



SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO SOBRE O TEMPO: BREVES IMPLICAÇÕES FILOSÓFICAS SOBRE O TEMPO E A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

TEACHING SEQUENCE FOR HIGH SCHOOL ABOUT TIME: BRIEF PHILOSOPHICAL IMPLICATIONS ABOUT TIME AND THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY

Paulo Roberto Ferreira da Silva Sobrinho¹, Márcio Gomes da Silva², Igor Tavares Padilha³.

¹ Fundação Matias Machline (FMM), paulo.roberto@fmm.org.br.

^{1,2} Instituto Federal do Amazonas (IFAM), marcio.gomes@ifam.edu.br.

^{1,3} Universidade Federal do Amazonas (UFAM), igorfis@ufam.edu.br.

Resumo

A construção Física é dotada de várias relações devido a Newton, Maxwell, Einstein, Schrödinger, entre outros, no entanto a Física é uma Ciência que descreve como os fenômenos variam no tempo, até então nada é estranho até perceber que a natureza do tempo é desconhecida e um dos maiores mistérios da Física. O que se conhece sobre o tempo começa nas reflexões filosóficas e tem como único avanço consensual no trabalho de Einstein com sua Teoria da Relatividade Restrita ou Especial. A proposta deste trabalho é apresentar um desenvolvimento histórico e filosófico perpassando por reflexões sobre o tempo de Aristóteles, Santo Agostinho, Galileu Galilei, Isaac Newton, Immanuel Kant, Bergson, Heidegger até a cinemática relativística de Einstein. Esse conjunto de ideias e teorias foram organizadas através de mapas conceituais de Novak e pela aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para alunos de Ensino médio.

Palavras-Chave: Ensino de Física; UEPS; Teoria da Relatividade Restrita; Mapas Conceituais.

Abstract

The Physics construction is endowed with Newton's, Maxwell's, Einstein's, Schrödinger's relations, between others, however Physics is a Science that describes how phenomena vary in time, until then nothing is strange until realizing that the nature of time is unknown and one of the greatest mysteries of physics. What is known about time begins with philosophical reflections and has as its only consensual advance in the work of Einstein with his Special or Special Theory of Relativity. The purpose of this work is to present a historical and philosophical development going through reflections on the time of Aristotle, Saint Augustine, Galileo Galilei, Isaac Newton, Immanuel Kant, Bergson, Heidegger to Einstein's relativistic kinematics. This set of ideas and theories were organized through Novak's concept maps and the application of a Potentially Significant Teaching Unit (UEPS) for high school students.

Keywords: Physics Teaching, UEPS, Special Theory Relativity, Concept Maps.

Introdução

Como esclarece o professor Osvaldo Pessoa Jr.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

Nossa intuição sobre o tempo é bastante bem desenvolvida, e é muito difícil conseguir um esclarecimento adicional consensual por meio da Filosofia. O único avanço consensual para além de nossa intuição do tempo parece serem os resultados da Teoria da Relatividade Restrita, exemplificada pelo experimento mental dos gêmeos viajantes (PESSOA, 2020).

Apesar da Física fornecer o único avanço consensual sobre o tempo, é enriquecedor para o debate escolar aproximar os estudantes da perspectiva filosófica e apresentar a Física einsteiniana aos alunos do Ensino Médio que concluem os seus estudos apenas tratando o tempo em problemas e como simples transformações de unidades. Hans Reichenbach sintetiza o problema sobre o tempo quando apresenta as suas propriedades topológicas (REICHENBACH, 1956):

- I. O tempo vai do passado para o futuro.
- II. O presente, que divide o passado do futuro, é agora.
- III. O passado nunca retorna.
- IV. Não podemos alterar o passado, mas podemos alterar o futuro.
- V. Podemos ter registro do passado, mas não do futuro.
- VI. O passado está determinado; o futuro é indeterminado.

Tal proposta resgata a Filosofia na Física, através da construção conceitual do tempo observando, sempre que possível, as conexões e agregando os avanços matemáticos necessários até o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Restrita.

O presente trabalho traz uma proposta por meio de uma Unidade de Ensino e Aprendizagem Significativa - UEPS (MOREIRA, 2011) e mapas conceituais, com base teórica na aprendizagem significativa de Novak. A sequência de ensino abordará, brevemente, o desenvolvimento histórico, filosófico e físico sobre o tempo evidenciando as principais obras, na opinião dos autores, a respeito das reflexões dos seguintes pensadores: Aristóteles, Santo Agostinho, Immanuel Kant, Henri Bergson e Martin Heidegger; e, é claro, dos físicos: Galileu, Newton e Einstein. Esse processo será perpassado por vários recursos como softwares de simulação, vídeos e atividades específicas com o intuito de desenvolver um processo mais dinâmico e significativo.

1. Fundamentação Teórica

O tempo vivido é um tempo cíclico medido periodicamente e enumerado em segundos, minutos, horas, dias..., dessa forma, são representações numéricas indefinidas porque podem ser descritas como qualquer intervalo numérico de tempo pelo homem.

De forma simples, podemos exaltar duas visões filosóficas a concepção substantivista, aquela que não tem relação com o movimento, e a concepção relacionista, aquela que possui relação com o movimento.

Em relação aos filósofos, para Aristóteles (385-322 a.C.) há uma relação estreita entre o tempo e o movimento, se referindo tanto a um movimento exterior (deslocamento) quanto interior (alteração qualitativa) e definindo o tempo como a medida da mudança, observando que o tempo não é movimento, mas que existe uma ligação entre eles. Para Santo Agostinho (480-525), o tempo deve ser pensado a partir da eternidade, ou melhor, a partir de Deus, vinculando-o a transcendência, assim o tempo é uma distensão do próprio espírito ou alma. Tal reflexão nos permite filosofar sobre a consciência da duração, assim para Santo Agostinho o passado e o futuro não existem e o presente não tem duração apenas sucessão, isso o levou a crer que o tempo medido não é o próprio tempo porque ele não apreende, portanto, a duração ocorre no próprio espírito porque ele apreende. Para Immanuel Kant (1724-1804), a universalidade do tempo entra como condição dos fenômenos



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

exteriores através da sua ação mediadora. A estrutura do pensamento de Kant se deve ao seu interesse de demarcar os limites da razão humana, dessa forma apresenta duas concepções a priori, aquela determinada pela existência de algo antes de qualquer percepção como o espaço e o tempo e a posteriori, aquela que determina a dependência das experiências sensoriais para a percepção de algo, esse movimento entre a condição posteriori e priori necessita de mediação chamada por Kant de esquema transcendental cujo o tempo tem a função sintetizadora. Henri Bergson (1859-1941) direciona sua obra a entender a duração, isto é, “todo fenômeno que se apresenta à consciência dura” (PUENTE, 2010, p. 39), definindo assim o tempo real como o tempo vivido daí como duração. Com essa abordagem Bergson analisa a intensidade através de três estados da consciência, o dos sentimentos, das sensações e dos esforços, pondo de lado o transcendentalismo para buscar a temporalidade e a finitude. Essa síntese subdivide o tempo em real e abstrato. O tempo real é vinculado a duração, ou seja o tempo vivido pela consciência e o abstrato é uma quantificação artificial e rotulada como tempo dos físicos, para ele inexistencial. Para Martin Heidegger (1889-1976) o homem constitutivamente temporal, é chamado ser-aí, ou seja, “A temporalidade 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). A mudança de questionamento sobre a natureza do tempo para entender o ser num horizonte temporal é chamado de ser-aí e propõe o presente como um cruzamento do passado e do futuro, sendo assim, Heidegger apresenta o tempo como uma experiência existencial do ser.

Em relação aos físicos, Isaac Newton (1645-1727) considera a existência do tempo diante de duas percepções, na primeira é “verdadeiro e matemático” e “flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração”, fica claro, nesta afirmação, que o tempo de Newton tem caráter absoluto e pode ser medido. Diante disso, Moritz brilhantemente resume, em Espaço e Tempo na Física Contemporânea, “(...) Tempo e espaço eram, por assim dizer, considerados como recipientes que continham em si aquele substrato e forneciam sistemas de referência fixos (...)” (SCHLICK, 2016). O entendimento newtoniano está imbuído da nossa percepção sobre o tempo, ou seja, possui apenas seu caráter sucessivo, e não questiona a sua natureza.

Seguindo para a visão einsteiniana, faz-se necessário conhecer o Princípio da Relatividade Restrita, assim enunciado

Todas as leis da natureza formuladas com referência a determinado sistema de coordenadas continuam válidas, exatamente da mesma forma, quando referidas a outro sistema de coordenadas que se movimenta retilínea e uniformemente em relação ao primeiro (SCHLICK, 2016).

Diante da mecânica clássica, entendemos que as leis da natureza são válidas para todo referencial, então quer dizer que a luz no vácuo pode ter diferentes valores, como conhecido no problema de dois móveis na mesma direção e sentido. Tal princípio contradiz o fenômeno da propagação da luz e propõe a Einstein analisar o problema de indução eletromagnética e perceber que o problema estava relacionado aos referenciais (EINSTEIN, 2020). Desse momento em diante, a incompatibilidade entre o princípio da relatividade e o princípio da invariância da luz desaparece, porque não há uma invariância aparente da luz e não é uma suposição a contração de um corpo em relação ao éter, simplesmente existe uma contração do espaço sem a necessidade de incluir o éter para justificar tal ação como fez Lorentz e Poincaré (ROVELLI, 2018, p. 166). A relatividade da simultaneidade segue um raciocínio nada óbvio, onde postulou-se que a luz permanece com a velocidade de propagação c em dois sistemas arbitrários, contudo, possuem valores diferentes de espaço e tempo um em relação ao outro. Essa percepção é facilmente entendida observando que



se a luz possuísse velocidade infinita os eventos distantes aconteceriam simultaneamente para dois referenciais quaisquer, entretanto, a velocidade é finita e exige outra interpretação. Logo, a finitude da velocidade da luz representa que se dois eventos são simultâneos para um determinado referencial não precisa ser para outros. E, assim,

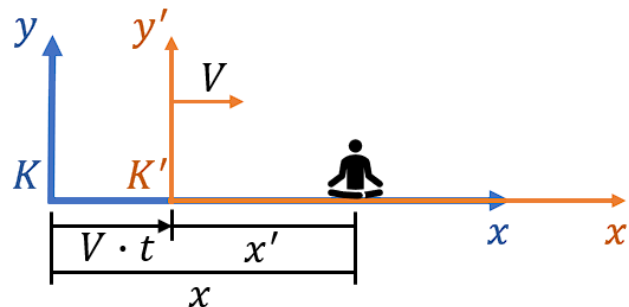
“(...) na Teoria da Relatividade, a velocidade c desempenha o papel de uma velocidade-limite, que não pode ser alcançada e muito menos ultrapassada por nenhum corpo real” (EINSTEIN, 2017).

A partir disso, a Transformação de Lorentz é definida assim

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - Vt) \\ t' = \gamma\left(t - \frac{V}{c^2}x\right) \end{cases} \quad (1)$$

de acordo com a figura a seguir

Figura 1 – Dois referenciais inerciais K e K' com velocidade relativa V



Fonte: Próprios autores (2021)

com (x, t) e (x', t') as variáveis espaciais e temporais medidas nos referenciais parado e em movimento com velocidade V , respectivamente, e γ que é o chamado fator de Lorentz

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}} < 1 \quad (2)$$

que determina a contração do espaço (ou contração de Lorentz-Fitzgerald)

$$l_0 = \gamma l \quad (3)$$

onde, l_0 é o comprimento próprio medido no referencial onde o objeto está em repouso, e l o comprimento medido no referencial em movimento. Portanto, o comprimento da barra em movimento é menor que seu comprimento próprio, o que justifica o termo contração. De forma análoga, determina-se a dilatação do tempo

$$t' = \frac{t}{\gamma} \quad (4)$$

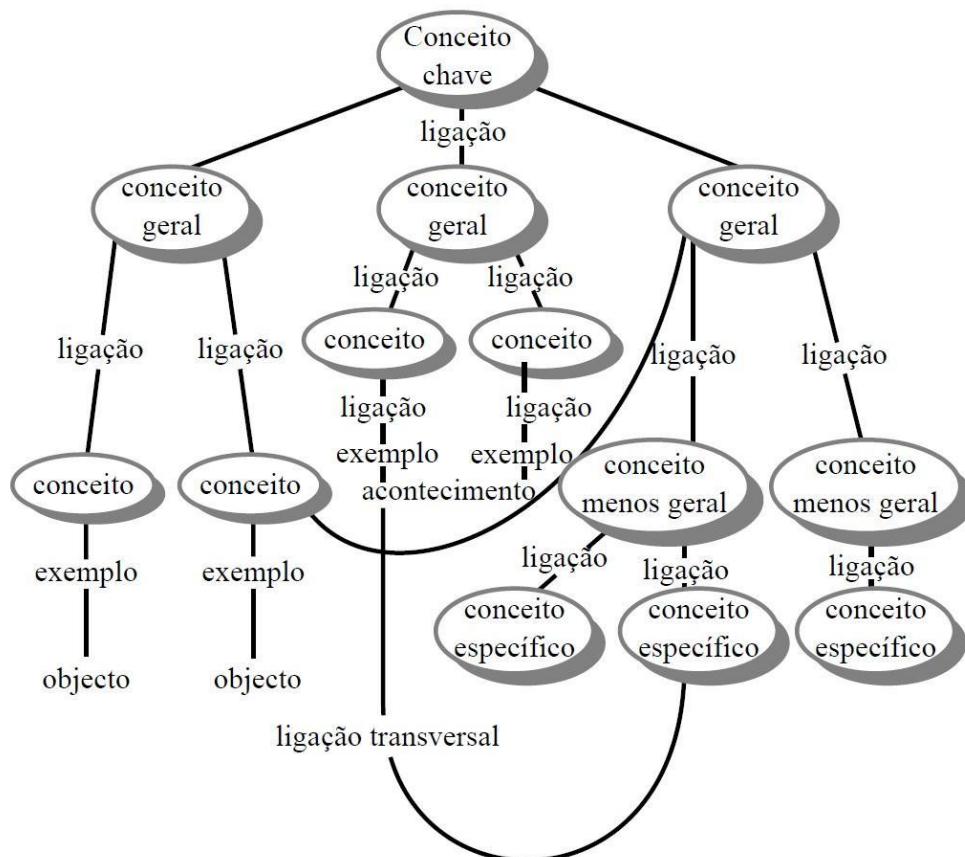


onde, t' é o tempo medido no referencial onde o relógio está em repouso e t é o tempo medido no referencial onde o relógio está em movimento o que comprova o termo dilatação.

2. Métodos e Materiais

A proposta elaborada neste trabalho segue os oito passos sugeridos nas UEPS, em que no primeiro momento seria levantar os conhecimentos prévios dos alunos, seguido da apresentação do conteúdo de uma forma mais geral e a partir daí cada assunto é abordado de forma mais específica. Além disso, associa-se à estrutura da UEPS os mapas conceituais que possuem grande estrutura organizacional com o objetivo de apresentar as relações significativas entre os conceitos na forma de proposições. Esta estrutura de significados se mostra muito benéfica após uma tarefa pois mostra um resumo esquemático (NOVAK, 1984, p. 31) do que foi aprendido, vide um modelo de mapa conceitual do livro "Aprender a Aprender" de Novak.

Figura 2 - Modelo de referência de mapa conceitual retirado do livro "Aprender a Aprender"



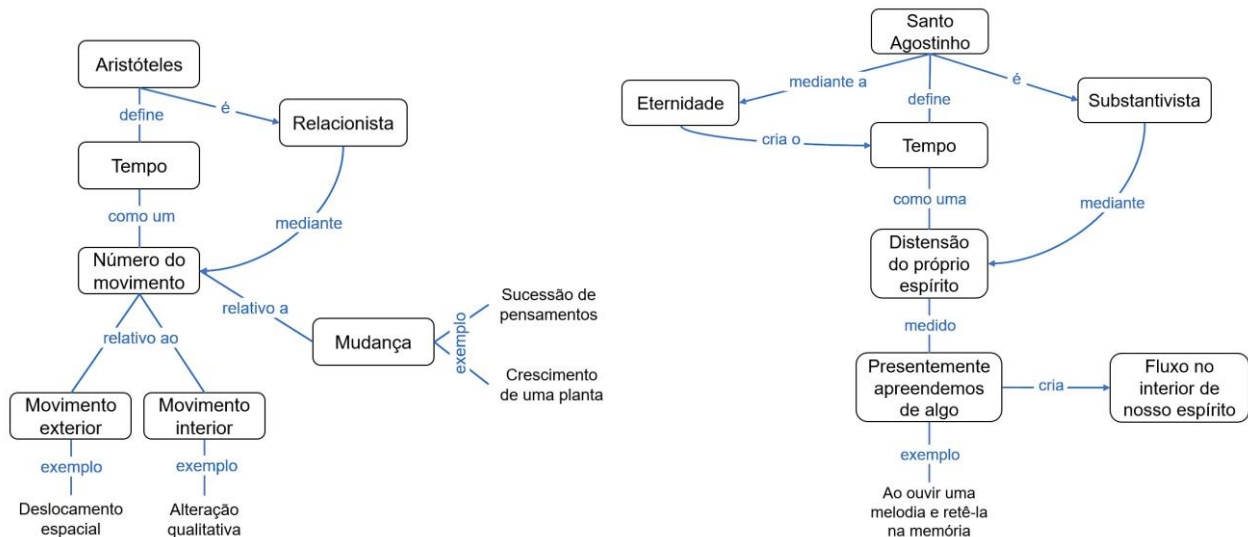
Fonte: Novak (1984)

No presente trabalho seguiremos a construção teórica de Novak aos olhos do professor Marco Moreira (criador da UEPS), sendo assim, o *aprendiz* adquirirá *conhecimento* interagindo com o professor (vídeos, software e mapas conceituais) na escola (contexto) e, por fim, será avaliado. A seguir, dois mapas conceituais são apresentados como resumos esquemáticos da visão filosófica de Aristóteles e de Santo Agostinho com a função de auxiliar os alunos na absorção dos conceitos



e representatividade dos valores facilmente denotados e exemplificados por esta estrutura. Ressalta-se que os mapas apenas apresentam as ideias centrais da visão filosófica para fins de simplificação, de acordo com os autores.

Figura 3 - Mapas conceituais da visão aristotélica e agostiniana



Fonte: Próprios autores (2021)

3. Resultados e Discussões

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativo proposta nesta pesquisa inicia-se utilizando um recurso digital chamado Mentimeter, com essa ferramenta forma-se uma nuvem de palavras na tentativa de detectar o conhecimento prévio dos alunos sobre o tempo definindo-o em três palavras, onde são organizadas por cor e tamanho pelo número de repetições que recebem.



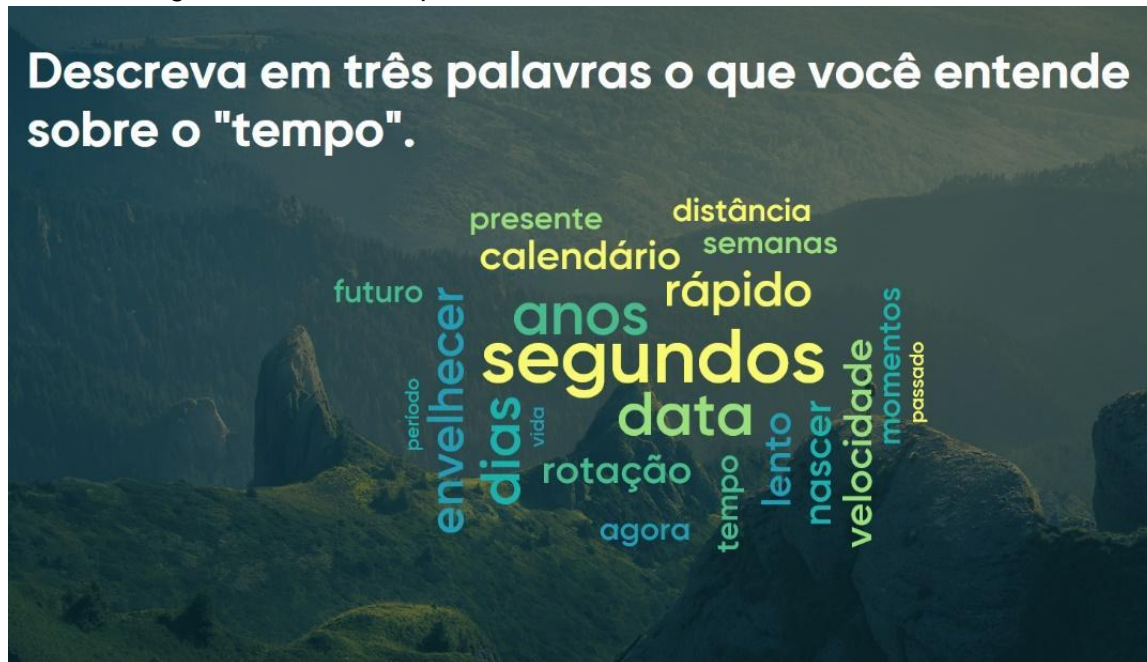
Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

Figura 4 - Nuvem de palavras desenvolvido através do Mentimeter.

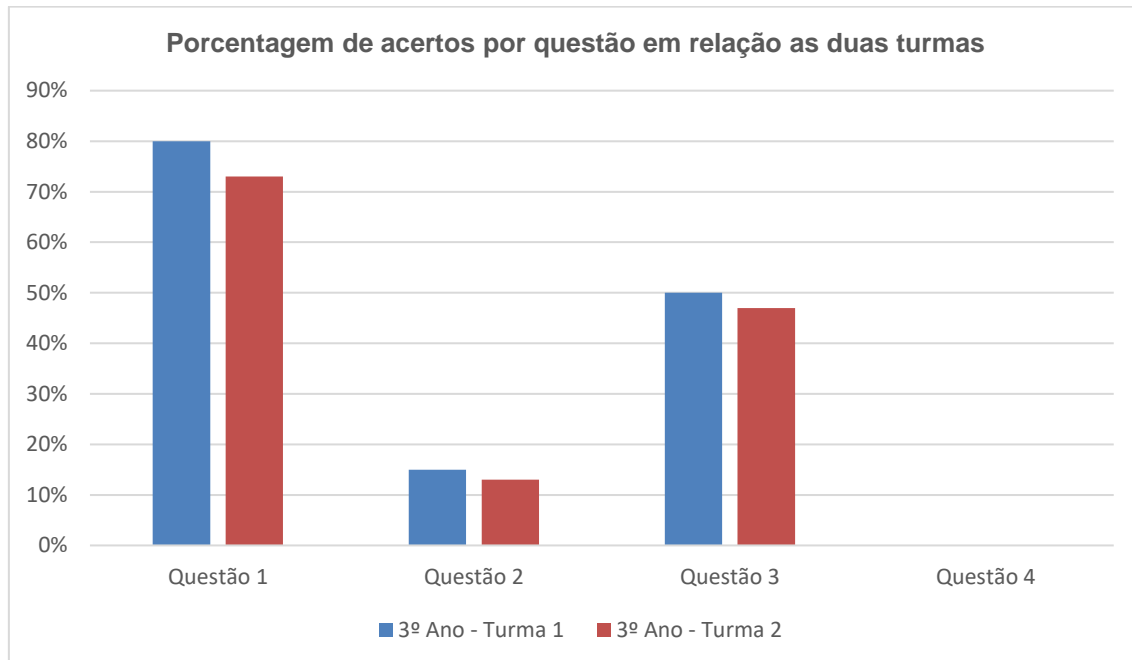


Fonte: Próprios autores (2021)

A partir disso, a aula expositiva foi iniciada com auxílio de slides e dividida em duas partes. Na primeira parte estão as visões filosóficas de Aristóteles, Santo Agostinho, Immanuel Kant, Henri Bergson e Martin Heidegger, com pequenas atividades intermitentes realizadas com a ajuda dos mapas conceituais desenvolvidos pelo professor, ressalva-se aqui que uma interessante atividade seria os próprios alunos produzirem os mapas conceituais relacionado, contudo, não houve tempo suficiente para execução desta etapa na aplicação da proposta. Na segunda parte estão as construções físicas de Isaac Newton e Albert Einstein, até a cinemática relativística da Teoria da Relatividade Restrita. Adicionalmente houve a aplicação de pequenas atividades intermitentes focadas em questões de vestibulares, visto que a proposta foi aplicada em turmas do 3º ano do Ensino Médio. Por fim, os estudantes foram apresentados a uma avaliação que apresentou um alto nível de acertos em questões teóricas, este alto índice pode estar relacionado aos mapas conceituais, e um baixo nível de acertos nas questões de cálculos, provavelmente, um infeliz e comum retrato da realidade das escolas públicas brasileiras, visto que a maioria dos erros estavam concentrados em matemática básica como apresentado no quadro a seguir.



Quadro 1 – Resumo dos resultados do teste da UEPS



Fonte: Próprios autores (2021)

O Quadro 1 relaciona a porcentagem de acertos por questão relativo as duas turmas. As questões 1 e 2 são teóricas, enquanto as questões 3 e 4 são de cálculo, todas as questões são de vestibulares recentes e referentes a Teoria da Relatividade Restrita. Apesar da dificuldade de acerto na questão teórica 2 os alunos apresentaram domínio do conteúdo, contudo, questões desse nível exigem mais do que conteúdo o que os levou a essa baixa porcentagem. Observa-se um problema maior na questão 4 que não foi resolvida por nenhum aluno satisfatoriamente, devido ao déficit de matemática básica apresentada por todos alunos durante seu desenvolvimento.

Vale ressaltar que o trabalho passou por diversas adaptações visto a pandemia de Coronavírus que assolou a cidade de Manaus, cidade na qual foi feita a intervenção resultando na seguinte proposta. A estrutura oscilou entre o sistema remoto, híbrido e presencial, para enfim ser aplicada presencialmente, porém, facilmente adaptável para um sistema híbrido se necessário, visto o grande número atividades e interações. O presente trabalho foi apresentado no formato de resumo estendido nos anais do evento chamado VIII Simpósio Lasera Manaus 2021 com poucas adaptações (SILVA SOBRINHO e PADILHA, 2021), e defendido como dissertação final do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física Polo 04 em março de 2022 (SILVA SOBRINHO e PADILHA, 2022).

4. Considerações Finais

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa foi construída e baseada na Teoria da Relatividade Restrita com enfoque na cinemática relativística, abordando uma perspectiva histórica e filosófica sobre o conceito do tempo desde Aristóteles até Einstein, desdobrando-se por Santo Agostinho, Immanuel Kant, Henri Bergson, Martin Heidegger e Isaac Newton. Seguindo a premissa básica da teoria de Novak que é pensar, sentir e fazer, a apresentação dos pensadores possui o intuito de despertar algum tipo de identificação com eles. Procurou-se apresentar as visões ideológicas destacando-se as características transcendentais, imanentes, reais, abstratas,



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

substantivistas e relacionistas que relatam a construção teórica do ser humano para entender o tempo. De fato, nesta proposta, não há uma reflexão profunda sobre cada filósofo, apenas foi dada ênfase aos pontos mais relevantes e suficientes de cada um para realizar o trabalho em sala de aula.

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. A proposta deste tipo de abordagem visa reacender no ensino de Física a construção filosófica aumentando a amplitude dos conceitos para desenvolver uma diferenciação progressiva e a reconciliação integradora com as teorias físicas, posteriormente apresentadas, além de apresentar o tempo como uma questão central no debate da Física Moderna. O trabalho não aborda toda a teoria física, 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. Existe, ainda, a possibilidade de ampliar a construção teórica do trabalho como a apresentação da Teoria da Relativa Geral, ou, teorias mais recentes, como a Teoria das Cordas ou a Teoria da Gravidade Quântica em Loop mostrando que a proposta tem potencial e boas perspectivas para desenvolvimento futuro.

A UEPS foi a sequência didática escolhida, pois apresenta um nível de organização rigoroso que permite sua aplicação com demasiado zelo e facilidade quando trabalhado passo-a-passo deixando os objetivos claros, além de que permite sua melhora através dos resultados analisados a critério do professor.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

EINSTEIN, A. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Tradução: Carlos Almeida Pereira. Editora Contraponto, 2017.

LORENTZ, A. **A Teoria da Relatividade de Einstein**. Tradução: Luís O. E. dos Santos. 1 ed. São Paulo: Ciadoebook, 2018. E-book.

MOREIRA, M. **Unidades de ensino potencialmente significativas - UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista, Vol. 1, N.2, pp.43-63 (2011).

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

PESSOA, O. **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.

SCHLICK, M. **Espaço e tempo na Física contemporânea – Uma introdução à Teoria da Relatividade**. Editora *mundaréu. Tradução de Ricardo Ploch – 2016



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

SILVA SOBRINHO, P. R. F.; PADILHA I. T. **Breves implicações filosóficas sobre o tempo e a teoria da relatividade.** *In:* VIII SIMPÓSIO LASERA, 2021, Manaus. Anais. Manaus: Lasera, 2021. p. 61-64.

SILVA SOBRINHO, P. R. F.; PADILHA I. T. **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO SOBRE O TEMPO: Breves implicações filosóficas sobre o tempo e a Teoria da Relatividade Restrita.** Dissertação de Mestrado, MNPEF Polo04 UFAM/IFAM, 2022, Manaus.

REICHENBACH, H. (1956). **The direction of time**, editado por Maria Reichenbach, University of California Press, Berkeley (manuscrito de 1953).

REIS, J. Estudo: O tempo em Heidegger. **Revista Filosófica de Coimbra**, n. 28, p. 369-414, 2005.

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