

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

LUCAS DA SILVA TEIXEIRA

**EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO TEMPO DESDE OS GREGOS ATÉ EINSTEIN:
UMA PROPOSTA À EDUCAÇÃO BÁSICA**

Araranguá

Dezembro de 2019

LUCAS DA SILVA TEIXEIRA

**EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO TEMPO DESDE OS GREGOS ATÉ EINSTEIN:
UMA PROPOSTA À EDUCAÇÃO BÁSICA**

Monografia apresentada ao
curso de Licenciatura em
Física do Instituto Federal de
Santa Catarina Campus
Araranguá para a obtenção do
diploma de Licenciado em
Física

Orientador: Marcos Pradella

Araranguá

Dezembro de 2019

T266e Teixeira, Lucas da Silva, 1994-
Evolução conceitual do tempo desde os gregos até Einstein: uma proposta à educação básica/ Lucas da Silva Teixeira; orientador: Marcos Pradella.-- 2019.
54f.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Araranguá, 2019.
Inclui bibliografias

1. Ciência – Estudo e ensino. 2. Aprendizagem significativa crítica.3. Ensino básico. 4. Física - História. I. Pradella, Marcos. II.Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina- Curso de Licenciatura em Física. III. Título.

CDD 530.07

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Ivone Garcia – CRB-14/1417



Anexo IV

FICHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Aluno(a): **LUCAS DA SILVA TEIXEIRA**
Matricula: **1520014163**
Curso: **Licenciatura em Física**

Título:
EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO TEMPO DESDE OS GREGOS ATÉ EINSTEIN: UMA PROPOSTA À EDUCAÇÃO BÁSICA

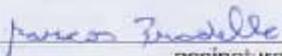
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) para a obtenção do título de Licenciado em Física do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), câmpus Araranguá.

Conceito: 9 (X) Aprovado () Reprovado

Araranguá, 16 de dezembro de 2019.

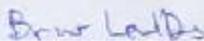
Banca examinadora:

1. MARCOS PRADELLA (presidente)



assinatura

2. BRUNO LEAL DIAS



assinatura

3. FERNANDO HENRIQUE FAUSTINI ZARTH



assinatura

RESUMO

O tempo é uma grandeza física muito utilizada na modelagem dos fenômenos e, ao longo da história, foi objeto de muitas reflexões filosóficas realizadas por muitos filósofos e físicos da Antiguidade à Idade Contemporânea. Essa problemática, no entanto, não é muito visualizada em livros didáticos e acadêmicos de Física, não possibilitando, por conseguinte, uma discussão muito aprofundada entre o docente e os alunos acerca desse tema. O presente trabalho, com isso, tem por objetivo fazer uma pesquisa histórica sobre a natureza do tempo, abrangendo os principais filósofos da Antiguidade à Idade Contemporânea; posteriormente, pretende-se levar esse assunto à educação básica, utilizando como fundamental teórico a teoria da aprendizagem significativa crítica, proposta por Moreira (2010), e a epistemologia de Paul Feyerabend. A escolha dessa teoria de aprendizagem e dessa epistemologia consiste no consenso de que o conhecimento não é transmitido, e sim construído. Também é relevante enfatizar aos alunos que a história da ciência é multifacetária; não existe apenas um método científico a ser seguido, vários fatores podem influenciar na construção de uma teoria científica, como afirma Feyerabend.

Palavras Chaves: tempo; aprendizagem significativa crítica; pesquisa histórica

ABSTRACT

Time is a physical greatness widely used in the modeling of phenomena and, throughout history, has been the object of many philosophical reflections performed by many philosophers and physicists from antiquity to the contemporary age. This problem, however, is not much visualized in textbooks and academic physics books, thus not allowing a very deep discussion between the teacher and students about this subject. The present work, therefore, aims to make a historical research on the nature of time, covering the main philosophers from antiquity to the contemporary age; later, it is intended to take this subject to basic education, using as theoretical fundamental the theory of critical learning, proposed by Moreira (2010), and the epistemology of Paul Feyerabend. The choice of this learning theory and epistemology consists in the consensus that knowledge is not transmitted, but constructed. It is also relevant to emphasize to students that the history of science is multifaceted; There is not just one scientific method to follow, several factors can influence the construction of a scientific theory, as Feyerabend states.

Keywords: time; critical meaningful learning; historical research

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	12
2.2 EPISTEMOLOGIA DE PAUL FEYERABEND	13
2.3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4 PRODUÇÃO DE TEXTO E UEPS	17
5 APLICAÇÃO DA PROPOSTA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	19
6 IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DA PROPOSTA	20
6.1 PROPOSTA DE UEPS PARA O ENSINO DO TEMPO NA ANTIGUIDADE, IDADE MÉDIA, IDADE MODERNA E CONTEMPORÂNEA COM CARGA HORÁRIA DE 36 HORAS AULA.	20
6.1.1 SITUAÇÃO INICIAL.....	20
6.1.2 SITUAÇÃO PROBLEMA.....	20
6.1.3 APRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO A SER ABORDADO.....	21
6.1.4 APRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO EM UM NÍVEL MAIS ALTO DE COMPLEXIDADE.....	22
6.1.5 AULA EXPOSITIVA DIALOGADA INTEGRADORA FINAL.....	23
6.1.6 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	24
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	28
APÊNDICE A- MATERIAL DIDÁTICO SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO TEMPO	31
8.1 EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO CONCEITO DO TEMPO DESDE OS GREGOS ATÉ EINSTEIN.....	31
8.1.1 O TEMPO NA ANTIGUIDADE	31
8.1.2 PRÉ- SOCRÁTICOS.....	31
8.1.3 PÓS SOCRÁTICOS.....	34
8.1.4 PLATÃO.....	34
8.1.5 ARISTÓTELES	35
8.2.1 AGOSTINHO DE HIPONA	37
8.3 O TEMPO NA IDADE MODERNA	40
8.3.1 ISAAC NEWTON	40

8.3.2 A FLECHA DO TEMPO.....	43
8.4 O TEMPO NA IDADE CONTEMPORÂNEA.....	44
8.4.1 ALBERT EINSTEIN	44
APÊNDICE B - EXERCÍCIOS SOBRE O TEMPO NA ANTIGUIDADE E IDADE MÉDIA	48
APÊNDICE C- AVALIAÇÃO SOBRE O TEMPO NA ANTIGUIDADE E IDADE MÉDIA Bookmark not defined.	49
8.6 LIGUE O NOME DOS FILÓSOFOS COM AS SUAS CONCEPÇÕES DE TEMPO	49
APÊNDICE D- EXERCÍCIOS SOBRE O TEMPO NA IDADE MODERNA E CONTEMPORÂNEA	50
APÊNDICE E - AVALIAÇÃO SOBRE O TEMPO NA IDADE MODERNA E CONTEMPORÂNEA	51
ANEXO A- LETRAS DE MÚSICAS APLICADAS AOS ALUNOS.....	51
9.1 LETRA DA MÚSICA TEMPO PERDIDO LEGIÃO URBANA	52
9.2 QUANTO TEMPO AINDA FALTA PAULA MATTOS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Reflexões sobre a natureza do tempo sempre ocorreram ao longo da história humana. Algumas civilizações antigas, como chineses, hindus e egípcios, que viveram por volta de 1500 até 600 a. C, contribuíram para o assunto e até colaboraram na construção de calendários (MORRIS, 1998; WHITROW, 1993; MARTINS, 1998; GHISOLFI, 2008). Esses povos acreditavam em uma ideia cíclica do tempo. Assim, em um determinado período quando completassem ciclos cósmicos, o mundo seria destruído e recriado (MORRIS, 1998). Esta concepção do tempo influenciou muitos filósofos gregos, em particular os Estoicos (MORRIS, 1998; WHITROW, 1993). Isso porque, em parte, essa civilização aderiu a astronomia dessas civilizações, acreditando que, quando o Sol, a lua e os planetas estivessem novamente alinhados, os eventos ocorridos nesse intervalo de tempo iriam acontecer novamente (WHITROW, 1993). A partir do momento em que o homem começou a observar que a natureza está em contínua mudança, que os animais nascem, crescem, envelhecem e morrem, ele começou a se questionar sobre o tempo (GHISOLFI, 2008). A vida do trabalho no campo também fez com que começasse a se preocupar com a construção de calendários; era relevante saber em quais épocas do ano se deveria plantar e colher (GHISOLFI, 2008).

Na Física, o tempo é uma das grandezas fundamentais do Sistema Internacional de Unidades (SI), sendo muito empregada na modelagem dos fenômenos (GHISOLFI, 2008; MARTINS, 1998). Dentre as áreas da Física no qual essa grandeza é utilizada, pode-se destacar a Mecânica, a Ondulatória, o Eletromagnetismo e a Física Quântica. No entanto, percebe-se que os livros didáticos e acadêmicos carecem de um significado que permita aos alunos e ao docente compreender a dimensão desse conceito (GHISOLFI, 2008).

Diante dessa problemática, surge o seguinte questionamento: de que modo discutir, em sala de aula, as reflexões filosóficas, realizadas pelos filósofos ao longo da história acerca da natureza do tempo, poderiam ampliar a concepção dos alunos sobre o respectivo tema? Para responder esse problema, foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre a evolução histórica da concepção dos principais filósofos desde a Antiguidade à Idade Contemporânea sobre a natureza do tempo.

Como o objetivo é levar esse assunto à educação básica, foi feita uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). O intuito de elaborar essa

sequência didática é discutir esse assunto dentro de uma perspectiva construtivista, pois, de acordo com alguns autores, abordar determinados assuntos nessa perspectiva poderia, talvez, disseminar nos alunos uma concepção de ciência diferente da empirista indutivista.

A seguir, serão apresentadas a fundamentação teórica, a revisão bibliográfica, a produção do material didático e UEPS, a implementação da proposta e a sua respectiva análise. Estas etapas serão discutidas na sequência mais detalhadamente. O texto e a UEPS podem ser encontrados nos apêndices A e B, respectivamente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No que se refere ao ensino de conceitos científicos, alguns autores como Postman (2002) e Moreira (2006) ressaltam que a escola tradicional têm se pautado em transmitir alguns conceitos em que denominam como fora de foco, a saber: “o de verdade absoluta, fixa e imutável, o de certeza, o de entidade isolada, o de casualidade simples, única e mecânica e o de que o conhecimento é transmitido” (DAMASIO; PEDUZZI, 2016, p 21).

Esses conceitos, por sua vez, podem reforçar uma visão empirista indutivista¹ da ciência bastante criticada por filósofos racionalistas como Karl Popper, Imre Lakatos & Thomas Kuhm e relativistas contemporâneos, o principal deles Paul Feyerabend. Uma das principais críticas apontadas por esses filósofos é que vários fatores podem influenciar na construção de uma teoria, tais como crenças metafísicas, posições políticas e ideológicas, entre outros (CHALMERS, 1993).

Além dessa problemática, de acordo com Moreira (2006) e Damasio & Peduzzi (2016), a sociedade atual está marcada por diversas transformações em vários aspectos, como tecnologia e ciência. Ensinar aos alunos conceitos fora de foco pode fomentar a passividade; não estimula a criatividade, imaginação e reflexão crítica, aptidões indispensáveis para viver nessa sociedade marcada por mudanças.

Moreira (2010) e Damasio & Peduzzi (2016), buscando um referencial que oriente a prática docente em detrimento dos conceitos fora de foco, defendem que o ensino em sala de aula deve ser crítico. Esse termo consiste no indivíduo fazer parte dessa sociedade, mas não sendo influenciado por sua cultura. Para atingir tal intuito, segundo esses autores, é necessário que a prática docente esteja em concordância com uma teoria de aprendizagem humanista e um viés epistemológico relativista. Buscou-se, portanto, alinhar o respectivo tema desse trabalho à teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e à epistemologia de Paul Feyerabend. Na sequência, serão discutidas estas teorias.

¹ Empirismo Indutivismo: de acordo com Chalmers (1993), empirismo indutivismo, postura filosófica defendida fortemente por filósofos positivistas, defende que leis, hipóteses e teorias científicas são formuladas exclusivamente a partir de um conjunto amplo de observações e experimentação sob as mais variadas circunstâncias, seguindo métodos e padrões bem específicos.

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

David Ausubel, professor emérito da universidade de Columbia em Nova Iorque, tem formação em psiquiatria, mas se dedicou a psicologia. Em suas obras, é um representante do cognitivismo e têm defendido a teoria da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

Segundo Moreira (2011), em linhas gerais, Ausubel afirma nessa teoria de aprendizagem que o novo conhecimento deve se relacionar com determinados conhecimentos específicos, os quais ele denomina como subsunçores, presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Essa estrutura, por sua vez, é formada por uma gama de conhecimentos adquiridos na infância e na adolescência através da interação com o ambiente. Em alguns casos, pode ocorrer que determinados subsunçores não estejam formados, sendo necessária a utilização de organizadores prévios. Esses organizadores são materiais introdutórios, como experimentos e vídeos, que possuem o objetivo de manipular a estrutura cognitiva, formando subsunçores específicos (MOREIRA, 2011).

Segundo Masini (2011) e Zabala (1998), tendo um aspecto construtivista, essa teoria de aprendizagem pressupõe que o sujeito ativo é o aluno. Isso significa que relações interativas através de atividades dinâmicas entre os alunos entre si e com o docente devem ser valorizadas e estimuladas. Cabe ressaltar que o docente não adquire um papel secundário nesse processo; é o seu dever desenvolver estratégias didáticas, que orientem os alunos nesse processo de construção do conhecimento, levando em consideração alguns fatores, tais como atenção à diversidade.

Segundo Alegro (2008), essa teoria de aprendizagem se contrapõe à aprendizagem mecânica que fomenta apenas a memorização de conceitos e outros aspectos. De acordo com essa autora, a aprendizagem significativa desenvolve maior criatividade, reflexão crítica e maior retenção de conteúdos, características fundamentais para o convívio nessa sociedade marcada por mudança.

2.2 EPISTEMOLOGIA DE PAUL FEYERABEND

Paul Karl Feyerabend (1924-1994), doutor em Física pela universidade de Viena, lecionou em algumas universidades como Yale, Bristol e Auckland. Sua filosofia, gerando polêmica entre a comunidade científica e entre epistemólogos contemporâneos, pode, em alguns aspectos, nortear a prática docente quando o intuito do educador não é fomentar em sala de aula conceitos fora de foco. Isso porque Feyerabend é considerado por muitos um relativista, defendendo o anarquismo na ciência (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

Em sua obra, *Contra o Método*, Feyerabend (2011) critica os racionalistas que defendem que as prática dos cientistas devam ser orientadas por métodos específicos, visto que há uma maneira correta de fazer ciência. Para ele, tais argumentos não condizem com fatos históricos, porquanto a história da ciência é multifacetária e vários fatores podem influenciar na construção de teorias, até à escolha entre teorias rivais.

De acordo com Chalmers (1993), em função disso, ele defende o anarquismo epistemológico, postura filosófica no qual argumenta que todas as metodologias, em determinados contextos, apresentam certas deficiências. É ilógico, portanto, defender padrões específicos que orientem toda a prática do cientista, uma vez que tais procedimentos podem se tornar problemáticos; talvez, em alguns casos, o cientista terá que recorrer a outro empreendimento para solucionar seu problema.

Na visão de Damásio & Peduzzi (2015), em função dessa postura filosófica, Feyerabend é criticado por seu anarquismo. Uma das principais críticas se refere ao fato de que, por não defender que a atividade científica deva ser norteadada por determinados procedimentos e padrões, o caos e desordem poderia se instaurar. Não obstante, segundo esses autores, tais críticas não são muito consistentes. Isso porque o que Feyerabend contesta é a generalização de determinadas metodologias e procedimentos na atividade científica em virtude de suas limitações (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

Ainda assim, segundo Damasio & Peduzzi (2015), visões empiristas indutivistas podem fomentar conceitos fora de foco, induzindo à aprendizagem mecânica. O relativismo de Feyerabend, não obstante, se opõe a essa postura

filosófica, o que, talvez, mostraria uma visão diferente de ciência, formando alunos mais críticos e reflexivos.

2.3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)

De acordo com Moreira (2011), UEPS são sequências didáticas que fomentam a aprendizagem significativa. É orientada pelos onze princípios da teoria da aprendizagem significativa crítica, proposta por Moreira (2010), que são: (1) princípio do conhecimento prévio; (2) princípio da interação e do questionamento; (3) princípio da não centralidade do livro texto; (4) princípio do aprendiz como perceptor; (5) princípio do conhecimento como linguagem; (6) princípio da consciência semântica; (7) princípio da aprendizagem pelo erro; (8) princípio da desaprendizagem; (9) princípio da incerteza do conhecimento; (10) princípio da não utilização do quadro giz; (11) princípio do abandono da narrativa. Esses princípios se contrapõem aos conceitos fora de foco, citados anteriormente.

Em linhas gerais, a UEPS é composta pelas seguintes etapas: situação inicial, situações problema, revisão, nova situação problema em um nível mais alto de complexidade, avaliação somativa individual, aula expositiva dialogada integradora final, avaliação da aprendizagem na UEPS e avaliação da própria UEPS (MOREIRA, 2011).

Ao longo de toda a UEPS, é recomendável, segundo Moreira (2011) e Damasio & Peduzzi (2016), que se inicie com os conceitos mais gerais sobre um determinado assunto. Segundo esses autores, também é importante ressaltar que o aluno, ao longo de todo o processo, é o sujeito ativo; é ele, portanto, que irá construir o seu conhecimento. O papel do docente, nesse processo, é orientar os alunos na construção do seu conhecimento.

No presente trabalho, é apresentada uma UEPS sobre a evolução do conceito do tempo, buscando contemplar todos esses aspectos. Ao longo dessa sequência didática, buscou-se construir o conhecimento acerca da natureza do tempo com os alunos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Preliminarmente, foi feita uma revisão bibliográfica nos últimos 8 anos na literatura existente com o intuito de averiguar se já existem trabalhos sobre o respectivo tema. Assim, publicações que envolvem o tema foram pesquisadas nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Física na Escola (FnE); Investigações em Ensino de Ciências (IEC); Experiência em Ensino de Ciências (EEC); Alexandria; Ensaio. Investigaram-se, nesses periódicos, artigos que abordassem o tempo na Antiguidade, Idade Média e Idade Moderna e Contemporânea. Apesar da vasta pesquisa, foi coletado apenas um artigo — na revista CBEF— que discute sobre esses assuntos.

Esse artigo escrito por Reis e Reis (2016) aborda o tempo e o espaço dentro de uma perspectiva histórica e filosófica. Dessa forma, em uma escola da rede estadual no Rio de Janeiro, localizada no município de Magé, os autores desse trabalho fizeram uma aplicação de uma sequência didática em uma turma de 1º ano do ensino médio, abordando alguns assuntos como o tempo e o espaço na Idade Média, na Mecânica Newtoniana e na Relatividade.

A sequência didática proposta por esses autores é dividida nas seguintes etapas: atividades de sondagem, atividades sobre a geometrização do espaço e tempo, atividades sobre o espaço e tempo absoluto de Newton, atividade sobre a relatividade de Einstein e atividades de encerramento.

A atividade de sondagem consistiu em uma análise de conhecimentos prévios através de um questionário sobre o espaço e o tempo e sobre a natureza da ciência. O intuito da atividade era analisar as concepções epistemológicas dos alunos sobre ciência e sobre o espaço e o tempo.

Nas atividades sobre geometrização do espaço e tempo e sobre as concepções de Newton sobre essas grandezas, discutiu-se com os alunos sobre como eram feitas as medidas do espaço e tempo ao longo da história. Também, nesse momento, o docente abordou um pouco sobre a origem da cinemática, além das concepções dos escolásticos e de Galileu para, posteriormente, discutir sobre as implicações dessas visões na concepção de Newton sobre o tempo e o espaço absoluto.

Em relação às atividades sobre a relatividade de Einstein e de encerramento,

o docente abordou sobre relatividade restrita e geral dentro de uma perspectiva histórica, chegando à conclusão de que o tempo é relativo. Os alunos também tiveram que fazer uma história em quadrinhos sobre as controvérsias entre Newton e Leibniz, no qual deveriam abordar sobre as divergências entre ambas as concepções de tempo e espaço.

O presente trabalho, em alguns aspectos, se diferencia da proposta executada por esses autores, à medida em está articulado dentro da concepção construtivista do ensino, explicitando uma teoria de aprendizagem. Durante as aulas e nas atividades propostas, embora buscassem uma participação ativa dos alunos, os autores não apontaram uma teoria de aprendizagem específica na elaboração das sequências didáticas, tornando questionável o aspecto construtivista da sua proposta.

4 PRODUÇÃO DE TEXTO E UEPS

Para discutir sobre a evolução do conceito do tempo, inicialmente foi escrito um texto sobre esse assunto. Esse texto aborda a concepção filosófica de alguns filósofos e físicos da Antiguidade à Idade contemporânea.

Assim, na Antiguidade, destaca-se o pensamento de Anaximandro, Heráclito, Platão e Aristóteles. Na Idade Média, buscou-se explicar o pensamento de Agostinho de Hipona e Tomás de Aquino. Na Idade Moderna, procurou-se enfatizar a concepção de Isaac Newton sobre o tempo e uma breve discussão sobre a flecha do tempo. No que diz respeito à Idade contemporânea, destacaram-se as ideias de Albert Einstein em sua teoria da relatividade.

Ao longo de todo o texto, enfatizaram-se as dificuldades enfrentadas pelos filósofos para conceituar o que vem a ser o tempo. Também se procuraram enfatizar as divergências de ideias entre os filósofos e físicos, evidenciando que, na construção de hipóteses, conjecturas e teorias científicas, os cientistas dificilmente seguem metodologias e padrões específicos; muitas vezes, é necessário, não obstante, utilizar outros procedimentos para resolver determinados problemas.

Após elaborar esse texto, foi feita uma UEPS com uma carga horária de 36 horas aula. Essa sequência didática é composta por uma situação inicial, situação problema, apresentação do conhecimento a ser abordada, apresentação do conhecimento em um nível mais alto de profundidade, aula expositiva dialogada integradora final e avaliação da aprendizagem.

Na situação inicial, com o intuito de contextualizar o tema, mostrando que ele está presente no cotidiano das pessoas e em diversas áreas, foi apresentado um organizador prévio, isto é, uma determinada atividade que funcionaria como uma âncora entre o novo conhecimento e os conhecimentos prévios.

Na situação problema, os alunos foram expostos a perguntas sobre determinadas questões associadas ao tempo. O intuito dessa atividade é fazer com que os alunos externalizem seus conhecimentos prévios, além de tentar propor discussões e debates sobre esse tema.

Na apresentação do conhecimento a ser abordado, foi discutido de forma expositiva dialogada sobre o tempo na Antiguidade e Idade Média. Durante essas aulas, foi feito questionamentos aos alunos, buscado sempre interagir com eles.

Além disso, ao término dessas aulas, foram propostos exercícios sobre esses assuntos.

Na apresentação do conhecimento em um nível mais alto de complexidade, foi abordado o tempo na Idade Moderna e contemporânea, ressaltando a concepção newtoniana, a flecha do tempo e como o tempo é visto na teoria da relatividade.

Na aula integradora final, o objetivo foi responder com o auxílio dos alunos as questões propostas na situação problema. Ao término dessa aula, foram propostos exercícios a eles sobre o tempo na Idade Moderna e contemporânea.

5 APLICAÇÃO DA PROPOSTA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Essa sequência didática descrita anteriormente foi aplicada na EEB Apolônio Ireno Cardoso, nas três séries do Ensino Médio, no período matutino e Vespertino, no período compreendido entre 12/10/2018 e 23/11/2018. As aulas no primeiro ano do ensino médio ocorreram no período vespertino, às 13h até 14h30m e a turma era composta por 19 alunos. No segundo ano, ocorreram no período vespertino, às 14h30m até 16h10m e havia 16 alunos. No terceiro ano, ocorreram no período matutino, às 8h até 9h30m e a turma era composta por 19 alunos.

Foram utilizados como materiais didáticos, em todas as aulas, o projetor e o quadro. Apenas no período vespertino foi necessário ligar um dos ventiladores, pois a temperatura ambiente não estava agradável. É importante frisar que, no primeiro ano, foram encontradas dificuldades em ministrar as regências, porque alguns alunos não desenvolveram predisposição em aprender. Nessa turma, outro fator que dificultou o andamento das aulas diz respeito ao fato de que alguns alunos chegavam atrasados em função do transporte, sendo necessário retomar o conteúdo para eles. Também é relevante ressaltar que, no segundo e terceiro ano, as turmas eram um pouco mais participativas, tornando as aulas mais interativas.

6 IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DA PROPOSTA

6.1 PROPOSTA DE UEPS PARA O ENSINO DO TEMPO NA ANTIGUIDADE, IDADE MÉDIA, IDADE MODERNA E CONTEMPORÂNEA COM CARGA HORÁRIA DE 36 HORAS AULA.

6.1.1 SITUAÇÃO INICIAL

Com o objetivo de propiciar uma predisposição nos alunos sobre o respectivo tema, bem como contextualizar com o cotidiano deles, foi proposta uma atividade na primeira aula no qual eles, preliminarmente, deveriam ouvir duas músicas, cujo título é: *Tempo Perdido*, da banda *Legião Urbana* e *Quanto Tempo Ainda Falta*, da cantora *Paula Mattos*. Posteriormente, deveriam escrever um texto de no máximo 8 linhas, ressaltando como o tempo é tratado pelos compositores.

Dentro da teoria de Ausubel, as duas letras de músicas foram utilizadas como organizadores prévios, servindo como âncora entre o novo conhecimento e os conhecimentos prévios dos alunos. As letras também serviram para problematizar o assunto, mostrando que ele está em diversas áreas, tais como músicas, filmes e obras de arte.

Observei, nessa atividade, que alguns alunos do primeiro ano encontraram dificuldades em escrever o texto. Alguns acabaram fugindo um pouco do foco da atividade e escreveram sobre outros assuntos que não estavam associados ao tema. Nessa turma, também notei que muitos alunos cometiam muitos erros gramaticais.

No segundo ano e terceiro ano, teve um grande número de alunos que conseguiram escrever de forma clara sobre como o tempo era tratado nessas letras, embora também houvesse alguns erros gramaticais nos textos. É importante ressaltar que, nessas duas turmas, alguns alunos conseguiram realmente explicar como o tempo foi discutido pelos compositores.

6.1.2 SITUAÇÃO PROBLEMA

Tendo como finalidade analisar os conhecimentos prévios dos alunos, foram apresentadas a eles algumas situações problemas com um certo grau de

complexidade com o intuito de buscar discussões e debates em sala. Assim, foram feitos os seguintes questionamentos: (1) Como o tempo é abordado na Física? (2) É possível voltar no tempo? (3) É possível viajar para o futuro? (4) O tempo transcorre de forma uniforme? (5) O tempo é relativo?

Estas perguntas, por apresentarem um certo nível de dificuldade maior, imaginei que os alunos não iriam saber responder corretamente. No entanto, algumas dessas perguntas eles responderam.

Os alunos responderam apenas a primeira e segunda pergunta. Em relação ao primeiro questionamento, alguns alunos do primeiro, segundo e terceiro ano afirmaram que o tempo é representado pela letra t ; é bastante discutido em mecânica e está associado à duração dos fenômenos.

No que diz respeito à segunda pergunta, todos afirmaram que não é possível voltar no tempo. Por fim, afirmei que esses questionamentos e outros seriam respondidos no decorrer das aulas. Além disso, penso que, por apresentar um certo grau de complexidade maior, a terceira, quarta e quinta pergunta os alunos não souberam responder.

6.1.3 APRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO A SER ABORDADO

Nesse momento, utilizando projetor e o quadro, foi discutido com os alunos sobre o tempo na Antiguidade e Idade Média, período no qual a Física ainda não existia como ciência. Preliminarmente, com as três séries do ensino médio, foi discutido sobre a concepção do tempo dos filósofos da Antiguidade, mais especificamente do período pré-socrático, ressaltando o pensamento de Anaximandro e Heráclito.

Assim, foi enfatizado que, para Anaximandro, o tempo iria adquirir um aspecto punitivo, em função de a natureza ser imperfeita. Já, segundo Heráclito, o tempo teria um papel renovador, isto é, iria renovar as formas de vida (BITTENCOURT, 2011; SOUSA; AMARAL; PRADO; et al,1996). É importante ressaltar que alguns alunos do primeiro ano ficaram muito curiosos sobre quem foram esses filósofos e faziam muitas perguntas a esse respeito.

Na aula seguinte, foi discutido sobre o tempo no período pós socráticos, enfatizando o pensamento de Platão e Aristóteles. Assim, em linhas gerais, foi explanado que, para Platão, o tempo seria “produzido pelas revoluções das esferas

celestes” (WHITROW, 1993, p 57); já para Aristóteles, o tempo seria “o número do movimento, contém uma ação que pode ser contada” (BITENCOURT, 2016, p 106).

Nessa aulas, questionei os alunos sobre quais as diferenças entre as concepções do tempo de Anaximandro e Heráclito e entre Platão e Aristóteles. Dessa forma, apenas um aluno do terceiro ano respondeu afirmando que a principal diferença entre eles é que o primeiro afirmava que o tempo era produzido pelo movimento dos astros, já o segundo discordou.

Após explanar sobre o tempo na Antiguidade, iniciei uma discussão sobre o tempo na Idade Média, ressaltando as ideias de Aurélio Agostinho Tomás de Aquino. Nesse sentido, discutimos que Agostinho não chega em uma definição do que vem a ser o tempo, mas discute ele sob o ponto de vista psicológico, afirmando que ele está associado as nossa percepções de passado, presente e futuro (CARDOSO, 2010). Já para Tomás de Aquino, a sua concepção do tempo é idêntica a de Aristóteles, mas se difere em alguns aspectos, pois introduz alguns termos novos. Em linhas gerais, para ele, o tempo é “o número do movimento, contém uma ação que pode ser contada”(BITENCOURT, 2016, p 106).

Próximo ao término dessa aula, questionei os alunos sobre as principais diferenças entre essas duas concepções de tempo, mas nenhum aluno das três séries do ensino médio respondeu.

A aula seguinte consistiu na aplicação de sete questões sobre o tempo na Antiguidade e Idade Média. Percebi que o primeiro ano encontrou uma maior dificuldade em resolver as questões em comparação com as outras séries. Também observei que, nessa turma, havia muitos alunos que não estavam com predisposição em aprender, uma vez que não se sentiam motivados em fazer as atividades propostas. Já às outras turmas, no geral, visualizei um maior interesse em fazer os exercícios propostos, mas percebi também que encontraram um pouco de dificuldade em responder às questões.

6.1.4 APRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO EM UM NÍVEL MAIS ALTO DE COMPLEXIDADE

Nesta etapa, foi discutido sobre o tempo na Idade Moderna e Contemporânea. Assim, de forma expositiva dialogada, discutimos alguns assuntos

importantes para compreender essas duas concepções de tempo em contextos históricos diferentes.

Na primeira aula sobre o tempo na Idade Moderna, foi explanado de forma detalhada sobre a concepção newtoniana do tempo, ressaltando alguns assuntos relevantes, tais como referenciais inerciais, transformações de Galileu e quais implicações dessas transformações na concepção newtoniana do tempo, chegando à conclusão de que o tempo para Newton é absoluto e transcorre de forma uniforme. Também falamos sobre a existência de fenômenos irreversíveis e a expansão do universo para, posteriormente, discutirmos sobre a flecha do tempo.

Após essa aula, foi abordado sobre o tempo na Idade Contemporânea. Nesse sentido, falamos um pouco sobre a gênese da teoria da relatividade, alguns fenômenos como a dilatação do tempo e o paradoxo dos gêmeos, concluindo que, para Einstein, o tempo é relativo e depende do espaço. Também expliquei um pouco sobre relatividade geral, ressaltando que a gravidade é uma distorção do espaço tempo.

Notei que, durante essas aulas sobre o tempo na Idade Moderna e Contemporânea, os alunos não foram muito participativos. Alguns responderam apenas quando eram questionados. É importante ressaltar que encontrei um pouco de dificuldade em abordar esse assunto com o primeiro ano, pois não demonstraram predisposição em aprender.

6.1.5 AULA EXPOSITIVA DIALOGADA INTEGRADORA FINAL

Essa aula consistiu em responder aos seguintes questionamentos propostos na situação problema: (1) Como o tempo é abordado na Física? (2) É possível voltar no tempo? (3) É possível viajar para o futuro? (4) O tempo transcorre de forma uniforme? (5) O tempo é relativo? Esta aula tem por objetivo retomar as questões propostas e buscar indícios de que houve aprendizagem significativa.

Preliminarmente, fiz o primeiro questionamento aos alunos; alguns responderam apenas que o tempo na Física é descrito pela variável t , medindo a duração dos fenômenos. Concordei com eles, mas ressaltei que essa grandeza é muito utilizada para modelar ou descrever fenômenos na Mecânica, Ondulatória e Teoria da Relatividade.

Ao serem questionados no que diz respeito à segunda pergunta, nenhum aluno das três séries se prontificou a responder. Assim, enfatizei que algumas civilizações antigas acreditavam em uma ideia cíclica do tempo, assim como Platão, no qual determinados eventos poderiam voltar a ocorrer. Com o advento do cristianismo, todavia, essas concepções se extinguíram, visto que alguns acontecimentos como a ressurreição de Cristo não poderiam mais ocorrer, começando a se acreditar em uma ideia linear do tempo (MORRIS, 1998; WHITROW, 1993).

A terceira pergunta apenas alguns alunos do segundo ano responderam. Eles afirmaram que, de acordo com a teoria da relatividade restrita, é possível, mas não explicaram com detalhes as razões. Com isso, respondi que o tempo, segundo Einstein, é relativo e que, se uma pessoa viajar em uma velocidade próxima a da luz, o tempo passaria para ela mais devagar, tornando a viagem para o futuro possível (HEWITT, 2011).

A quarta pergunta apenas um aluno do primeiro ano respondeu afirmando que o tempo para Newton passa de forma uniforme. Corroborei com a afirmação dele e ainda afirmei que, de acordo com as transformações de Galileu, observadores situados em referenciais inerciais medirão o mesmo intervalo de tempo para quaisquer eventos (WOLFF; MORS, 2005).

Quando questionados em relação à quinta pergunta, alguns alunos das três séries responderam que, para Einstein, o tempo é relativo, mas não explicaram a razão. Assim, Concordei com eles, porém discuti novamente o fenômeno da dilatação do tempo, explanando mais detalhadamente.

Após essas aulas sobre o tempo na Idade Moderna e Contemporânea, apliquei sete questões aos alunos das três séries como exercícios para que respondessem durante uma aula. No decorrer da resolução, observei que muitos alunos do primeiro ano não desenvolveram predisposição, uma vez que não estavam fazendo os exercícios propostos.

6.1.6 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Sobre o assunto o tempo na Antiguidade e idade Média, os alunos como atividade avaliativa deveriam, em uma tabela, ligar o nome dos filósofos com as

suas concepções do tempo. Já em relação ao assunto o tempo na idade moderna e contemporânea, os alunos tiveram que responder a cinco perguntas.

Em relação ao tempo na Antiguidade e Idade Média, a maioria dos alunos do terceiro ano e segundo ano tiraram uma nota acima de 6. Porém, os alunos do primeiro ano tiraram menos que 6. Acredito que faltou um maior interesse ao primeiro ano, uma vez que, durante as aulas, busquei sempre me empenhar, interagindo com eles através de perguntas.

No que diz respeito ao tempo na Idade Moderna e Contemporânea, apenas a turma do terceiro ano tiveram um bom desempenho na avaliação, pois a maioria tiraram uma nota acima de 6. Já o segundo e primeiro ano tiraram menos que 6.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dois fatores influenciaram de forma significativa à execução do presente trabalho: o primeiro deles está associado com a observação de que discussões sobre a natureza do tempo não são muito visualizadas em livros didáticos e acadêmicos de Física; já o segundo fator diz respeito ao fato de que o tempo é uma grandeza física muito utilizada na modelagem dos fenômenos. Em vista disso, visando solucionar tais questionamentos, foi feita uma pesquisa histórica sobre o tempo que, posteriormente, foi levada à educação básica, utilizando como fundamental teórico a teoria da aprendizagem significativa crítica.

A pesquisa histórica bibliográfica abordou temas como a concepção do tempo dos filósofos e físicos desde a Antiguidade à Idade Contemporânea. Na Antiguidade, foi possível perceber a complexidade do tema, uma vez que os filósofos se divergiam em alguns aspectos, ocasionando até na formulação de um paradoxo que é discutido em cursos de matemática avançada. No que diz respeito à Idade Média, foram observados que os filósofos desenvolveram sua concepção visando resolver problemas de natureza teológica, mostrando que questões religiosas influenciaram seus pensamentos. Na Idade Moderna e Contemporânea, foram possíveis visualizar as divergências entre Newton e Leibniz e a mudança de paradigma na formulação einsteiniana, mostrando a complexidade e relevância do tema.

Para aplicar o tema à educação básica, foi desenvolvida, preliminarmente, uma UEPS. Através dela, foram possíveis elaborar aulas dentro de uma perspectiva construtivista, propiciando discussões entre colegas e o professor, facilitando à construção do conhecimento. Além desses aspectos, a utilização dessa sequência didática se alinhou, em alguns pontos, à epistemologia de Feyerabend, à medida em que se pode abordar o assunto mostrando a divergência entre filósofos e físicos, distanciando-se dos conceitos fora de foco abordados anteriormente e bastante ressaltado pelas escolas.

É relevante enfatizar que, em alguns momentos, alguns alunos participaram das aulas fazendo questionamentos ao professor e aos colegas e até responderam corretamente às situações problemas; em função disso, houve, portanto, evidência de aprendizagem significativa. Porém, nas três séries, mais da metade dos alunos acabaram tirando menos que 6 nas avaliações propostas. Talvez, se tivesse

abordado o conteúdo com maior clareza e montasse os slides com mais imagens, vídeos e *gifs*, poderiam ter um desempenho melhor.

Por fim, espera-se que o presente trabalho tenha contribuído para a compreensão acerca da natureza do tempo. Além disso, também se acredita que, em alguns aspectos, tenha contribuído na área de ensino de Física, uma vez que se pode abordar o assunto de forma diferenciada na educação básica.

REFERÊNCIAS

- ALEGRO, Regina. **Conhecimento prévio e aprendizagem significativa de Conceitos históricos no ensino médio**. São Paulo: UNESP, 2008. 239f. Tese de Doutorado, Programa de Pós graduação em Educação, 2008
- BITENCOURT, Daniella. **O Tempo na Filosofia de Aristóteles, Primeiras Impressões**. *Filosofia Capital*, Brasília, v.11, n.18, p. 103-107, 2016
- BITTENCOURT, Renato. **Um Dilema Pré- Socrático: A Natureza do Tempo em Anaximandro e Heráclito**. *Eletrônica da Antiguidade*, Rio de Janeiro, v.4, n. 1, p. 137-150, 2011
- CARDOSO, Giovani. **Tempo e Eternidade em Santo Agostinho**. In: 5º Encontro de Pesquisa na Graduação em Filosofia da UNESP, 2010, São Paulo
- CHALMERS, A. F. **O que é a ciência afinal?** Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CORREIA, Alexandre. **Suma Teológica Santo Tomás de Aquino**. 1936. Disponível em:<<http://alexandriacatolica.blogspot.com/2017/04/suma-teologica-traducao-de-alexandre.html>>. Acesso em: 08 ago. 2018
- CSERNIK, Lucia. **Confissões Agostinho**. 2007. Disponível em: <https://www.4shared.com/office/J1PnRsLt/Confisses_Santo_Agostinho.html?> Acesso em: 08 ago. 2018
- DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz. **Afinal, Einstein usou ou não Dados Experimentais para Propor Sua Relatividade Restrita**. *Física na Escola*, v.15, n.1, p 01-08, 2017
- _____. **A Coerência e Complementaridade entre a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a Epistemologia de Paul Feyerabend**. *Investigações em Ensino de Ciências*, V20(3), p. 61-83, 2015
- _____. **A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de ciência**. *R. Labore Ens. Ci*, Campo Grande, v.1, n.1, p. 14-34, 2016
- DAMASIO, Felipe; RICCI, Trieste. **Relatividade de Einstein uma Abordagem Histórica Epistemológica**. 2009. Porto Alegre, RS. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v20n2_Damasio_Ricci.pdf> . Acesso em: 08 ago. 2018
- FERREIRA, Ricardo; BATISTA, Rômulo; JESUS, Vitor; et al. **O Espaço e o Tempo entre a Ciência e a Filosofia: Notas para o Ensino de Física**. In: VII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação e Ciências, 2009, Rio de Janeiro

FEYERABEND, Paul K. **Contra o método**. 2 ed. São Paulo: Ed. da UNESP, 2011

GHISOLFI, Eduardo. **Sobre a Evolução Histórica do Conceito do Tempo e uma Investigação do seu Significado entre Estudantes de Diferentes Níveis de Escolaridade**. 2008, 140f. Monografia- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Física: Porto Alegre

.HEWITT, Paul . **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

HIGHFIELD, Roger; COVENEY, Peter. **A Flecha do Tempo**. São Paulo: Siciliano, 1993

JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo. **Dicionário básico de filosofia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

LOPES, Rodolfo. **Platão Timeu-Críticas**. Coimbra: Centro de Estudos Clássicos e Humanísticos, 2011

MARTINS, André. **O Ensino do Conceito de Tempo: Contribuições Históricas e Epistemológicas**. 1998. 144f. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Física e Faculdade de Educação: (USP) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998

MASINI, Elcie. **Aprendizagem significativa: Condições para Ocorrência e Lacunas que Levam a Comprometimentos**. Aprendizagem Significativa em Revista, v. 1, p. 16-24, 2011

MOREIRA, Marco. **Teorias de Aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: E.P.U., 2011

_____. **Aprendizagem Significativa Subversiva**. *Periódico do Mestrado em Educação da UCDB, Campo Grande-MS*, n.21, p 16-32, 2006.

_____. **Aprendizagem Significativa Crítica**. 2010. Porto Alegre, RS. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsiqcritport.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2018

_____. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. 2011. Porto Alegre, RS. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2019

MORRIS, Richard. **Uma Breve História do Infinito dos Paradoxos de Zenão ao Universo Quântico**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998

NETO, Antonio. **Brevíssimos Comentários sobre o Tempo**. *Sitientibus*. Bahia, n.17, p. 15-27, 1997

NICOLA, Ubaldo. **Antologia Ilustrada de Filosofia das Origens à Idade Moderna**. São Paulo: Globo, 2005

NOUGUÉ, Carlos. **Tempo e Eternidade em Santo Tomás de Aquino**. In: Conferência Proferida na Semana Acadêmica Tempo e Eternidade na Idade Média, Evento Organizado pelo Instituto Sapientia de Filosofia, 2010, Paraná

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **Astronomia & Astrofísica**. 2. ed São Paulo: Livraria da Física, 2004.

PINTO, Felipe. **A Percepção e a Expressão do Tempo em Aristóteles**. 2009. 120 f. Dissertação (mestrado)- Instituto de Filosofia e Ciências Humanas: Programa de Pós Graduação em Filosofia Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ. 2009

POSTMAN, Neil. **O Fim da Educação Redefinindo o Valor da Escola**. Rio de Janeiro: Graphia, 2002

REIS, José. **Estudo Sobre o Tempo**. *Filosófica de Coimbra*, Portugal, n. 9, p. 143-203, 1996

REIS, Ueslei; REIS, José. **Os Conceitos de Espaço e de Tempo como Protagonistas no Ensino de Física: um Relato Sobre uma Sequência Didática com Abordagem Histórica Filosófica**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Rio de Janeiro, n.3, v.33, p. 744-778, 2016

SKWARA, Witold. **O Tempo Qualitativo em Santo Agostinho e o Tempo Quantitativo em Tomás de Aquino**. *Ágora Filosófica*, Pernambuco, n.1, p. 161-175, 2010

SOUSA, José; PRADO, Arma; BORGES, Isis; et al. **Os Pensadores Pré Socráticos Vida e Obra**. São Paulo: Nova Cultural, 1996

TIPLER, Paul; LLEWELLYN, Ralph. **Física Moderna**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

WHITROW, Gerald. **O Tempo na História Concepções do Tempo da Pré-História aos Nossos Dias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993

_____. **O que é Tempo? Uma Visão Clássica sobre a Natureza do Tempo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005

WOLSS, Jeferson; MORS, Paulo. **Relatividade: A Passagem do Enfoque Galileiano para a Visão de Einstein**. Porto Alegre RS, 2005. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tapf/v16n5_Wolff_Mors.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2018

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998

APÊNDICE A- TEXTO SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO TEMPO

8.1 EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO CONCEITO DO TEMPO DESDE OS GREGOS ATÉ EINSTEIN

8.1.1 O TEMPO NA ANTIGUIDADE

8.1.2 PRÉ- SOCRÁTICOS

Anaximandro (610 a 546 a.C) argumentava, em sua filosofia, que o tempo seria um elemento que puniria as imperfeições na natureza. Essas imperfeições estariam associadas com a existência de catástrofes naturais. Ele acreditava em um mundo ordenado e a existência de caos na natureza infligiria essa ordem. Para ele, os seres são imperfeitos; nascem, crescem, envelhecem e morrem ao longo da vida. O tempo, por conseguinte, desempenha o papel de punir essas imperfeições (BITTENCOURT, 2011).

A ideia do tempo, em Anaximandro, seria semelhante ao pecado original estabelecido pelo cristianismo (SOUSA; AMARAL; PRADO; et al,1996). Dessa forma, para essa religião, o ser humano já nasce culpado pelo pecado original cometido pelos primeiros seres humanos; para ser salvo, é necessário que ele se submeta a determinadas regras. Para Anaximandro, apenas o tempo pode perecer a natureza, sendo o único que poderia reconquistar a ordem primordial (BITTENCOURT, 2011; SOUSA; AMARAL; PRADO; et al,1996).

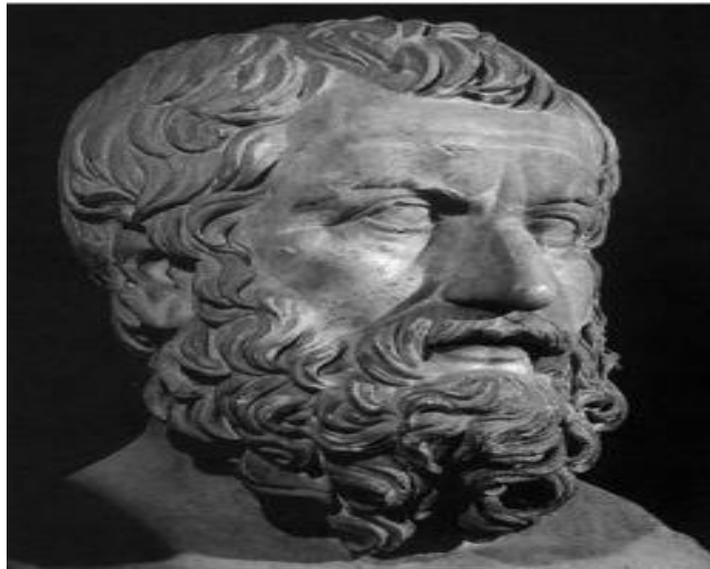
Heráclito, que viveu por volta do ano de 535 a 475 a.C, desenvolve sua reflexão sobre o tempo um pouco diferente daquela postulada por Anaximandro. Nesse sentido, ele afirma que o tempo não desempenharia um caráter punitivo devido ao fato de a natureza ser imperfeita, mas cumpriria um papel revigorador. As mudanças ocorridas seriam relevantes para que surjam novos seres vivos, diferentes dos anteriores (BITTENCOURT, 2011).

Ainda assim, de acordo com Bittencourt (2011), a morte, na visão desse filósofo, não desempenharia um papel de punição, mas de restauração. O tempo representaria “a força cósmica que exerce o poder renovador da existência” (BITTENCOURT, 2011, p 147).

Parmênides (530 a 460 a.C) foi um grande pensador no período pré socrático, desenvolvendo uma importante reflexão sobre a natureza do tempo. Segundo Whitrow (1993), ele faz uma distinção entre o mundo da aparência e o da realidade. O primeiro, nós o captamos através dos sentidos: olfato, audição e paladar e nele ocorre o movimento e a transformação da natureza. Já o segundo é inalterável, sendo captado pelo intelecto humano. O tempo, para ele, não poderia habitar no mundo da aparência, posto que iria acabar em contradições lógicas (WHITROW, 1993).

A dificuldade para se definir o que vem a ser o tempo fica evidente nos paradoxos de Zenão (490 a 430 a.C) (figura 1). Eles mostram que o espaço e o tempo podem ser divididos infinitamente (WHITROW, 1993; MORRIS,1998). Além disso, esses paradoxos são discutidos em matemática avançada nos dias atuais.

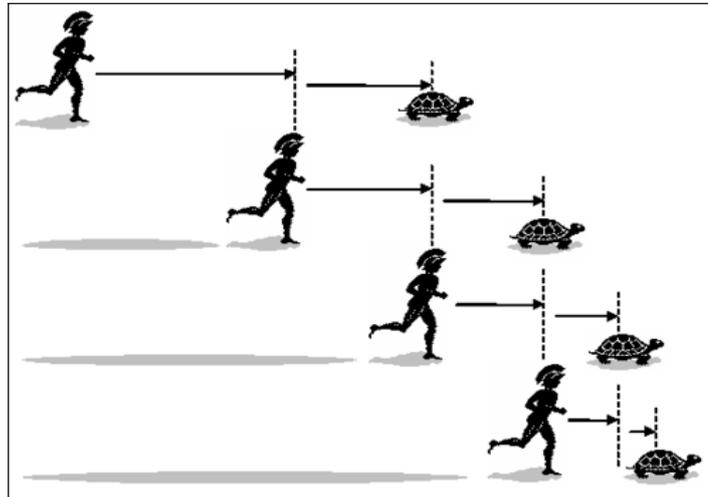
Figura 1: Zenão de Eléia



Fonte: aminoapps.com

Um deles chama-se *Aquiles e a tartaruga* (figura 2) e ele pode ser expresso da seguinte forma: Aquiles decide apostar uma corrida com a tartaruga, fornecendo a ela uma vantagem. Assim, quando ele alcançar a posição na qual a Tartaruga se encontra, ela já terá percorrido uma certa distância em relação a ele. Quando ele atingir a posição no qual ela está, ela já terá percorrido outra distância, se repetindo até o infinito (WHITROW, 1993; MORRIS, 1998).

Figura 2: Paradoxo de Zenão



Fonte: amonoapps.com

Desse modo, poderia se questionar se a passagem do tempo poderia ser diferente para ambos. Além disso, este paradoxo poderia ser formulado de outra maneira: suponha que o limite de tempo seja apenas de 14 minutos. Assim, “primeiro, é preciso que sete minutos transcorram. Antes dos sete, três minutos e meio devem passar, e antes ainda um minuto e três quartos, e assim por diante” (MORRIS, 1998, p. 28). Assim, o tempo poderia ser dividido infinitamente de tal modo que seria impossível que se completasse 14 minutos.

Na visão de Morris (1998), o paradoxo de Zenão, quando analisado com profundidade, poderia se tornar algo bastante enigmático e, apesar de ele ter sido desenvolvido por volta de 2500 anos atrás, alguns pensadores do século XX ainda afirmam que ele não foi resolvido. Percebe-se, por conseguinte, que, ainda permanece sendo discutido nos dias atuais, visto que possibilitou uma melhor compreensão do espaço e do tempo.

8.1.3 PÓS SOCRÁTICOS

8.1.4 PLATÃO

De acordo com Nicola (2005), Platão (figura 3) viveu em Atenas por volta de 428-347 a. C e foi um importante filósofo, desenvolvendo muitas obras que influenciaram a civilização do ocidente. Ele fez em algumas delas importantes reflexões sobre a natureza do tempo, que contribuíram na compreensão dessa grandeza

Figura 3: Platão



Fonte: Wikipédia.org

Whitrow (1993) argumenta que, segundo Platão, o universo é ordenado; ele foi modelado pelos deuses, sendo o tempo uma propriedade dessa ordem. Platão, percebendo que os planetas estão sempre realizando um perfeito movimento, conjecturou que o tempo possuiria uma propriedade de ser “produzido pelas revoluções das esferas celestes” (WHITROW, 1993, p 57). A partir dessa perspectiva, o tempo dependeria do universo.

Esse raciocínio está melhor explicitado em sua obra denominada Timeus Crítias. Platão ressalta, nessa obra, que os astros se deslocando em movimento circular seriam semelhantes aos deuses e, com o intuito de tornar o universo

parecido com eles, isto é, a criação se adequar a criatura, as divindades criaram uma “imagem móvel da eternidade”(LOPES, 2011, p. 109) que recebeu o nome de tempo. Ademais, quando se observa a passagem das estações, por exemplo, esses fenômenos seriam o resultado do movimento circular dos astros que marcam a passagem do tempo (LOPES, 2011).

De acordo com Platão, o movimento dos planetas apresenta órbitas com trajetórias maiores e menores, alterando às suas velocidades (LOPES, 2011). Quando os planetas realizam uma revolução, percebe-se a passagem perfeita do tempo, o que se pode inferir o caráter circular do tempo na cosmologia platônica herdado de civilizações antigas (LOPES, 2011).

8.1.5 ARISTÓTELES

Aristóteles (384-324 a.C) (figura 4) foi um importante filósofo da antiguidade que contribuiu de forma significativa para o crescimento da filosofia enquanto ciência (NICOLA, 2005). Nasceu em Estagira, na Grécia, vivendo em Atenas no qual conheceu as ideias de Platão e foi influenciado pela sua filosofia. Em algumas de suas obras, desenvolveu conjecturas sobre a natureza do tempo, que contribuíram para a sua compreensão (NICOLA, 2005).

Figura 4: Aristóteles



Fonte: Wikipédia.org

Segundo Pinto (2009), Aristóteles, preliminarmente, teve que lidar com algumas aporias² associadas ao tempo para poder conceituá-lo. A seguir, serão apresentadas apenas duas aporias que merecem destaque:

- a) uma parte do tempo não é, pois já foi; outra parte não é, pois ainda não é; o que é composto por partes que não são, não pode ser;
- b) se algo é divisível, necessariamente todas ou algumas de suas partes devem existir. Mas do tempo – seja enquanto infinito, seja enquanto limitado – algumas partes já foram e outras ainda serão. O agora (*nyn*) não é uma parte, pois uma parte é uma medida do todo, que é composto por partes, e o tempo não parece ser composto por agoras (PINTO, 2009, p 19).

O caráter divisível levantado pelas aporias parece ser uma das principais dificuldades para definir o que é o tempo. Isso porque, de acordo com Pinto (2009), esse aspecto divisível está inserido em outras noções que compõem a estrutura geométrica da realidade, a saber: “a quantidade, a medida, o número, a divisão, o contínuo, o comprimento, a grandeza, a dimensão e a distância” (PINTO, 2009, p 27).

Além dessa problemática, segundo Pinto (2009), Aristóteles observa uma estreita relação entre tempo e o movimento. Este pode ser definido de maneira simplificada como “uma passagem do que é em potência³ ao ato⁴” (PINTO, 2009, p 26). A matéria tem potência para várias coisas; quando um conjunto de madeiras se torna uma mesa, ocorreu movimento, uma vez que as madeiras, em ato, tiveram potência para se tornar uma mesa em ato (PINTO, 2009). É importante ressaltar que as aporias associadas ao tempo não são aplicáveis ao movimento, “uma vez que Aristóteles o define como uma atualidade (entelékheia) do ente, e não como um processo divisível em partes” (PINTO, 2009, p 27).

Em síntese, a concepção do tempo que predominou em Aristóteles é a de que ele está associado à sucessão, isto é, “é o número do movimento, contém uma ação

² Aporia: “Dificuldade lógica insuperável num raciocínio, uma objeção ou um problema insolúvel: tudo o que faz com que o pensamento não possa avançar” (JAPIASSÚ; MARCONDES, 2008, p 14).

³ Potência: “Na filosofia aristotélica e na escolástica, a noção de potência opõe-se à de ato, caracterizando o estado virtual do ser” (JAPIASSÚ; MARCONDES, 2008, p 222). Um determinado número de tijolos, por exemplo, tem potência para se transformar em uma casa.

⁴ Ato: É uma situação no qual o ser alcançou seu objetivo ou a plenitude; se difere de uma determinada ação, pois esta pode englobar vários atos (JAPIASSÚ; MARCONDES, 2008).

que pode ser contada” (BITENCOURT, 2016, p 106). O tempo seria “realidade em si mesma, ao lado ou para além do movimento” (REIS, 1996, p 198). Além disso, percebe-se que esse raciocínio se difere de Platão, pois, para ele, o tempo seria produzido pelo movimento dos astros.

8.2 IDADE MÉDIA

8.2.1 AGOSTINHO DE HIPONA

Agostinho de Hipona (354-430 d.C) (figura 5), filósofo e teólogo cristão, nasceu em Tagaste, tornando-se professor de retórica lecionando em Cartago, Roma e Milão. É considerado santo e doutor pela Igreja Católica, visto que contribuiu em suas reflexões na elaboração da sua doutrina. Em sua obra Confissões, Agostinho faz uma importante reflexão filosófica acerca da natureza do tempo (NICOLA, 2005).

Figura 5: Agostinho de Hipona



Fonte: opusdei.org

Segundo Morris (1998), Agostinho não concorda com a concepção cíclica do tempo; para ele, acontecimentos como a morte e ressurreição de Jesus Cristo não

poderiam se repetir ao longo da história. Ele defende uma visão linear e infinita do tempo, argumentando que Deus o criou, mas transcende a ele.

De acordo com Nicola (2005), alguns filósofos pagãos de sua época elaboravam algumas perguntas sobre a relação entre Deus e o tempo. Dentre elas pode se destacar as seguintes:

Como conciliar a eternidade de Deus com a finitude temporal do mundo? Se Deus é eterno, não é lógico que o mundo também o seja? Senão, o que fazia Deus antes de criar o mundo? É imaginável um Deus inativo? (NICOLA, 2005, p.130)

Agostinho, nas Confissões, procura responder a esses questionamentos. Em relação ao terceiro questionamento: o que fazia Deus antes de criar o mundo? Ele afirma não saber a resposta, mas argumenta que antes de criar o universo não havia tempo e Deus habita na eternidade. No que diz respeito à eternidade, ele afirma que ela é simultânea, não havendo passado, presente e futuro. Habitando nela, Deus não possui causa e não envelhece, diferentemente da sua criação que perece ao longo do tempo, porquanto está presa a ele (CSERNIK, 2007; CARDOSO, 2010).

Segundo Cardoso (2010), buscando conceituar o tempo, Agostinho enfatiza que o passado e futuro não existem e o presente não possui extensão. Visando ressaltar esse aspecto, Agostinho, nas Confissões, ressalta que

Se pudermos conceber um lapso de tempo que não possa ser subdividido em frações, por menores que sejam, só essa fração poderá ser chamada de presente, mas sua passagem do futuro para o passado seria tão rápida, que não teria nenhuma duração. Se a tivesse, dividir-se-ia em passado e futuro, mas o presente não tem duração alguma (CSERNIK, 2007, p. 121).

Diante da dificuldade para conceituar o tempo devido ao seu aspecto divisível, ele afirma que é mais correto falar em “presente do passado, presente do presente e presente do futuro” (CSERNIK, 2007, p 122). Assim, “o presente do passado é a memória; o presente do presente é a percepção direta; o presente do futuro é a esperança” (CSERNIK, 2007, p.123).

De acordo com Skwara (2010), a análise de Agostinho acerca da natureza do tempo possibilitou um melhor entendimento acerca desta grandeza. Assim, seu

pensamento influenciou filósofos e físicos ao longo da história que puderam se debruçar sobre este problema.

8.2.2 TOMÁS DE AQUINO

Tomás de Aquino (1221- 1274) (figura 6), filósofo e teólogo medieval, nasceu em Roccasecca lugar que, atualmente, pertence à Itália. Estudou na Faculdade de Teologia da Universidade de Colônia na época, tornando-se professor de Teologia da Universidade de Paris. (NICOLA, 2005). É considerado santo e doutor pela igreja católica, visto que contribuiu em suas obras na solução de problemas teológicos.

Figura 6: Tomás de Aquino



Fonte: médium.org

Em relação ao problema filosófico sobre a natureza do tempo, Aquino discute sobre esse assunto nas seguintes obras: *Summa Contra Gentiles*, *Summa Theologica*, *De Tempore*, *De Instantibus* (SKWARA, 2010). Nougé (2010) afirma que Aquino, em sua filosofia, se apropriou das ideias de Aristóteles, mas introduziu um elemento novo. Nesse sentido, esse filósofo afirma que o tempo “é o número do movimento, contém uma ação que pode ser contada” (BITENCOURT, 2016, p 106), sem ele não haveria a percepção do tempo (SKWARA, 2010; NOUGÉ, 2010; CORREIA, 1936).

Cabe enfatizar também que Aquino, na *suma teológica*, descreve a eternidade afirmando que nela “não tem princípio nem fim, duas noções que implica o termo, e em segundo lugar, justamente por não ter sucessão, a eternidade existe

total e simultaneamente” (CORREIA, 1936 p. 170). Deus, habitando nela, possui a característica de ser imutável, diferentemente das coisas criadas que perecem ao longo da vida.

Segundo Skwara (2010) e Correia (1936), Aquino introduz um conceito novo que se difere da concepção aristotélica do tempo: a eviternidade. Os anjos, uma das criações de Deus, possuem um início, mas não se modificam, isto é, não perecem. Aquino afirma que esses seres podem mudar de pensamento; se há mudança, portanto, há movimento, ocasionando em antes e depois. A eviternidade, por conseguinte, seria a medida do pensamento dos anjos.

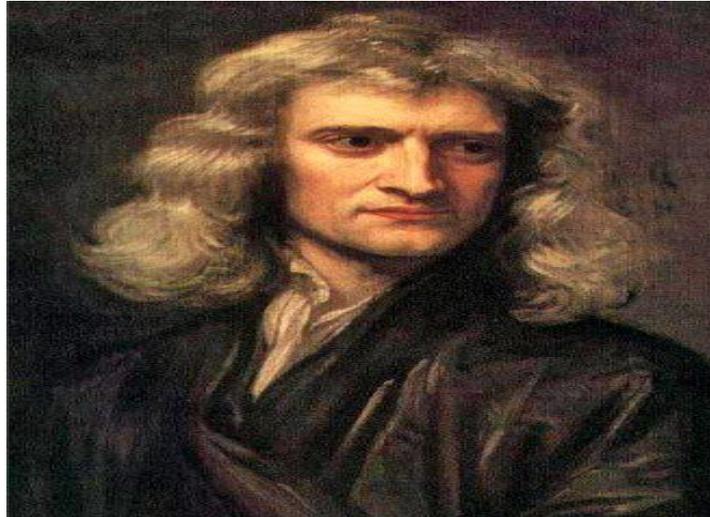
A concepção do tempo de Tomás de Aquino é idêntica a de Aristóteles; ele busca explicar, não obstante, o conceito de eternidade e eviternidade, o que difere, em certo sentido, de seu antecessor. O intuito de Aquino em discutir sobre o tempo tem como objetivo buscar resolver objeções acerca da natureza de Deus que foram formuladas por filósofos pagãos de sua época.

8.3 O TEMPO NA IDADE MODERNA

8.3.1 ISAAC NEWTON

Isaac Newton (1643-1727) (figura 7), físico e matemático, nasceu na Inglaterra na cidade de Lincolnshire e contribuiu de forma significativa para o crescimento destas ciências (WOLFF; MORS, 2005). Em sua principal obra, *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, Newton formula as três leis do movimento e a lei da Gravitação Universal (WOLFF; MORS, 2005). Nessa obra, ele também descreve a sua concepção acerca da natureza do tempo.

Figura 7: Isacc Newton



Fonte: Wikipédia.org

De acordo com Wolff e Mors (2005), Newton ao formular suas leis do movimento e expor sua ideia acerca da natureza do tempo se apropria da relatividade de Galileu. Assim, nessa relatividade, ele afirma que “as leis do movimento são igualmente válidas em todos os sistemas de referência não-acelerados (inerciais)” (DAMASIO; RICCI, 2007, p 12). Uma característica desse tipo de referencial é que não é preciso na descrição dos movimentos levar em conta a existência de forças fictícias (DAMASIO; RICCI, 2007).

Para uma melhor compreensão da concepção newtoniana do tempo, é necessário, preliminarmente, analisar as transformações de Galileu (figura 8). Nessas transformações, supõem-se que existam dois referenciais inerciais, S' e S , que estão em movimento um em relação ao outro (WOLFF; MORS, 2005). O referencial S' possui as coordenadas $P(x', y', z')$, enquanto que o referencial S apresenta coordenadas $P(x, y, z)$, levando à seguinte equação:

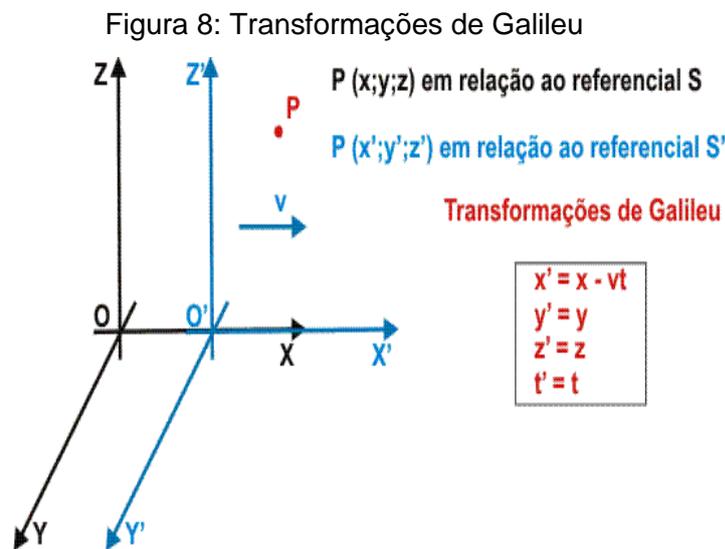
$$x' = x - vt \quad (1)$$

$$y' = y \quad (2)$$

$$z' = z \quad (3)$$

$$t' = t \quad (4)$$

Nessa equação, $t' = t$, o que se pode deduzir o princípio da simultaneidade, no qual observadores situados nesses referenciais medirão o mesmo intervalo de tempo e comprimento para quaisquer eventos (WOLFF; MORS, 2005).



Fonte: alfaconnection.pro.br

Pode se inferir a partir destas transformações e das equações que o tempo não depende do referencial; é absoluto e transcorre de forma uniforme, não dependendo do espaço (NETO, 1997; REIS; REIS, 2016; FERREIRA; BATISTA; JESUS et al, 2009). Além disso, segundo Martins (1998) e Neto (1997), uma característica dessa concepção do tempo consiste no fato de que, para sistemas conservativos, não é possível estabelecer um sentido unidirecional para o tempo, diferentemente dos sistemas dissipativos. Assim, o tempo na mecânica newtoniana adquire um aspecto reversível.

Whitrow (2005) ressalta que Leibniz fez algumas críticas relevantes a essa concepção do tempo de Isacc Newton. Para ele, o tempo não existe sem o universo, mas é o meio no qual ocorrem os fenômenos. A sua apreensão, segundo Leibniz,

ocorre mediante a visualização dos fenômenos, não o contrário, pois é inconcebível que haja tempo sem que ocorram eventos.

O tempo da mecânica newtoniana é válido para a descrição de eventos cuja velocidade é bem inferior a da luz, $v \ll c$. O seu estudo possibilitou uma maior compreensão, ocasionando em pesquisas posteriores que puderam ampliar a concepção do tempo.

8.3.2 A FLECHA DO TEMPO

De acordo com Whitrow (2005) e Neto (1997), a gravitação proposta por Newton e Einstein e o Eletromagnetismo de Maxwell não forneciam nenhuma direção para o tempo, visto que essas leis tinham como características serem reversíveis. No entanto, com o desenvolvimento da Termodinâmica e à observação de fenômenos irreversíveis, foi possível deduzir que poderia haver um sentido para o tempo.

Coveney e Highfield (1993) ressaltam que, com a formulação da 2ª lei da Termodinâmica proposta por Clausius e Boltzmann e com uma análise mais detalhada dos processos irreversíveis, foi possível verificar que ocorre nesses processos dissipação de energia, ocasionando em um aumento da entropia no sistema mais vizinhança. Boltzmann, analisando mais detalhadamente esses fenômenos, elaborou uma formulação estatística, culminado com o surgimento da Mecânica Estatística. Ele observou que a irreversibilidade estaria associada a uma maior probabilidade de que os arranjos microscópicos de átomos e moléculas tendem a um aumento da aleatoriedade, ocasionando em aumento de entropia no sistema isolado (MARTINS, 1998). O universo pode ser concebido como um sistema desse tipo; a sua entropia iria aumentar, por conseguinte, gerando uma morte térmica. A partir desta análise, se poderia inferir que existe um sentido para o tempo (MARTINS, 1998).

Na visão de Whitrow (2005), a flecha do tempo poderia também ser deduzida com base nas evidências da expansão do universo. Uma delas consiste que a expansão estaria relacionada com o desvio dos espectros das galáxias para o vermelho. Uma das explicações plausíveis para esse fenômeno ocorre devido ao efeito doppler de afastamento. Todavia, essa crença nessa flecha é incompatível

com a ideia de contração do universo, pois, se há contração, não faz sentido afirmar que o tempo é unidirecional.

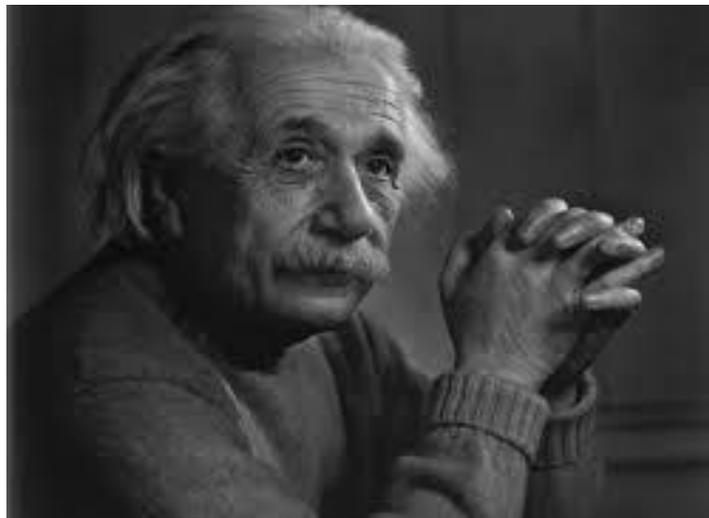
Por fim, Whitrow (2005) afirma que existe três flechas para o tempo: a flecha termodinâmica, flecha histórica e a flecha cosmológica. Elas mostram que o universo se modifica no tempo de tal maneira, que não é totalmente possível prever o que acontecerá no futuro.

8.4 O TEMPO NA IDADE CONTEMPORÂNEA

8.4.1 ALBERT EINSTEIN

Albert Einstein, (1879- 1955) (figura 9) físico teórico alemão, estudou na Escola Politécnica de Surique e, posteriormente, conseguiu um emprego no escritório de patentes. Nesse local, desenvolveu a teoria da relatividade restrita e geral que modificou a concepção predominante do tempo e do espaço.

Figura 9: Albert Einstein



Fonte: hypenness.com.br

Damasio e Ricci (2007) afirmam que, no final do século XIX, Maxwell demonstra por meio de suas equações que a luz é uma onda eletromagnética e a velocidade de propagação desta onda no vácuo é de aproximadamente 300.000km/s, mostrando que a sua velocidade é finita. É relevante enfatizar que, a

partir dessas conclusões de Maxwell, as Estrelas e os Planetas que são visualizados à noite no céu estão no passado, já que a luz emitida por esses corpos demora um determinado intervalo de tempo para chegar aos nossos olhos. Além disso, um valor finito para a velocidade da luz ocasionou, em 1826, no surgimento de um novo paradoxo denominado Paradoxo de Olbers, formulado pelo astrônomo alemão Heinrich Wilhelm Matthäus Olbers (SOUZA; OLIVEIRA, 2004).

No entanto, em relação a qual referencial essa velocidade é válida? Os físicos dessa época acreditavam que existiria uma substância chamada Eter Luminífero que funcionaria como um referencial para a luz. Assim, os físicos Michelson e Morley desenvolveram um aparato experimental, denominado Interferômetro de Michelson Morley, com o intuito de provar a existência do Eter. Todavia, por meio desse experimento, não conseguiram obter êxito.

Einstein, para desenvolver a sua teoria da relatividade restrita, não utilizou os resultados negativos do experimento de Michelson Morley; apenas se embasou, todavia, nos trabalhos dos físicos Lorentz e Poincaré (DAMASIO; PEDUZZI, 2017). Einstein elaborou dois postulados, afirmando que

Postulado 1: As leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.

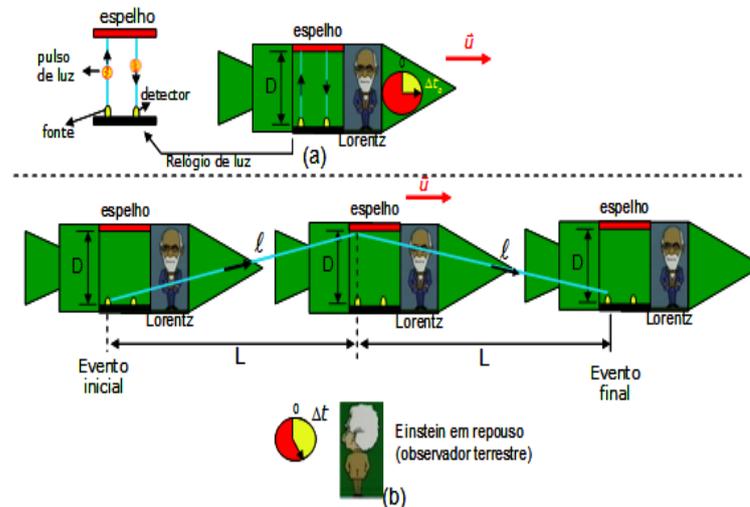
Postulado 2: A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor c qualquer que seja o movimento da fonte (TIPLER; LIEWELLYN, 2010, p. 09).

A partir do primeiro postulado, uma generalização da relatividade de Galileu, pode se inferir que todas as leis da mecânica inclusive do eletromagnetismo são válidas para qualquer referencial inercial. Já o segundo é uma característica particular das ondas. (TIPLER; LIEWELLYN, 2010; HEWITT, 2011).

Para melhor compreender a teoria da relatividade restrita, é necessário, inicialmente, tomar conhecimento sobre um experimento denominado relógio de luz (Figura 10). Assim, supõe-se que existam dois referenciais inerciais, S e S' . O referencial S' é uma espaçonave e o S é um observador fora da nave. O S' possui um espelho situado no seu topo e uma fonte luminosa é colocada em sua superfície, emitindo luz no espelho. O referencial S' inicia seu movimento com velocidade, v , e, para um observador situado nesse referencial, ele observaria os raios luminosos realizando o movimento na direção vertical. Todavia, o observador situado em

S visualizaria os raios de luz fazendo uma trajetória oblíqua, percorrendo um caminho maior, por conseguinte (TIPLER; LIEWELLYN, 2010; HEWITT, 2011).

Figura 10: Relógio de Luz



Fonte: fisicavivencial.pro.br

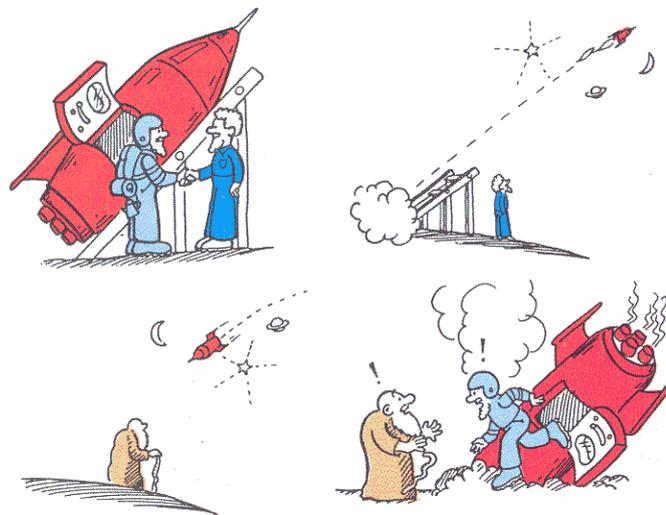
O observador situado no referencial S' mediria um intervalo de tempo próprio $\Delta t'$; um observador, porém, situado no S mediria um intervalo de tempo Δt . A medida do intervalo de tempo, realizado pelos dois observadores, não são iguais. Como a velocidade da luz é constante independente da velocidade da fonte e, em função de percorrer uma trajetória maior para o observador situado no referencial S , o tempo medido por este referencial é maior em comparação com o referencial dentro da nave, ocorrendo, portanto, um fenômeno chamado dilatação temporal (TIPLER; LIEWELLYN, 2010; HEWITT, 2011).

Tipler e Liewllyn (2010), nesse sentido, afirmam que observadores situados em referenciais diferentes não concordarão com a medida do intervalo de tempo medido de um determinado evento devido a dilatação temporal. O tempo, assim, adquire um caráter relativo, dependendo do estado de movimento do referencial, diferentemente da concepção newtoniana no qual o tempo é absoluto e transcorre de forma uniforme. Todavia, esse efeito relativístico só seria perceptível se o referencial se movesse com uma velocidade próxima a da luz, c , devido ao fator de Lorentz, γ , na seguinte equação:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (5)$$

Uma consequência imediata da dilatação temporal é a ocorrência de um fenômeno chamado Paradoxo dos Gêmeos (figura 12). Esse paradoxo afirma o seguinte: suponha que existam dois gêmeos, sendo que apenas um deles embarque em uma espaçonave e viaje pelo universo com uma velocidade próxima a da luz, enquanto o outro permanece na Terra. Quando o gêmeo voltar da viagem, ele estará mais jovem em relação ao seu irmão devido a dilatação do tempo.

Figura 12: Paradoxo dos Gêmeos



Fonte: medium.com.br

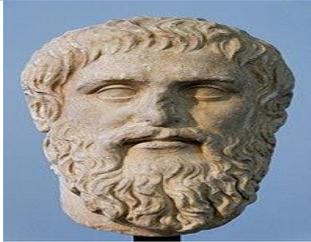
Além disso, na teoria da relatividade geral, Einstein afirma que todo corpo com massa deforma o espaço tempo ao seu redor; a gravidade seria, por conseguinte, uma deformação do tecido espaço tempo. Próximo de campos gravitacionais muito intensos, o tempo transcorreria mais devagar, visto que o movimento do referencial ocorreria com maior velocidade. O tempo, com isso, seria dependente do espaço (TIPLER; LIEWELLYN, 2010; HEWITT, 2011).

APÊNDICE B - EXERCÍCIOS SOBRE O TEMPO NA ANTIGUIDADE E IDADE MÉDIA

- 1- Quais são as principais características da concepção do tempo de Anaximandro?
- 2- O tempo em Anaximandro seria semelhante ao pecado original estabelecido pelo cristianismo?
- 3- Em quais aspectos a concepção do tempo de Anaximandro se difere de Heráclito?
- 4- Quais consequências do paradoxo de Aquiles e a Tartaruga para a concepção do tempo de Zenão?
- 5- Na concepção de Platão e Aristóteles é possível voltar no tempo?
- 6- Para Aristóteles o tempo transcorre de forma uniforme?
- 7- Em quais aspectos a concepção do tempo de Tomás de Aquino se difere de Aristóteles e Aurélio Agostinho?

APÊNDICE C- AVALIAÇÃO SOBRE O TEMPO NA ANTIGUIDADE E IDADE MÉDIA

8.6 LIGUE O NOME DOS FILÓSOFOS COM AS SUAS CONCEPÇÕES DE TEMPO

	Anaximandro	O tempo é uma força cósmica que renovaria a natureza
	Heráclito	Devido a existência de paradoxos, o tempo não pode habitar no mundo da aparência
	Zenão	O tempo adquire um caráter punitivo devido as imperfeições da natureza
	Aristóteles	É mais correto falar em presente do passado, presente do presente e presente do futuro. O presente do passado é a memória; o presente do presente é a percepção direta; o presente do futuro é a esperança.
	Tomás de Aquino	O tempo foi produzido pela revolução das esferas celestes
	Agostinho	O tempo é o número do movimento segundo um antes e depois
	Platão	O tempo é o número do movimento segundo um antes e depois

APÊNDICE D- EXERCÍCIOS SOBRE O TEMPO NA IDADE MODERNA E CONTEMPORÂNEA

- 1- Explique porque o conceito de movimento é relativo, citando exemplos para ilustrar a situação.

- 2- A trajetória percorrida por um corpo é determinada pelo referencial? Caso sim, cite exemplos

- 3- Com base em quais fenômenos é possível inferir que exista um sentido para o tempo?

- 4- Explique a diferença entre fenômenos irreversíveis e reversíveis, citando exemplos?

- 5- Explique porque o tempo na Idade Contemporânea é relativo?

- 6- Com base no Paradoxo dos Gêmeos é possível viajar para o futuro? Explique

APÊNDICE E - AVALIAÇÃO SOBRE O TEMPO NA IDADE MODERNA E CONTEMPORÂNEA

- 1- Com base na existência de quais fenômenos é possível inferir que exista um sentido para o tempo?
- 2- Por que o tempo na mecânica newtoniana é absoluto? Explique
- 3- A trajetória de um corpo é determinado pelo referencial? Explique
- 4- O tempo na teoria da relatividade é relativo? Explique
- 5- Com base nos paradoxo dos gêmeos é possível viajar para o futuro? Explique?

ANEXO A- LETRAS DE MÚSICAS APLICADAS AOS ALUNOS

9.1 LETRA DA MÚSICA TEMPO PERDIDO LEGIÃO URBANA

Todos os dias quando acordo
Não tenho mais o tempo que passou
Mas tenho muito tempo
Temos todo o tempo do mundo

Todos os dias antes de dormir
Lembro e esqueço como foi o dia
Sempre em frente
Não temos tempo a perder

Nosso suor sagrado
É bem mais belo que esse sangue amargo
E tão sério

E selvagem
Selvagem
Selvagem

Veja o sol dessa manhã tão cinza
A tempestade que chega é da cor dos teus olhos
Castanhos

Então me abraça forte
Me diz mais uma vez que já estamos
Distantes de tudo

Temos nosso próprio tempo
Temos nosso próprio tempo

Temos nosso próprio tempo

Não tenho medo do escuro

Mas deixe as luzes

Acesas agora

O que foi escondido

É o que se escondeu

E o que foi prometido

Ninguém prometeu

Nem foi tempo perdido

Somos tão jovens

Tão jovens

Tão jovens

9.2 QUANTO TEMPO AINDA FALTA PAULA MATTOS

É tava tudo bem há um mês atrás

E como é que a gente faz

Se não dá pra voltar no tempo

É o nosso costume era deixar rolar

Mas nós não tivemos cuidado

Nosso futuro ficou no passado

É têm um hora que eu falo com você

Você só aí olhando pro lado

Tá disfarçando o que?

Tá evitando o que?

Quanto tempo ainda falta

Pra eu começar a sofrer

Pelo jeito você sabe muito bem

O que vai acontecer

O que você tá preparando pra dizer

Quanto tempo ainda falta

Pra eu começar a sofrer

Eu mudei tanta coisa

E agora quem é você?

Eu não consigo te reconhecer