que as sensações se referem a um objeto e os esforços ao movimento do corpo que se caracterizam por ocorrer na superfície da consciência, já o campo dos sentimentos são mais profundos como as emoções, exemplificadas pela dor, alegrias, tristezas ou paixões entre outros.

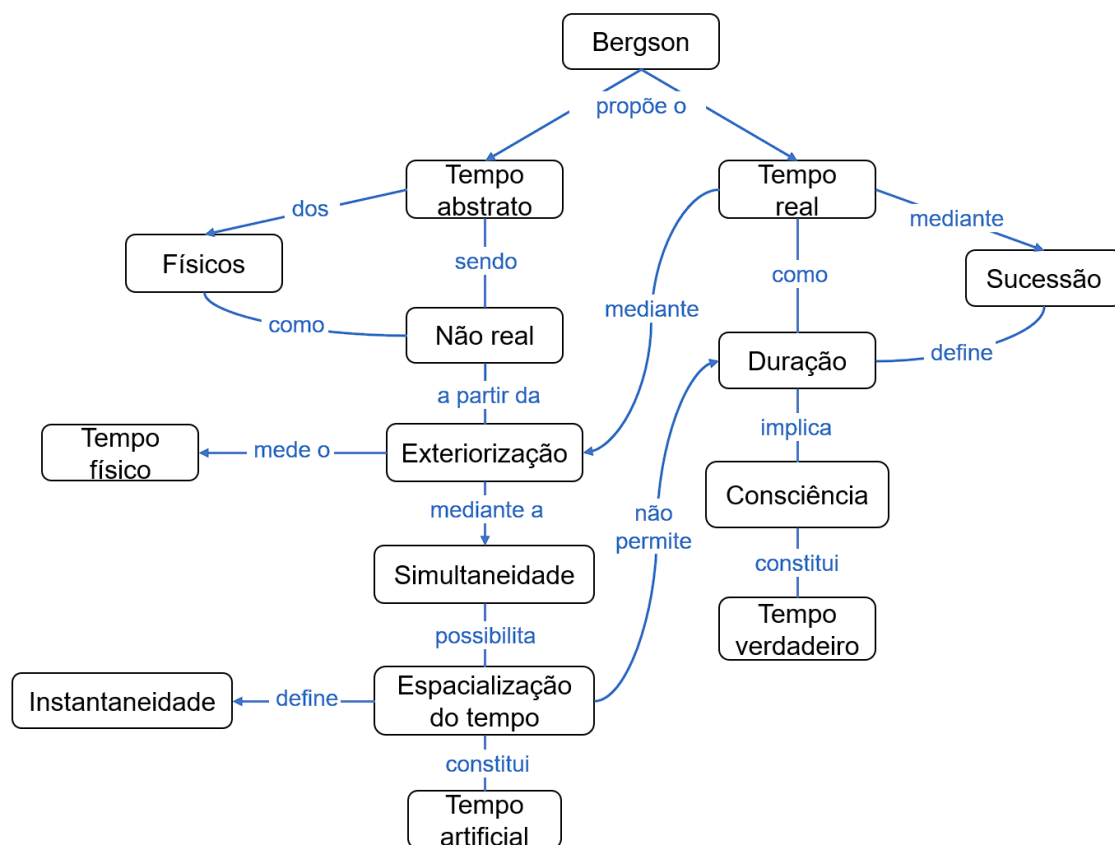
Põe de lado o transcendentalismo, visto que, reflete sobre a temporalidade e a finitude. Busca entender a duração relacionando-a a própria consciência. Subdivide o tempo em real e abstrato, dos físicos, além afirmar o tempo físico é uma “quantificação artificial”, portanto, não existe.

Resumidamente, o tempo de Bergson se divide em tempo real, aquele que dura na consciência como a memorização de uma música e o tempo abstrato, dos físicos, que não é real, pois a duração não se detém (PUENTE, 2010, p. 41). Neste caso, o tempo dos físicos é uma quantificação artificial de uma experiência real como mostra a Figura 4.

**Ideia central:** (...) sua intuição filosófica fundamental associa o tempo real, a duração, ao tempo vivido pela minha consciência.

PUENTE, 2010

Figura 4 - Mapa conceitual da visão bergsoniana



Fonte: Próprio autor (2021)

## 5) Martin Heidegger (1889 – 1976)

Para Martin Heidegger (1889-1976) questionar a existência do tempo não é efetivo, ele muda o objeto de estudo, ou seja, formula um novo problema e passa a questionar como o próprio ser pode ser entendido num horizonte temporal. Esse modo de ser do homem constitutivamente temporal, é chamado ser-aí, para enfatizar seu caráter fático e aberto. Podemos entender nas palavras

de José Reis que “A temporalidade heideggeriana se passa no domínio da consciência e quer o passado quer o futuro, embora referidos como o antes e como o depois, são referidos no presente.” (REIS, 2005), isto é, o presente é o cruzamento do futuro com o passado.

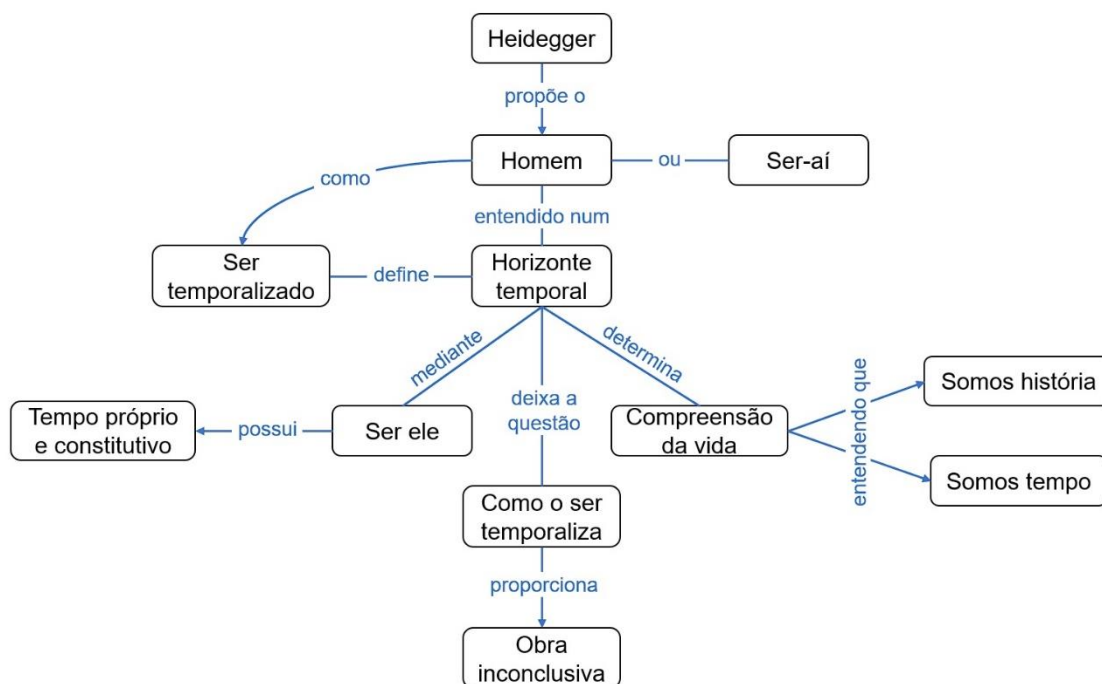
Quanto ao ser, Heidegger nos propõe compreendê-lo temporalmente, assim como a vida, ou uma partida equilibrada de um jogo ou uma história, só entendemos plenamente no horizonte do tempo (PUENTE, 2010, p. 45), ver Figura 5.

Em resumo, interessa-se pelo tempo como uma experiência existencial do ser, identificando a consciência interna do tempo como o próprio horizonte do ser. Dessa forma, a temporalidade de Heidegger existe mediante a consciência fazendo o passado e o futuro referidos no presente.

**Ideia central:** (...) *somos* um projeto que somente pode ser compreendido de modo pleno no horizonte hermenêutico que nos é oferecido pelo tempo.

PUENTE, 2010

Figura 5 - Mapa conceitual da visão heideggeriana

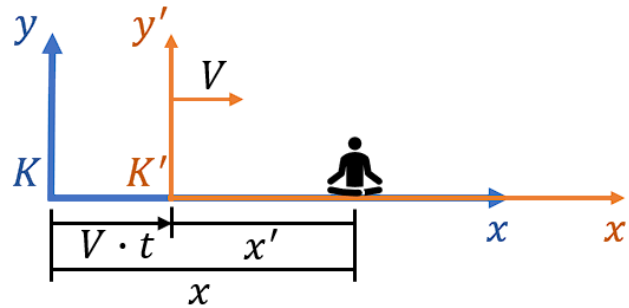


Fonte: Próprio autor (2021)

## Relatividade newtoniana

As leis da Mecânica assumem a forma mais simples em referenciais inerciais, tanto que Newton propõe referenciais fixos em estrelas para que sua teoria se justifique. Apesar de entender o comportamento relativo do movimento anteriormente proposto por Galileu em suas transformações, vide Figura 6.

Figura 6 - Dois referenciais inerciais  $K$  e  $K'$  com velocidade relativa  $V$



Fonte: Próprio autor (2021)

A relação entre dois referenciais pode ser entendida pela ilustração anterior

$$x = x' + V \cdot t \quad (1)$$

e, consequentemente da teoria

$$t' = t \quad (2)$$

ou seja, para Galileu o tempo medido por um relógio no referencial  $K$  e por outro relógio no referencial  $K'$ , ambos sincronizados, marcarão o mesmo tempo evocando uma característica absoluta do tempo, não mencionada, contudo, marcante na filosofia de Santo Agostinho e de Kant por representarem o transcendentalismo em suas ideias.

Esse comportamento determina a lei de Galileu de composição de velocidades

$$v' = v - V \quad (3)$$

onde,  $v'$  e  $v$  são as velocidades referentes a  $K$  e  $K'$  e,  $V$  a velocidade relativa, portanto, podemos afirmar, diante desse resultado, que as Leis da Mecânica (Leis de Newton) são válidas em todos os referenciais inerciais. Haja vista a relação (3) e aplicando na eletrodinâmica, observa-se uma incoerência a respeito da relatividade da velocidade da luz, se considerarmos medir a velocidade da luz no referencial  $K'$  e depois no referencial  $K$

$$c' = c - V \quad (4)$$

ou melhor,

$$c = c' + V \quad (5)$$

Nessa configuração a velocidade da luz medida no referencial  $K$  é maior que no referencial  $K'$ , comportamento em desacordo com o Princípio de Constância da Velocidade da Luz.

## Relatividade einsteiniana

A incompatibilidade no Princípio da Relatividade Restrita, advinda da transformação de Galileu, e o Princípio de Constância da Velocidade da Luz levou Einstein a unificar esses princípios no seu brilhante artigo de 1905 “Sobre a Eletrodinâmica em Corpos em Movimento” (EINSTEIN, 1905). Seu trabalho simplificou a explicação para o fenômeno através da modificação do conceito de simultaneidade. Einstein percebeu que a simultaneidade não tem caráter absoluto, e sim, relativo, entretanto só percebido ao analisar o fenômeno de simultaneidade de eventos distantes porque é fácil entender que dois eventos podem ser simultâneos em um referencial, mas não significa que serão a todos os outros referenciais que podem vir a ser escolhidos.

**Ideia central:** Dois eventos que são simultâneos em um sistema de referência não necessariamente devem ser simultâneos em um sistema que se move em relação ao primeiro.

HEWITT, 2011

A perda do caráter absoluto da simultaneidade expõe que o tempo medido de dois eventos pode não ser o mesmo para cada observador, isto é, o tempo medido no referencial  $K$  não é igual ao tempo medido no referencial  $K'$  (Figura 6) e, essa perda permite substituímos o nosso sistema, antes, apenas espacial para um sistema espaçotemporal, pois o tempo se modificou em relação ao espaço. Einstein notou que as equações de Maxwell, equações que descrevem o eletromagnetismo e a óptica, viajando a certa velocidade, “deixam de ser verdadeiras *para você* (ou seja, não descrevem o que você mede)” (ROVELLI, 2018) determinando que o tempo medido num relógio em repouso e o tempo medido num relógio em movimento podem ser diferentes. O tempo, portanto, possui característica local o que significa dizer que existe vários tempos

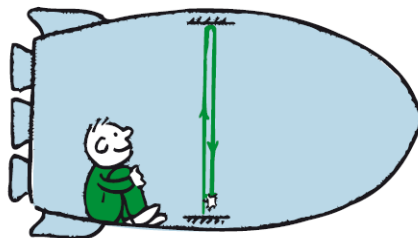
e, conseqüentemente, a teoria mostra que corpos em movimento adquirem uma duração menor que corpos parados.

**Ideia central:** Para um objeto em movimento, o tempo é reduzido.

ROVELLI, 2018

Essa construção pode ser facilmente entendida no seguinte problema, imagine um observador em repouso relativamente a um referencial em repouso investigando a trajetória de um feixe de luz que é emitido do “chão” da nave até o “teto” onde tem um espelho para refletir e retornar para o “chão”, ver Figura 7.

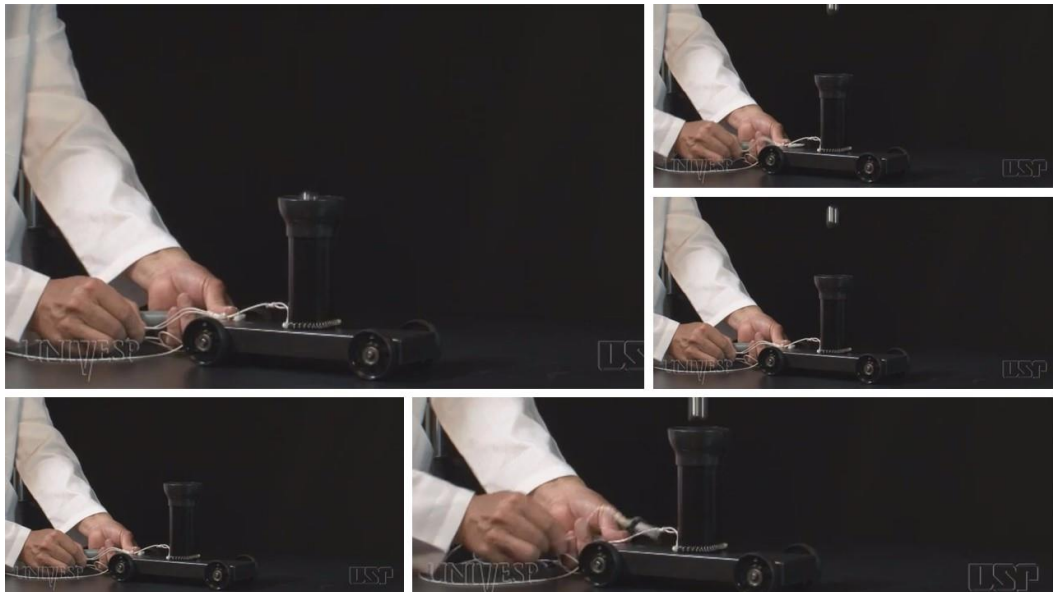
Figura 7 - Observador em repouso relativo à nave



Fonte: Hewitt (Adaptada, 2011)

Para facilitar a compreensão faça uma analogia com o lançamento vertical, ver Figura 8.

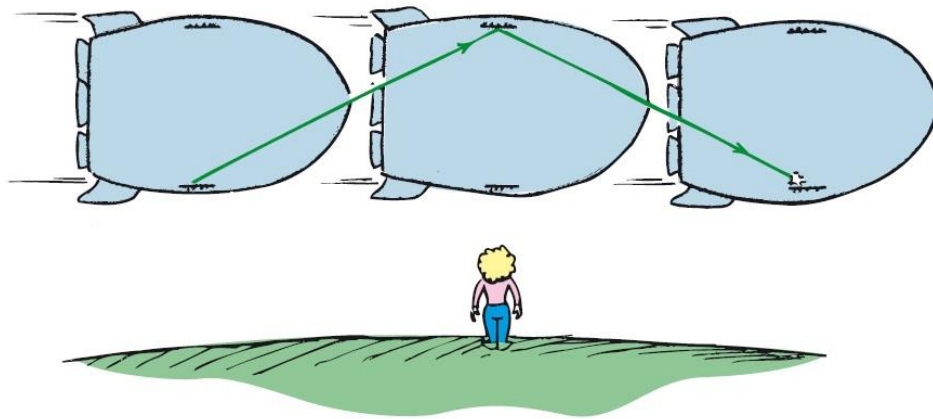
Figura 8 - Sequência de “print screen” retirada do vídeo Lançamento em MRU para representar o movimento vertical de um referencial em repouso



Fonte: Youtube

Em seguida, imagine um observador em repouso relativamente a um referencial em movimento, vide Figura 9.

Figura 9 - Observador em movimento relativo à nave



Fonte: Hewitt (Adaptada, 2011)

Da mesma forma, é possível criar uma analogia ao lançamento em MRU, vide Figura 10.

Figura 10 - Sequência de “print screen” retirada do vídeo Lançamento em MRU para representar a mudança de referencial



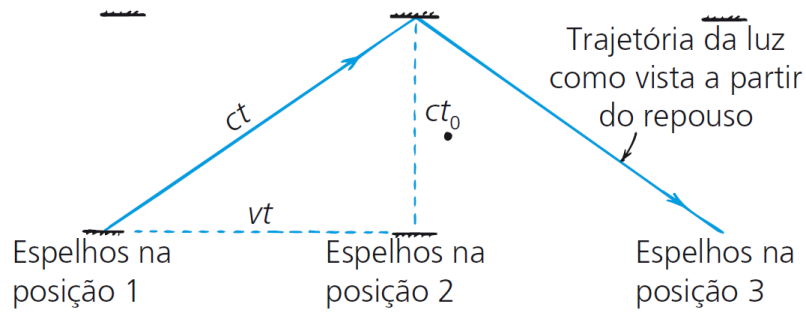
Fonte: Youtube

Os pontos de vistas diferentes decorrem porque a luz apesar de possuir velocidade constante, é formada por frente de ondas esféricas de centros diferentes, ou seja, os eventos que chegam aos observadores são de esferas diferentes porque possuem centros distintos. Isso determina que a finitude da velocidade da luz reprovava a ideia de tempo absoluto.

Em relação a Figura 9, temos um triângulo retângulo formado pelas distâncias (Figura 11) cujo tempo medido no referencial em repouso relativo é o  $t_0$  (tempo próprio), o tempo medido no referencial movimento relativo  $t$  (tempo relativo),  $c$  é a velocidade da luz e  $v$  a velocidade da nave.



Figura 11 - Triângulo retângulo formado pelas distâncias observadas em referências diferentes



Fonte: Hewitt (Adaptada, 2011)

Aplicando o teorema de Pitágoras

$$(c \cdot t)^2 = (c \cdot t_0)^2 + (v \cdot t)^2$$

$$t^2 \cdot (c^2 - v^2) = c^2 \cdot t_0^2$$

$$t^2 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = t_0^2$$

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (7)$$

chamando  $\gamma$  de fator de Lorentz, observando que  $\gamma > 1$ , e

$$\beta = v/c \quad (8)$$

portanto,

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (9)$$

com as devidas modificações encontramos a relação da dilatação do tempo

$$\boxed{t = \gamma t_0} \quad (10)$$

Descrevendo que o tempo medido num referencial em movimento ( $t$ ) relativamente a um referencial em repouso ( $t_0$ ) sofre dilatação. Assim também ocorre com o espaço, ou melhor, imaginemos uma barra para facilitar o entendimento, porém, diferentemente de uma dilatação há uma contração. Para não entrarmos em relações matemáticas mais complexas a demonstração matemática dessa relação não será feita, visto não ser o propósito desse trabalho.

$$\boxed{l_0 = \gamma l} \quad (11)$$

Descrevendo que o espaço medido num referencial em movimento ( $l_0$ ) relativamente a um referencial em repouso ( $l$ ) sofre contração.

## Teoria de ensino

### Aprendizagem significativa segundo Novak

A teoria de Novak parte da ideia de que a educação é o conjunto de experiências, cognitivas, afetivas e psicomotoras, que ajudam o indivíduo a se desenvolver na vida (MOREIRA, 1999). Dessa forma, para Novak todo evento educativo é uma ação para trocar significados e sentimentos entre o estudante e o professor. Introduzindo cinco elementos para tais eventos: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação.

**Ideia central:** A aprendizagem significativa subjaz à integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação que conduz ao engrandecimento humano.

MOREIRA, 1999

A aprendizagem significativa constitui o conceder significado aos novos conhecimentos que sejam aceitos no momento ou ocasião. Ou seja, o professor ensina significados dentro de um contexto específico aceito por uma comunidade, referência no assunto, naquele momento. Assim ocorre, para o aprendiz/aluno, a relação entre o novo conhecimento e o prévio resulta num novo conhecimento prévio que caracteriza a aprendizagem significativa. Como todo conceito possui significados Novak propõem estratégias instrucionais para tratar a complexidade dos inúmeros significados, o presente trabalho dará ênfase a umas dessas estratégias os mapas conceituais porque é exposto uma grande quantidade de conceitos que podem ser organizados de forma hierárquica na estrutura dos mapas servindo como resumo esquemático quando for necessário.

### Unidade Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

Para que as aulas possuam uma organização e aplicação facilitadas, visto a complexidade dos conceitos de uma teoria não tratada na maioria das escolas do ensino médio, foi escolhido tratar uma unidade de ensino que pudesse tratar os conteúdos em tópicos específicos. Respeitando os seguintes passos:

- 1) definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
- 2) criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
- 3) propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
- 4) uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;
- 5) em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;
- 6) concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas

em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7) a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8) a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais. (MOREIRA, 2011)

Aplicando os passos foi obtida uma proposta de UEPS para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita dividida em quatro tempos de aula de 45 minutos, de acordo com os planos de aula do tópico Planos de aula, como a seguir:

### **Uma proposta de UEPS para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita**

**Objetivo:** facilitar o entendimento da Teoria da Relatividade Restrita (TRR)

#### **Sequência:**

**1. Situação inicial:** Os alunos serão motivados a ter contato com o software Mentimeter, e criarão uma nuvem de palavras a respeito do que entendem sobre o tempo possibilitando o contato com o que sabem e de acordo com a evolução do que será absorvido e aula se identifiquem ou não com as diferentes visões filosóficas do tempo. A primeira aula visa conhecer conceitualmente o tempo nas concepções de Aristóteles, Santo Agostinho e Kant. Este fato, inicialmente, tem como objetivo familiarizar os alunos com as ideias destes três pensadores através de aula expositiva (slides) e mapas conceituais.

#### **2. Situações-problema:**

- a) O que são as visões ideológicas substantivista e relacionista?
- b) O tempo é o mesmo na concepção dos filósofos e da física aprendida no Ensino Médio?

- c) O espaço é o mesmo na concepção dos filósofos e da física aprendida no Ensino Médio?
- d) Existe repouso absoluto?
- e) O movimento é absoluto ou relativo?
- f) O tempo é absoluto ou relativo?

Os problemas propostos serão resolvidos naturalmente em sala no decorrer das aulas expositivas e alguns serão respondidos como atividade nos próximos tópicos.

**3. Aprofundamento dos conhecimentos:** Essa aula abordará os dois pensadores mais contemporâneos, além de apresentar a física galileana e newtoniana guiando os alunos ao pragmatismo da física na época com conceitos sobre o repouso, movimento, espaço e tempo, através de slides. E quando possível, conectando ou confrontando os dois pontos de vista desses pensadores e dos físicos.

Após a exposição dos pensadores será entregue aos alunos cópias individuais de uma atividade para classificá-los em substantivistas e relacionistas, sendo auxiliados pelos mapas conceituais desenvolvidos nesta dissertação e no final da aula uma questão atual sobre o princípio da relatividade newtoniana (transformação de Galileu), com intuito de promover a importância do conteúdo tanto para o aluno vestibulando quanto para o desenvolvimento da física moderna.

#### **4. Novas situações-problema:**

- a) Qual é a diferença entre a Transformação de Galileu e a de Lorentz?
- b) O que acontece com o espaço e o tempo na Teoria da Relatividade Restrita?
- c) O que é o espaço-tempo?
- d) O que o GPS tem a ver com a Teoria da Relatividade Restrita?

Os problemas propostos serão resolvidos naturalmente em sala no decorrer das aulas expositivas e alguns serão respondidos como atividade nos próximos tópicos.

**5. Aula expositiva final:** Na seguinte aula será apresentada a Teoria da Relatividade Restrita conectando com as visões filosóficas quando pertinente. Para o melhor entendimento um vídeo sobre o lançamento em MRU, que

descreve a observação de diferentes referenciais, e a conceito de simultaneidade que é o centro da questão relativo à teoria, visto que, a reformulação desse conceito resultou na Teoria da Relatividade. Adiante é demonstrada as relações de contração e dilatação espaço-temporal, sempre usufruindo de slides para tornar a aula mais ilustrativa possível. Uma questão de vestibular atual deve ser escolhida para fixação do conteúdo sendo respondida pelo professor mantendo o máximo de interação possível com a turma, principalmente, ao usar as relações de contração do espaço e dilatação do tempo.

**6. Avaliação:** O último encontro é reservado para o teste, a avaliação de aprendizagem será baseada no conteúdo visto na última aula expositiva que aborda a Teoria da Relatividade Restrita, com foco, nos seus princípios e efeitos cinemáticos por meio de um teste de quatro questões, duas referindo-se aos postulados e duas aos efeitos cinemáticos. Os alunos receberão cópias individuais da avaliação em folha A4 com questões de múltiplas escolhas de vestibulares atuais.

**7. Avaliação da própria UEPS:** deverá ser feita em função dos resultados de aprendizagem obtidos. Reformular algumas atividades, se necessário.

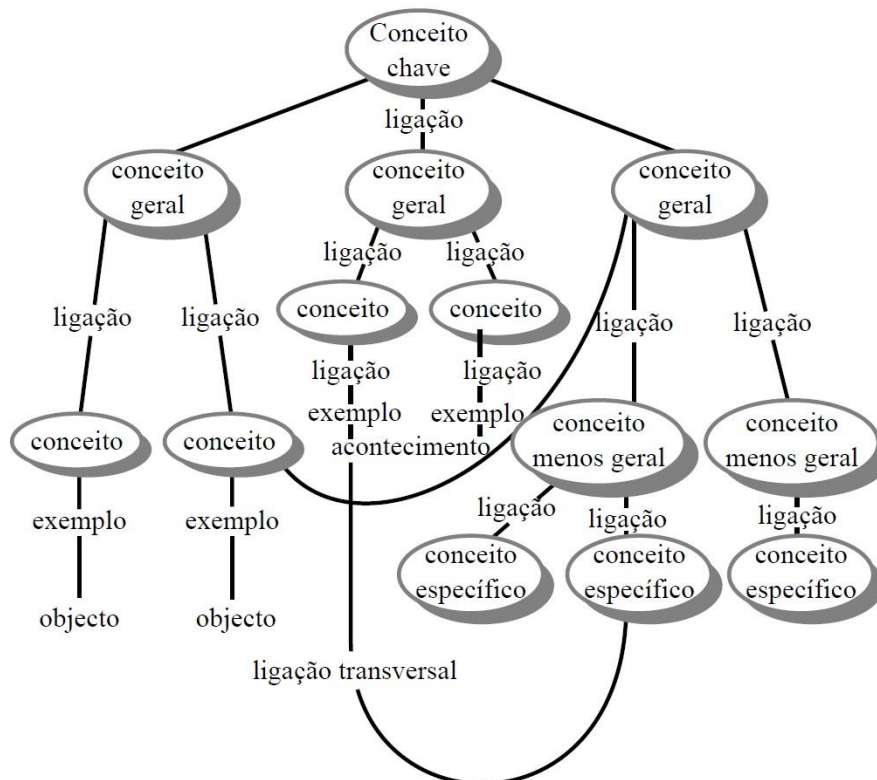
**Total de horas-aula:** 3 horas

## **Mapas conceituais**

Os mapas conceituais têm como objetivo apresentar relações significativas entre conceitos na forma proposições, por exemplo, o mar é azul, são dois conceitos conectados por uma palavra de ligação o que forma uma proposição. Dessa forma, esta técnica apresenta ser muito benéfica depois de uma tarefa por mostrar um resumo esquemático (NOVAK, 1984, p. 31) do que foi aprendido. A grande quantidade de conceitos motivou a escolha dessa estratégia instrucional, os mapas conceituais.

A construção dos mapas conceituais deve ter hierarquia, com conceitos mais gerais no topo do mapa e os conceitos mais específicos são colocados sucessivamente debaixo deles, isto é, conceitos mais abrangentes na parte superior e, cada vez, menos abrangentes na parte inferior como mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Modelo de referência de mapa conceitual retirado do livro "Aprender a Aprender"



Fonte: Novak (1984)

Para Novak, conceito é o nome dado a um comportamento regular ou designação de um termo para um objeto, visto que a construção do conhecimento, para ele, pode “envolver tanto os acontecimentos ou objetos de ocorrência natural como os acontecimentos ou objetos construídos pelo homem” (NOVAK, 1984, p. 20). Seus interesses são no pensamento, nos sentimentos e na ação, acreditando que estes são os elementos “presentes em qualquer experiência educativa e transformam o significado da experiência” (Novak, 1984, 21), que por sua vez, permite definir educação como um processo no qual há a procura ativa de mudança do significado da experiência.

## Planos de aula

A Sequência Didática do produto é constituída por 4 planos de aula na modalidade de ensino presencial, ressalvo que inicialmente o produto foi pensado na modalidade de ensino a distância, porém, com a volta as aulas no formato escalonado foi possível aplicá-lo de forma presencial. O produto também permite a aplicação a distância, desde que seja utilizado alguma plataforma de ensino, por exemplo, o Google Classroom ou o Microsoft Teams. A duração de cada tempo é de 45 minutos devido a pandemia que obrigou a redução de cada

aula visando a segurança dos alunos. Nos planos de aula estão as Aulas, os mapas conceituais, as atividades, os vídeos e os softwares.

As aulas desta sequência didática estão descritas a seguir no resumo dos encontros expostos na Tabela 1.

*Tabela 1 - Resumo das aulas da UEPS*

| <b>Aulas<br/>(45 minutos)</b> | <b>Desenvolvido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Primeira</b>               | Nuvem de palavras;<br>Aula expositiva sobre Aristóteles, Kant e Santo Agostinho;<br>Apresentação dos mapas conceituais.                                                                                                                                                                                   |
| <b>Segunda</b>                | Aula expositiva sobre Bergson e Heidegger;<br>Apresentação dos mapas conceituais;<br>Atividade: Classificar a visão ideológica de cada pensador;<br>Aula expositiva sobre Isaac Newton;<br>Atividade: Resolver questão de vestibular atual para fixação                                                   |
| <b>Terceira</b>               | Aula expositiva sobre Albert Einstein;<br>Simulador PHET: Fenômeno de indução eletromagnética;<br>Vídeo sobre lançamento em MRU;<br>Vídeo sobre a relatividade da simultaneidade;<br>Relações da dilatação temporal e contração espacial;<br>Atividade: Resolver questão de vestibular atual para fixação |
| <b>Quarta</b>                 | Avaliação                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

*Fonte: Próprio autor (2022)*

## **Aula 01**

**Tema da aula:** Visões filosóficas de Aristóteles, Santo Agostinho e Immanuel Kant sobre o tempo

**Duração:** 45 minutos

**Objetivos específicos:**

- ✓ Determinar através de uma nuvem de palavras o que os estudantes entendem sobre o tempo;
- ✓ Apresentar as visões filosóficas desses três pensadores sobre o tempo;

**Motivação:** Aula expositiva



- ✓ Interagir por meio do software Mentimeter as concepções de tempo de cada aluno;
- ✓ Aproximar os alunos da visão filosófica desses três grandes pensadores;
- ✓ Apresentar e ensinar a usar os mapas conceituais elaborados para ajudar na concatenação das ideias de cada pensador.

**Habilidades:**

- ✓ Compreender a concepção de tempo de cada autor, observando quando possível com as concepções de tempo que recebemos do senso comum;
- ✓ Interpretar os mapas conceituais para melhor visualização dos conceitos.

**Conteúdos:**

- ✓ As concepções filosóficas de Aristóteles, Santo Agostinho e Immanuel Kant;

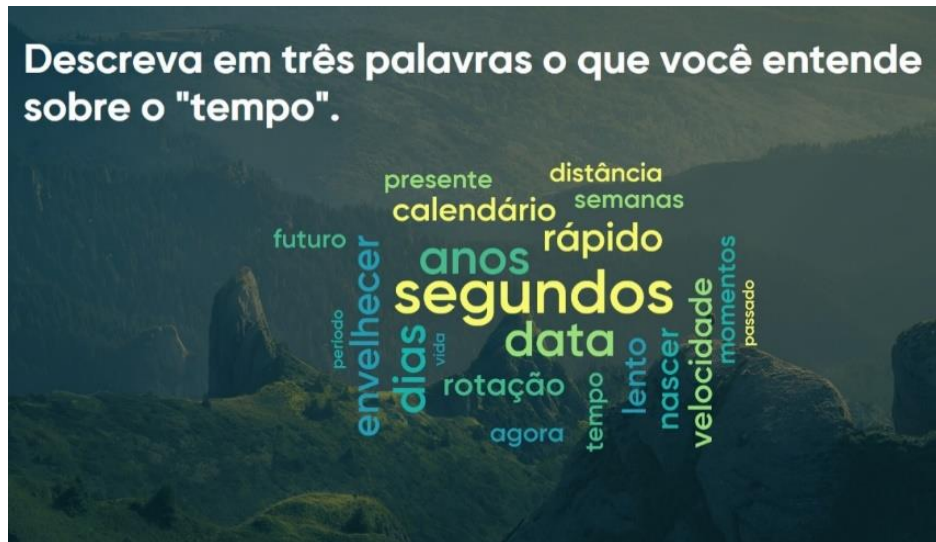
**Recursos:**

- ✓ Computador;
- ✓ Projetor;
- ✓ Slides usando o software Power Point;
- ✓ Smartphones;

**Desenvolvimento:**

Inicialmente será aplicado o software Mentimeter para gerar uma nuvem de palavras, vide Figura 13, com o objetivo de conhecer as concepções de tempo que os alunos possuem por meio do link <https://www.menti.com/iz187noh21> que foi compartilhado em sala de aula para que os alunos pudessem expressar o que pensam de forma simplificada em três palavras e formar a nuvem. Para ver o resultado da nuvem de palavras o professor deve acessar o link <https://www.mentimeter.com/s/bc4cc010c654734568fe5768566d3d22/d3883ac7aaf8>.(15 minutos)

Figura 13 - Nuvem de palavras formada pelos alunos



Fonte: Próprio autor (2021)

Posteriormente, os slides a respeito do tempo de cada pensador foram apresentados e no final da explanação de cada filósofo um mapa conceitual foi exibido para resumir as ideias mais importantes diante da quantidade de conceitos e pensadores. (30 minutos)

## Aula 02

**Tema da aula:** Visões filosóficas de Henri de Bergson e Martin Heidegger e a concepção física de Isaac Newton sobre o tempo

**Duração:** 45 minutos

**Objetivos específicos:**

- ✓ Apresentar as visões filosóficas desses dois pensadores sobre o tempo;
- ✓ Relacionar a construção física e filosófica do tempo do ponto de vista de Isaac Newton;
- ✓ Classificar os pensadores.

**Motivação:** Aula expositiva

- ✓ Aproximar os alunos da visão filosófica desses dois grandes pensadores;
- ✓ Apresentar os mapas conceituais elaborados para ajudar na concatenação das ideias de cada pensador;
- ✓ Relacionar as construções filosóficas com ideias de Isaac Newton.

**Habilidades:**

- ✓ Compreender a concepção de tempo de cada autor, observando os influenciadores de Isaac Newton;

- ✓ Interpretar os mapas conceituais para melhor visualização dos conceitos e a relatividade newtoniana.

### Conteúdos:

- ✓ As concepções filosóficas de Henri Bergson e Martin Heidegger;
- ✓ Relatividade newtoniana e a transformação de Galileu.

### Recursos:

- ✓ Computador;
- ✓ Projetor;
- ✓ Slides usando o software Power Point;
- ✓ Papel A4 com atividade impressa;
- ✓ Quadro branco e marcador.

### Desenvolvimento:

Nesta aula, os alunos devem continuar a ver as visões filosóficas e, novamente, terão contato com os seus respectivos mapas conceituais para auxílio nos numerosos conceitos apresentados. Ao fim do conteúdo dos pensadores será feita a primeira atividade impressa, onde os alunos terão que classificar os filósofos em substantivistas e relacionistas (PESSOA, 2020) de acordo com a Figura 14. (20 minutos)

*Figura 14 – Slide relativo aos pensadores e as visões ideológicas (Da esquerda para a direita: Bergson, Kant, Aristóteles, Heidegger e Santo Agostinho)*



#### SUBSTANTIVISTA

- Visão ideológica em que o tempo independe do movimento dos corpos.

#### RELACIONISTA

- Visão ideológica em que o tempo depende do movimento dos corpos.

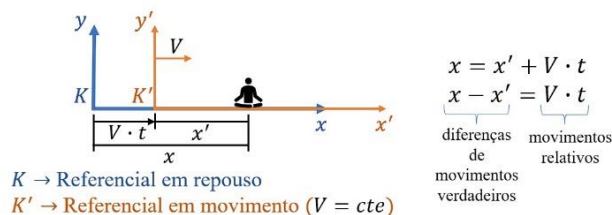
*Fonte: Compilação do autor<sup>1</sup> (2021)*

Em seguida, inicia-se a parte física e matemática com o slide Isaac Newton e o Tempo, vide Figura 15, no qual será exposto a relatividade newtoniana e a Transformação de Galileu.

<sup>1</sup> Montagem a partir de imagens coletadas nos sites pensador, infoescola, lounge.obviousmag, jpcuenca.medium e felipepimenta.

Figura 15 - Slide sobre a transformação de Galileu

➤ Princípio da relatividade newtoniana (transformação de Galileu)



➤ O tempo absoluto

$$t = t' \Rightarrow V = v - v', \text{ onde } V \text{ é a velocidade relativa.}$$

OBS.:  $a = a'$

Fonte: Próprio autor (2021)

Tendo em vista as relações matemáticas, uma atividade deve ser proposta e depois resolvida pelo professor para auxiliar na fixação do conteúdo, ver Figura 16. O problema indicado é uma questão do vestibular da Universidade Estadual do Amazonas, propositalmente escolhido pela grande procura da região para ingressar nesta prestigiosa universidade, que requer o conceito de velocidade relativa apreendido na Aula 02. (25 minutos)

Figura 16 - Slide relativo à questão resolvida em sala de aula com o auxílio da transformação de Galileu

(VUNESP - 2018 - UEA - Prova de Conhecimentos Específicos - Exatas) A figura representa o líder (corredor A) e o segundo colocado (corredor B) de uma corrida de rua no momento em que A está a 900 m da linha de chegada e B está 300 m atrás de A. Nesse instante, o primeiro e o segundo colocados têm velocidades de 3,0 m/s e 3,5 m/s, respectivamente.

Considerando que eles mantenham suas velocidades constantes até o final da prova, pode-se afirmar que

- B vence a prova, cruzando a linha de chegada no instante em que A está 150 m atrás dele.
- B vence a prova, cruzando a linha de chegada no instante em que A está 50 m atrás dele.
- A vence a prova, cruzando a linha de chegada no instante em que B está 50 m atrás dele.
- A vence a prova, cruzando a linha de chegada no instante em que B está 150 m atrás dele.
- A e B cruzam a linha de chegada juntos.

Aplicando a eq. (4)  
 $V = v - v'$

Substituindo as velocidades de A e B  
 $V = v_B - v_A = 3,5 - 3 = 0,5 \text{ m/s}$

Calculando o tempo de A para terminar a corrida  
 $\Delta t_A = \frac{\Delta S}{v_A} = \frac{900}{3} = 300 \text{ s}$

A partir do tempo de A, calcula-se a distância de B  
 $\Delta S_{BA} = V \cdot \Delta t_A = 0,5 \cdot 300$   
 $\Delta S_{BA} = 150 \text{ m}$

Fonte: Próprio autor (2022)

Abaixo os problemas usados como fixação, o problema 1 foi desenvolvido pelo autor para classificar as visões ideológicas e o problema 2 foi escolhido por ser uma questão de um vestibular regional e referente a relatividade newtoniana.

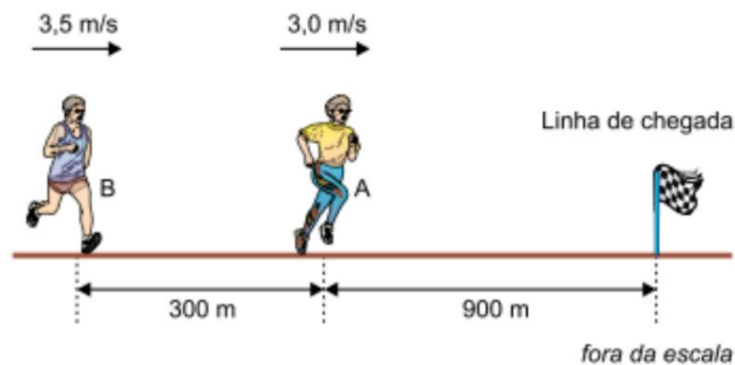
**Problemas:**

1) Preencha as colunas de acordo com a visão ideológica de cada filósofo:

Aristóteles – Santo Agostinho – Kant – Bergson – Heidegger

| SUBSTANTIVISTAS | RELACIONISTAS |
|-----------------|---------------|
|                 |               |
|                 |               |
|                 |               |
|                 |               |
|                 |               |

2) (VUNESP - 2018 - UEA - Prova de Conhecimentos Específicos - Exatas) A figura representa o líder (corredor A) e o segundo colocado (corredor B) de uma corrida de rua no momento em que A está a 900 m da linha de chegada e B está 300 m atrás de A. Nesse instante, o primeiro e o segundo colocados têm velocidades de 3,0 m/s e 3,5 m/s, respectivamente.



Considerando que eles mantenham suas velocidades constantes até o final da prova, pode-se afirmar que

- B vence a prova, cruzando a linha de chegada no instante em que A está 150 m atrás dele.
- B vence a prova, cruzando a linha de chegada no instante em que A está 50 m atrás dele.
- A vence a prova, cruzando a linha de chegada no instante em que B está 50 m atrás dele.
- A vence a prova, cruzando a linha de chegada no instante em que B está 150 m atrás dele.
- A e B cruzam a linha de chegada juntos.

### Aula 03

**Tema da aula:** Teoria da Relatividade Restrita

**Duração:** 45 minutos

**Objetivos específicos:**

- ✓ Expor a visão filosófica e física de Einstein;
- ✓ Mostrar que a mudança conceitual deu à luz a Teoria da Relatividade Restrita;
- ✓ Empregar as relações de contração do espaço e dilatação do tempo;

**Motivação:** Aula expositiva

- ✓ Aproximar os alunos da construção teórica de Einstein;
- ✓ Compreender a necessidade da teoria para analisar um problema físico;
- ✓ Utilizar o software de simulação do fenômeno de indução eletromagnética do PHET, disponível no site:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.html) (Acessado em 20/07/2021).

- ✓ Assistir ao vídeo, *Movimento dos Projéteis: Experimentos - Lançamento MRU* de 1 minuto e 58 s disponível no site:

<https://www.youtube.com/watch?v=PhFMeclogl4&t=13s> (Acessado em 20/07/2021).

- ✓ Assistir ao vídeo, *Demonstração da relatividade do conceito de simultaneidade* de 1 minuto e 1 s disponível no site:

<https://www.youtube.com/watch?v=Z1vSsvHFhv8> (Acessado em 20/07/2021).

**Habilidades:**

- ✓ Entender o desenvolvimento de um conteúdo da física moderna;
- ✓ Calcular a contração do espaço e a dilatação do tempo de forma adequada;
- ✓ Afirmar a importância teórica na construção e desenvolvimento dos problemas.

**Conteúdos:**

- ✓ Reconstrução teórica do fenômeno da simultaneidade;
- ✓ Teoria da Relatividade Restrita;
- ✓ Efeitos cinemáticos da TRR.

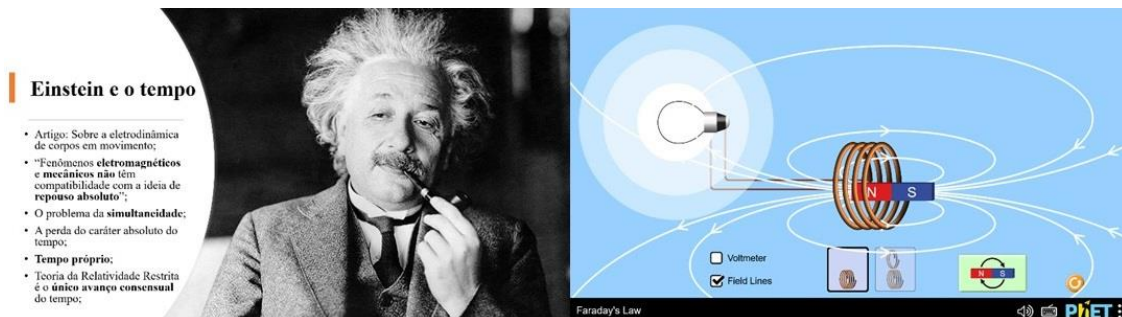
**Recursos:**

- ✓ Computador;
- ✓ Projetor;
- ✓ Slides usando o software Power Point;
- ✓ Quadro branco e marcador;
- ✓ Software PHET – Lei de Faraday.

## Desenvolvimento:

Na primeira parte da aula os alunos terão aula teórica sobre a concepção einsteiniana e contato com o software que apresenta o problema de indução eletromagnética como na Figura 17.

Figura 17 – A esquerda slide referente a Einstein e a direita a simulação do fenômeno de indução eletromagnética



Fonte: Próprio autor (2022)

Em seguida, foi exibido outro vídeo, agora referente ao problema de referencial, o objetivo deste é lembrar do fenômeno já estudado no primeiro ano, vide Figura 18.

Figura 18 - Print screen do vídeo do canal da USP referente ao Lançamento em MRU (link disponível na Aula 03)

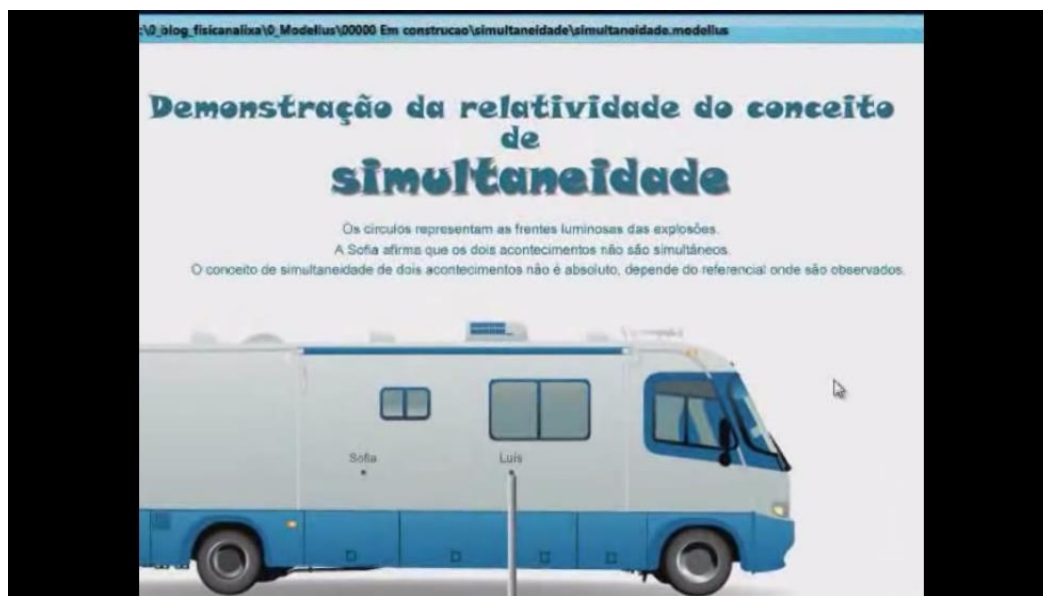


Fonte: Youtube

Com a parte teórica bem construída, os alunos são apresentados a construção matemática da teoria com a demonstração da relação da dilatação temporal. Para entender o fenômeno demonstrado a partir da descrição matemática é exibido mais um vídeo, agora referente a simultaneidade dos eventos em referenciais distintos, principal alvo na discussão para o surgimento da Teoria da Relatividade Restrita (EINSTEIN, 2020). (20 minutos)



Figura 19 - Print screen do vídeo do canal Física na Lixa referente a Relatividade da Simultaneidade (link disponível na Aula 03)



Fonte: Youtube

Esclarecido que a simultaneidade é relativa, ver Figura19, isto é, os eventos não ocorrem ao mesmo tempo em relação a referenciais em repouso e em movimento retilíneo uniforme (mru) introduz-se aos alunos o conceito de espaço-tempo e seus efeitos cinemáticos, contração do espaço e a dilatação do tempo. Uma questão de um vestibular atual, Figura 20, foi escolhida e resolvida juntamente com os alunos para fixação das relações vistas. (25 minutos)

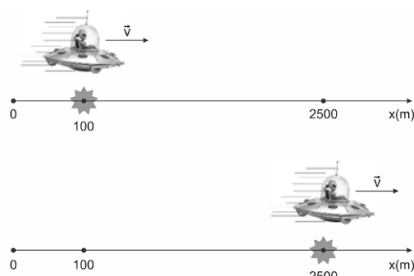
Figura 20 - Slide relativo à questão resolvida em sala de aula aplicando as relações de dilatação e contração do espaço-tempo

(UFJF - 2020) De acordo com a teoria da relatividade restrita, do ponto de vista de um referencial inercial, o intervalo de tempo  $\Delta t$  entre dois eventos que ocorrem em um referencial, que se move com uma velocidade constante  $v$ , é dado pela expressão:

$\Delta t = \Delta t' / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ , onde  $c = 3 \times 10^8$  m/s é a velocidade da luz no vácuo. Nessa expressão,  $\Delta t'$  é o intervalo de tempo entre os dois eventos que ocorrem no mesmo local no referencial em movimento, conhecido como *tempo próprio*. Medidas a partir da superfície da Terra, ao longo de um eixo  $x$ , ocorrem duas explosões em diferentes posições: uma em  $x = 100$  m e outra, após um intervalo de tempo de  $\Delta t = 10 \mu\text{s}$ , em  $x = 2500$  m. Um piloto de nave espacial, que se move para a direita com uma velocidade  $v$ , observa que ambas as explosões ocorrem diante da janela da nave.

**Legenda:** Nave espacial que se move para a direita com uma velocidade  $v$ , observando explosões através de uma janela instalada abaixo da sua nave. (Adaptação de uma imagem retirada do site pt.depositphotos.com).

- Calcule o intervalo de tempo  $\Delta t'$  entre as duas explosões, medidas pelo piloto da nave espacial.
- Se do ponto de vista do piloto da nave é a Terra que se move para a esquerda, qual é a distância, ao longo da superfície da Terra, medida pelo piloto entre as posições das duas explosões?



a) Cálculo da velocidade da nave:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2500 - 100}{10 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow v = 0,24 \cdot 10^9 \text{ m/s}$$

Logo,  $\Delta t'$  será de:

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 10 \cdot 10^{-6} \sqrt{1 - \left(\frac{0,24}{3}\right)^2}$$

$$\Delta t' = 10^{-5} \sqrt{1 - 0,64} = 10^{-5} \sqrt{0,36} = 10^{-5} \cdot 0,6$$

$$\therefore \Delta t' = 6 \mu\text{s}$$

b) A distância medida pelo piloto é igual a:

$$\Delta s' = \Delta s \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 2400 \cdot 0,6$$

$$\therefore \Delta s' = 1440 \text{ m}$$

Fonte: Próprio autor (2022)



## **Aula 04**

**Tema da aula:** Avaliação sobre a Teoria da Relatividade Restrita (TRR)

**Duração:** 45 minutos

### **Objetivos específicos:**

- ✓ Determinar os efeitos cinemáticos resultantes da TRR;
- ✓ Expressar os postulados da TRR;
- ✓ Aplicar os conhecimentos sobre a TRR e calcular de forma adequada a contração do espaço ou a dilatação do tempo.

### **Habilidades:**

- ✓ Reconhecer os efeitos cinemáticos e os postulados da TRR;
- ✓ Calcular a contração do espaço e a dilatação do tempo de forma adequada;

### **Conteúdos:**

- ✓ Teoria da Relatividade Restrita;

### **Recursos:**

- ✓ Avaliação conceitual impressa.

### **Desenvolvimento:**

O professor deve aplicar uma avaliação sobre a Teoria da Relatividade Restrita dando ênfase a construção conceitual da teoria e seus efeitos cinemáticos. O tempo de avaliação foi de 45 minutos, um tempo de aula da escola, no final a avaliação será entregue ao professor para correção. Abaixo, os problemas selecionados para a avaliação de acordo com o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita abordado.

### **Problemas da avaliação:**

- 1) (Fatec - 2020) Na Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, dois conceitos estudados referem-se ao fato de que, ao considerar um objeto propagando-se à velocidade da luz, podemos verificar
  - a) a dilatação do tempo e a dilatação do comprimento.
  - b) a contração do tempo e a dilatação do comprimento.
  - c) a dilatação do tempo e a contração do comprimento.
  - d) a dilatação do tempo sem contração do comprimento.
  - e) a contração do tempo sem contração do comprimento.
- 2) (UPF - 2019) A teoria da relatividade restrita (TRR), também conhecida como teoria de relatividade especial, foi proposta por Albert Einstein em 1905. Sobre

essa teoria, é **correto** afirmar:

- a) A TRR afirma que as leis da Física são idênticas em relação a qualquer sistema referencial inercial.
- b) A TRR afirma que a velocidade da luz no vácuo é a mesma, independentemente do tipo de sistema de referência em que ela é medida.
- c) A TRR é válida em todos tipos de sistemas de referência.
- d) Para a TRR, não é possível a contração do espaço.
- e) Na TRR, não é possível a dilatação do tempo.

- 3) (UPF - 2021) De acordo com a teoria da relatividade geral de Albert Einstein, a medida do comprimento de uma barra ( $L$ ) feita por um observador fixo num referencial inercial  $R$ , em relação ao qual a barra está em movimento numa direção paralela ao comprimento da barra com velocidade constante  $u$ , é menor do que o comprimento medido ( $L'$ ) no referencial ( $R'$ ) em relação ao qual a barra está em repouso. Segundo essa teoria, a relação entre  $L$  e  $L'$  é dada por:  $L = \sqrt{1 - u^2/c^2} L'$ . Nesta equação  $c$  é a velocidade da luz no vácuo.

Sendo  $L' = 2 \text{ m}$  e  $u$  60% do valor de  $c$ , pode-se afirmar que o valor de  $L$ , em metros, é:

- a) 1,2
  - b) 0,6
  - c) 1,6
  - d) 0,8
  - e) 1,4
- 4) (FGV - 2018) Os avanços tecnológicos que a ciência experimentou nos últimos tempos nos permitem pensar que, dentro em breve, seres humanos viajarão pelo espaço sideral a velocidades significativas, se comparadas com a velocidade da luz no vácuo.

Imagine um astronauta terráqueo que, do interior de uma nave que se desloca a uma velocidade igual à 60% da velocidade da luz, avista um planeta. Ao passar pelo planeta, ele consegue medir seu diâmetro, encontrando o valor  $4,8 \cdot 10^6 \text{ m}$ . Se a nave parasse naquelas proximidades e o diâmetro do planeta fosse medido novamente, o valor encontrado, em  $10^6 \text{ m}$ , seria de

- a) 2,7

- b) 3,6
- c) 6,0
- d) 7,5
- e) 11,0

## Considerações finais

O trabalho segue a premissa básica da teoria de Novak que é pensar, sentir e fazer. Começando com uma abordagem filosófica, para despertar algum tipo de identificação com os cinco pensadores abordados. Tantas visões ideológicas destacando-se as características transcendentais, imanentes, reais, abstratas, substantivistas e relacionistas relatam a construção teórica do ser humano para entender o tempo, vale ressaltar o ponto de vista do físico Carlo Rovelli que destaca que a filosofia não chegou perto de compreender o que é o tempo (ROVELLI, 2018, p.153). Não há uma reflexão profunda sobre cada visão filosófica, apenas os pontos mais relevantes e suficientes para o trabalho em sala de aula, visto que, possivelmente, cada autor desses é uma vida de estudo e discussões.

Evidentemente, a filosofia e a Física buscam responder de formas diferentes a mesma questão, porém, a proximidade e a influência de alguns desses pensadores moldaram a construção física, pelo menos em determinados momentos.

Por fim, as teorias físicas mais importantes, a Física newtoniana e einsteiniana, elaboram-se dessas questões fundamentais para ter uma base e fundamentar suas teorias. A física newtoniana foi abordada dentro do princípio da relatividade já exposto na sua teoria pela transformação de Galileu. A física einsteiniana conseguiu compreender antes de ver, por isso, a grande genialidade e brilhantismo de sua teoria que começa no desenvolvimento da Teoria da Relatividade Restrita ou Especial. O produto não aborda toda a teoria, mas explícita a modificação conceitual da simultaneidade, questão central da teoria, e seus efeitos cinemáticos que, de fato, são determinantes para os resultados posteriores da Teoria da Relatividade Restrita.

## Referências Bibliográficas

BARROS FILHO, Clóvis de. **Santo Agostinho e o tempo**. 2021 (7m59s).

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1bVKpCCEIMg>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

EINSTEIN, Albert. **Zur Elektrodynamik bewegter Körper**. Publicado em: Annalen der Physik 17 (1905): 891–921. Tradução de Oliver F. Piatella. Cadernos de Astronomia, vol. 1, n°1, pp.157-176 (2020).

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci. 11 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

NOVAK, Joseph. **Aprender a Aprender**. Tradução: Carla Valadares. 1 ed. Lisboa: Plátano, 1984.

PESSOA, Osvaldo. **Filosofia da Física**. Natureza Física do Tempo. p. 48-53. Notas de aula, 2020.

PUENTE, F. E. B. R. **O tempo**. 1 ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2010.

REIS, José. **Estudo: Sobre o tempo**. Revista Filosófica de Coimbra n. °9. p. 143-203 (1996).

ROVELLI, Carlo. **A ordem do tempo**. Tradução: Silvana Cobucci Leite. 1 ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2018.