

TEMPOS FANTÁSTICOS E ONDE HABITAM: O OXÍMORO DO EFÊMERO ETERNO

POR ALBERTO TUFAILE E ADRIANA PEDROSA BISCAIA TUFAILE.¹

Resumo

Discutimos algumas formas de interpretação do tempo no campo das Ciências da Natureza e Cultura, um assunto que estudamos e sobre o qual escrevemos um ensaio com o título "Questões de Tempo para Gurus, Cientistas, Filósofos e Terapeutas". Neste trabalho revisitamos o capítulo II desse ensaio, no qual citamos o escritor da literatura fantástica Jorge Luis Borges, que discute a evolução dos estudos do tempo na metafísica, que se fixa no conceito de Eternidade. A seguir adicionamos uma interpretação do conceito de Efêmero nas obras do pintor do Rococó francês Jean Simeon Chardin. Adicionamos também aspectos físicos dos relógios mais precisos da atualidade, associando a medida mais precisa do tempo com conceito de Instantâneo.

Abstract

We discuss some ways of interpreting time in the field of Natural Sciences and Culture, a subject that we have studied and on which we wrote an essay entitled "Questions of Time for Gurus, Scientists, Philosophers and Therapists". In this work, we have revisited chapter II of that essay, in which we have discussed the ideas of the writer of fantastic literature Jorge Luis Borges, who discussed the evolution of time studies in metaphysics, which focuses on the concept of Eternity. After that, we have added an interpretation of the concept of Ephemeral observed on the paintings done by the French Rococo painter Jean Simeon Chardin. We have also added physical aspects of the most accurate watches of today, associating the most accurate measurement of time with the concept of Instantaneous.

¹ EACH – USP.

1. Introdução

Neste trabalho discutiremos algumas formas de interpretação do tempo no campo das Ciências da Natureza e da Cultura, um assunto que estudamos e sobre o qual escrevemos um ensaio com o título “Questões de Tempo para Gurus, Cientistas, Filósofos e Terapeutas” [1], que publicamos em 2014. Vamos fazer aqui uma adaptação do capítulo II desse ensaio, no qual citamos o escritor da literatura fantástica Jorge Luis Borges, que discute a evolução dos estudos do tempo na metafísica, que se fixa no conceito de *Eternidade*, e adicionar uma interpretação do conceito de *Efêmero* nas obras do pintor do Rococó francês Jean Simeon Chardin. Adicionaremos também aspectos físicos dos relógios mais precisos da atualidade.

Utilizaremos os seguintes conceitos de tempo, eternidade e efêmero:

O tempo é uma dimensão fundamental na qual os eventos ocorrem e são sequenciados. É uma medida que usamos para quantificar a duração, a sucessão e a ordem dos eventos. O tempo que medimos com um relógio é chamado de tempo cronológico ou tempo físico.

A eternidade é um conceito filosófico e teológico que se refere a uma noção de tempo infinito, sem começo nem fim. É a ideia de existência atemporal, além da noção convencional de tempo linear.

O efêmero refere-se a algo transitório, breve e fugaz, cuja existência é temporária. É um conceito que destaca a natureza passageira e impermanente de diversos aspectos da vida e da experiência humana.

2. Borges e a Eternidade: O que existe de fantástico no tempo?

A metafísica do tempo é um assunto extenso e ainda está em debate entre intelectuais de diferentes áreas, não sendo restrito apenas aos filósofos. Para facilitar e simplificar a resposta desta seção, nós começamos indicando uma obra de Jorge Luis Borges, que não se considerava um metafísico, mas escreveu o livro de ensaios “História da Eternidade” [2], explicando como podemos aprender com alguns autores como entender o tempo, através de três ensaios: “História da Eternidade”, “A Doutrina dos Ciclos” e “O Tempo Circular”. Além destes ensaios, Borges também escreveu um conto muito interessante onde ele sintetiza este entendimento sobre tempo, chamado “Os Teólogos”, num livro de contos chamado “O Aleph” [3], contextualizando a sua metafísica.

Em “História da Eternidade”, Borges se propõe a citar historicamente alguns dos autores que estudaram a eternidade, pois esta é mais fundamental para a metafísica do que o tempo. Ele começa apresentando as “Enéadas” de Plotino, que pretende interrogar e definir a natureza do tempo, que leva ao estudo da eternidade. Depois ele cita o décimo primeiro livro das “Confissões” de Santo Agostinho. Segundo Borges, estes livros foram escritos por “homens remotos, homens barbados, homens mitrados para confundir heresias e para justificar a distinção das três pessoas em uma, secretamente para estancar de algum modo o curso das horas”. Ao final do ensaio, ele dá a própria visão de eternidade, que discutiremos mais adiante e que envolve uma dimensão de familiaridade com um aspecto emocional, romântico e nostálgico, através do reconhecimento de situações eternas. Na visão de Borges, o tempo é uma ilusão, uma ilusão que pode ser percebida quando não conseguimos separar ou diferenciar um momento de seu aparente ontem de seu aparente hoje. Borges considera o quinto livro das “Enéadas” e o décimo primeiro livro das “Confissões” de Santo Agostinho como os melhores documentos sobre a eternidade. Além disso, ele cita nove livros de filosofia que tinha à sua disposição quando preparou “História da Eternidade”.

As “Enéadas” são uma coleção dos escritos do filósofo Plotino, feita no final de sua vida e publicada depois da sua morte. Um de seus estudantes, Porfírio, o incentivou a fazer esses escritos, atuando como seu biógrafo e editor póstumo. Porfírio organizou os trabalhos com base nos assuntos, sendo que tal ordem é totalmente diferente da ordem na qual Plotino escreveu [4]. Plotino viveu por volta do ano 200 da era cristã e foi o primeiro dos filósofos neoplatônicos. Ele era seguidor das ideias de Platão e teve influências de Aristóteles e dos estoicos. Plotino é uma combinação de místico e racionalista helênico. Suas ideias dominaram a filosofia grega posterior e influenciaram tanto os cristãos quanto os muçulmanos. A filosofia de Plotino ainda é apreciada hoje por causa da união entre a racionalidade e a experiência religiosa intensa. Plotino orientou a filosofia que se seguiu, com a visão da supremacia da intuição sobre a razão de Platão, em oposição às ideias de Aristóteles. Para Plotino, o tempo é uma imagem móvel da eternidade. Borges comenta que o próprio Platão afirma que não foi o primeiro a se concentrar no par “tempo e eternidade”, mas que “antigos e sagrados filósofos” já haviam debatido o tema. Entretanto, Borges afirma que as ideias de Platão apresentadas por Plotino ampliam e resumem com esplendor tudo o que os filósofos anteriores discutiram.

Segundo Borges, a explicação de Platão sobre a sua visão do tempo e da eternidade se baseia na existência de arquétipos e no conceito de forma. Ele cita diretamente um trecho das “Enéadas” para analisar como o tempo é uma fatia insignificante da eternidade: “Que os homens a quem maravilha – sua capacidade, sua beleza, a ordem de seu movimento contínuo, os deuses manifestos ou invisíveis que o percorrem, os demônios, árvores e animais – elevem o pensamento a essa Realidade, da qual tudo isto é uma cópia. Verão aí as formas inteligíveis, não de eternidade concedida mas eternas, e verão também seu comandante, a Inteligência pura, e a Sabedoria inalcançável e a idade genuína de Cronos, cujo nome é Plenitude. Todas as coisas imortais estão nele, cada intelecto, cada deus e cada alma. Todos os lugares lhe são presentes: onde irá? Está feliz, para que provar mudança e vicissitude? Numa só eternidade que o

tempo arremeda ao girar em torno da alma, sempre desertor de um passado, sempre cobiçoso de um futuro”. Resumindo, a eternidade é o arquétipo do tempo.

A explicação desse tempo platônico não agrada a Borges, tanto por ele considerá-la errada, quanto por parecer aborrecida, uma chatice. A constatação da dualidade tempo e eternidade, que Borges chama de “alexandrina”, parece um museu silencioso preenchido com formas e arquétipos. Além disso, Borges diz que pode fornecer muitos argumentos contra. Por exemplo, ele diz que os arquétipos são tão confusos como as criaturas do tempo; citando o arquétipo da “leonidade”, que dá o molde para todos os leões que já existiram e que ainda existirão, este arquétipo pode prescindir da “soberba”, da “ruividade”, da “jubidade” e da “garridade”? Segundo Borges, esta pergunta não tem resposta e nem nunca terá, pois não podemos esperar do termo “leonidade” uma virtude muito superior ao termo “leão”. Segundo ele, esta eternidade não tem variedade e é mais carente do que o mundo do qual ela tenta ser a base. Por exemplo, bastam as cores primárias para explicar todas as cores, “mas não há cinzento nem purpúreo que nós seres efêmeros podemos constatar”. Não existem os arquétipos da *patologia* e da *agricultura*, porque eles não são necessários, mesmo que estas coisas retirem algo dos arquétipos de *beleza* e *número*, pois *patologia* e *agricultura* são apenas combinações concretas não muito elegantes de arquétipos mais abstratos. Para Borges, o platonismo empobrece o mundo com suas explicações, chegando até mesmo a adjetivar o platonismo como algo “glacial”.

A segunda eternidade de Borges foi trazida até nós pela igreja, com o desenvolvimento da teologia, que, em sua opinião, associava uma superioridade à ideia de eternidade, que não está presente nos estudos dos filósofos gregos. O principal documento sobre esta segunda eternidade é dado pelas “Confissões” de Santo Agostinho. Ele explica como nasce o tempo para os cristãos: o primeiro segundo do tempo coincide com o primeiro segundo da Criação. A eternidade deixa de ser um arquétipo para o tempo e passa a ser um dos dezenove atributos de Deus. Com o bispo Irineu, a eternidade foi diretamente relacionada com a

Divina Trindade. Podemos garantir que a partir deste ponto o par “tempo e eternidade” começa a ficar extremamente complexo. Como podemos explicar isso? Borges salienta que essa visão teológica da eternidade é extremamente complexa, diferentemente da eternidade da filosofia grega, que é muito mais simples. A melhor imagem do tempo no pensamento cristão é a geometria unidimensional da “linha” que foi dada por Bignotto [5]. O momento da Criação é o início do tempo, que segue através de uma série de eventos até o final dos tempos, quando toda a verdade será revelada. Um dos eventos mais importantes neste caminho unidimensional do tempo é a vinda de Cristo, que quebra ao meio a linha que unia a Criação ao Juízo Final.

Um exemplo da dificuldade de compreensão dessa visão do tempo pode ser dado pelo envolvimento do físico Isaac Newton com o assunto [6]. Em outubro de 1667, Newton tornou-se professor do Colégio da Santíssima e Indivisa Trindade, normalmente chamado de Trinity College, onde jurou “que abraçarei a verdadeira religião de Cristo com toda a minha alma (...) e também adotarei a teologia como objeto dos meus estudos e tomarei ordens sacras, ao chegar o momento prescrito por estes estatutos, ou então pedirei exoneração do colégio”.

Como prometido, Newton estudou teologia e o papel da história da igreja na interpretação das escrituras sagradas para o estabelecimento da ortodoxia cristã. O problema é que nestes estudos sobre teologia Newton se tornou adepto do arianismo – que não é o arianismo pregado pelos nazistas. Esse arianismo se refere à doutrina do bispo Ário de Alexandria e seus seguidores, que negavam a Trindade, na qual Cristo não é uma divindade. Isto causou uma grande controvérsia na igreja, que foi finalizada com o concílio de Niceia, uma cidade que se situa na atual Turquia, em 325 da era cristã. Enquanto estudava a batalha teológica entre os que eram a favor e contra o trinitarismo, como era chamada a doutrina que apoiava a divina Trindade, Newton encontrou indícios de que os que eram a favor haviam adulterado as escrituras sagradas para ganharem o debate. Segundo Newton: “Se não há transubstanciação nunca houve idolatria pagã tão

ruim quanto a romana...”. Aceitar a Trindade, para Newton, era um tipo de idolatria, um pecado: “Se alguém adorar a Besta e sua imagem, e lhe receber a marca em sua testa ou sua mão,” explicava o Apocalipse, “este beberá do vinho da ira de Deus (...).” Newton acreditava que Deus era único, sendo assim, nada mais poderia ser adorado além dele, nem mesmo Cristo. Este era um dos motivos para que Newton desejasse quebrar seu juramento com relação à sua ordenação. Newton conseguiu a dispensa de tomar as santas ordens para se efetivar no cargo, utilizando alguns contatos que apelaram por ele junto ao rei da Inglaterra. O interessante nisto tudo é que esta era uma questão pessoal para Newton, não era algo sobre o qual ele desejasse convencer outras pessoas. Baseado nisso, ele também viu que nas escrituras originais estavam os segredos da eternidade, o que permitiria encontrar revelações sobre o futuro para quem se dispusesse a tentar decifrá-las. Ele fez isso e se tornou um “profeta”. Este lado de Newton normalmente causa embaraço para a maioria de nós físicos, mas isto mostra como a temática do tempo esteve presente em sua vida, além dos aspectos de tempo absoluto da Mecânica Clássica.

Mas, voltando para Borges, esses aspectos do tempo e da eternidade não esgotam o assunto. Ele apresenta outro ensaio: “O Tempo Circular”, no livro “História da Eternidade” [2]. A repetição no tempo, na história, na nossa vida, é discutida no segundo ensaio de Borges. Ele dá três definições fundamentais. Primeiro Borges explica o conceito com a visão de um astrólogo anônimo no texto “Timeu”, de Platão: “se os períodos planetários são cíclicos, também o será a história universal; ao fim de cada ano platônico renascerão os mesmos indivíduos e cumprirão o mesmo destino”. A segunda definição está ligada a Nietzsche: um número n de forças é incapaz de um número infinito de variações, logo as coisas acabam se repetindo”. Borges ainda inclui nesta definição uma observação de David Hume, traduzido por Schopenhauer: “Não imaginemos a matéria infinita, como fez Epicuro; imaginemo-la finita. Um número finito de partículas não é suscetível de transposições infinitas... Este mundo... foi elaborado e destruído, e será

elaborado e destruído: infinitamente". Até mesmo Bertrand Russel é citado, sobre a série contínua de histórias universais idênticas, em "O Tempo Circular". A terceira forma de interpretar eternas repetições é através da existência de ciclos semelhantes, mas não idênticos. Como consequência disto, Borges cita Schopenhauer: "A forma de aparecimento da vontade é só no presente, não no passado nem no futuro: estes existem para o conceito e para o encadeamento da consciência, submetida ao princípio da razão. Ninguém viveu no passado, ninguém viverá no futuro; o presente é a forma de toda vida".

A repetição do tempo nessa obra da "História da Eternidade" de Borges também é discutida sob aspectos matemáticos, termodinâmicos e teológicos noutro texto: "A Doutrina dos Ciclos" [2]. Neste texto, a figura central é Nietzsche, que analisa a hipótese de repetição do tempo, confirmando-a e negando-a. Aqui Borges contrapõe os argumentos de repetição do tempo de Nietzsche aos argumentos da teoria dos conjuntos de Georg Cantor, além de argumentos sobre a crucificação de Cristo de Santo Agostinho. Depois esclarece como Nietzsche desconstrói a doutrina dos ciclos com as leis da termodinâmica. Uma possível explicação para este estudo do filósofo alemão sobre esse assunto, afirma Borges, é que Nietzsche queria que os homens fossem capazes de suportar a imortalidade.

Todos esses textos sobre o tempo, eternidade, circularidade do tempo e doutrinas são utilizados claramente no conto "Os Teólogos", de "O Aleph" [3]. Neste conto, Borges retratou a batalha de vaidades acadêmicas entre dois teólogos, Aureliano de Aquileia e João de Panonia. Os dois escrevem sobre o tempo e seus estudos são utilizados em tribunais eclesiásticos para combater hereges. Embora os dois estivessem do mesmo lado, Aureliano invejava o trabalho de João de Panonia. Para exemplificar a disputa, Borges explica: "Há quem busque o amor de uma mulher para esquecer-se dela, para não pensar nela; Aureliano, da mesma forma, queria superar João de Panonia para curar-se do rancor que ele lhe infundia, não para fazer-lhe mal". Por causa destas disputas, Aureliano acaba por mero acaso mandando o seu adversário João de Panonia para a fogueira. Alguns anos depois,

Aureliano morre do mesmo modo que João de Panonia, num incêndio causado por um raio em uma cabana em Hibérnia. O final da história se passa no Céu, onde não há tempo. Lá, Aureliano descobre que para Deus os dois teólogos são a mesma pessoa, ou seja, eles não são considerados como indivíduos, mas como representantes do mesmo arquétipo.

Além do conto que dá título ao livro “O Aleph” [3], Borges também faz menção a esses estudos sobre o tempo, criando objetos fantásticos da sua literatura, como “O Aleph” ou o “O Zahir”, no qual ele transporta a comparação entre o tempo e a eternidade para estes objetos e seus amores. O Aleph é um dos vários objetos fantásticos encontrados na literatura borgeana e é basicamente uma esfera de uns três centímetros de diâmetro que nos permite ver tudo no universo simultaneamente e sem superposição. Borges afirma que o espaço está para o Aleph, assim como o tempo está para a eternidade. No outro conto, “O Zahir”, Borges fala de sua experiência de ter encontrado um objeto fantástico conhecido como o Zahir, na forma de uma moeda comum que cria um comportamento obsessivo em todas as pessoas que entram em contato com ele. Esse comportamento obsessivo vai se tornando cada vez mais intenso. O efeito final é só pensar nesta moeda: “o tempo que atenua as lembranças, agrava a do Zahir”.

Segundo Leopoldo e Silva [7], a literatura não necessita da filosofia para expressar uma ideia, assim como a filosofia não precisa ser poética para estudar a alma. Entretanto, temos a impressão de que, através de seus contos, Borges tenta transportar os seus estudos sobre o tempo para a literatura fantástica, de um modo mais divertido do que apenas estudos filosóficos, respondendo à questão do que é realmente fantástico no tempo. Ele afirma que é uma pessoa que aproveitou as oportunidades literárias da metafísica. Mas ele também gostava de lembrar que não é um metafísico, porque diz que não é um pensador independente. Mas a forma romantizada como ele apresenta os seus contos é muito provocadora, tanto que uma vez, em Madri, um jornalista lhe perguntou se era verdade que em Buenos

Aires existia um Aleph. Quando ele ia dizer que sim, um amigo interveio e disse para o jornalista que, se tal objeto existisse, ele seria a coisa mais famosa do mundo e mudaria toda a nossa ideia do tempo, da astronomia, da matemática e do espaço. Nesse momento o jornalista soltou um “Ah!” e afirmou: “então é tudo invenção sua. Pensei que era verdade porque o senhor tinha dado o nome da rua!”. Borges pensou em responder que nomear ruas não é coisa de outro mundo, mas se conteve.

Para terminar nossa interpretação do tempo com os textos de Borges, citamos um trecho de “Nova Refutação do Tempo”, um ensaio editado em 1947 e compilado em “Novas Inquisições” [8]: “(...) o tempo é a substância da qual eu sou feito. O tempo é um rio que me arrebatou, mas eu sou o rio; é um tigre que me despedaça, mas eu sou o tigre; é um fogo que me consome, mas eu sou o fogo. O mundo, infelizmente, é real; eu, infelizmente, sou Borges.”

3. Chardin e o Efêmero: O que é o *Homo Bulla* no movimento Vanitas?

A dualidade “tempo/eternidade” de Borges nos levou a questionar o papel da existência das coisas efêmeras e sua relação com o tempo. Como físicos, estudamos propriedades fundamentais e perenes da natureza em sistemas efêmeros, como bolhas de sabão ou gotas de água, sobrepondo os conceitos de eterno e efêmero. Um artista que captura a observação do efêmero na imagem é o pintor francês do movimento Rococó Jean Baptiste Siméon Chardin, através de um *zeitgeist* revolucionário silencioso. Para um resumo da vida de Chardin, nós recomendamos um vídeo no YouTube do canal CriaArte [9].

Figura 1. Alberto Tufaile compara a tela “Garoto com bolha de sabão”, de Jean Simeon Chardin, com sua reprodução em tinta acrílica dessa composição de Chardin, através de uma foto no smartphone. Adriana Tufaile capturou esse momento. Esse exemplar de Chardin está na Galeria Nacional em Washington, EUA. Nessa tela, Chardin exemplifica a captura do efêmero.



Na Figura 1 apresentamos uma tela de Chardin com o título “Garoto com bolha de sabão”. Neste quadro, Chardin retrata um garoto soprando ar por um canudo, enquanto outro garoto tenta observar a bolha que está se formando. A bolha de sabão é transparente, mesmo assim interage com a luz, o que nos permite observar, por um breve instante, a sua superfície e uma reflexão externa na parte superior esquerda e uma reflexão interna na parte inferior direita. Para nós, que somos físicos, esses objetos efêmeros, como bolhas de sabão, podem revelar propriedades fundamentais da natureza, representadas por equações que poderiam estar num mundo dos arquétipos de Platão. Cientificamente, bolhas, gotas, espumas ou paredes celulares são classificadas como objetos frágeis [10]. Filosoficamente, essa obra de Chardin é uma alegoria representante do movimento *Vanitas* [11].

Figura 2. Exemplo de obra de arte dinâmica com objetos frágeis “Condensation Wall”: uma caixa de acrílico fechada com água destilada que evapora e se condensa nas paredes da caixa ao lado de Adriana P. B. Tufaile, na Galeria Nacional em Washington. Obra concebida pelo artista alemão Hans Haake e construída em 2013. Observando detalhes, podemos ver que cada gota que se condensa na parede da caixa funciona como uma pequena lente efêmera que interage com a luz. Gotas, bolhas, espumas, paredes celulares e outros elementos são classificados como objetos frágeis pelo físico Pierre-Gilles de Gennes [10] e podem mostrar algumas propriedades “eternas” da refração da luz. Alberto Tufaile capturou um dos momentos únicos dessa obra dinâmica.



O movimento Vanitas parte da ideia de que “o homem é uma bolha”, ou “Homo Bulla” em latim, que coloca que o ser humano tem seu ego inflado, como faz o ar da bolha de sabão na Figura 1. Segundo Prosperetti [11], o conceito que liga vaidade com vazio está presente na bíblia do rei James, traduzido do texto em latim “Vanitas vanitatum et omnia vanitas”, ou “vaidade das vaidades, tudo é vaidade”, e o texto bíblico continua com “Que proveito tem o homem de todos os seus trabalhos que ele faz debaixo do sol?... Não há lembrança de coisas passadas... e eis que tudo é vaidade e aflição de espírito... O homem nasce e o homem morre e tudo é vaidade”. Ainda nesse texto sobre bolhas, o físico Prosperetti cita Erasmo de Roterdam, que imaginou a relação entre o ser humano e a passagem do tempo, comparando-nos com bolhas e espumas: “Eu pensei em uma analogia para descrever a vida humana como um todo... Você sabe, as bolhas que sobem para a superfície abaixo de uma cachoeira – aqueles pequenos bolsões de ar que combinam para produzir espuma?... Bem, é assim que os seres

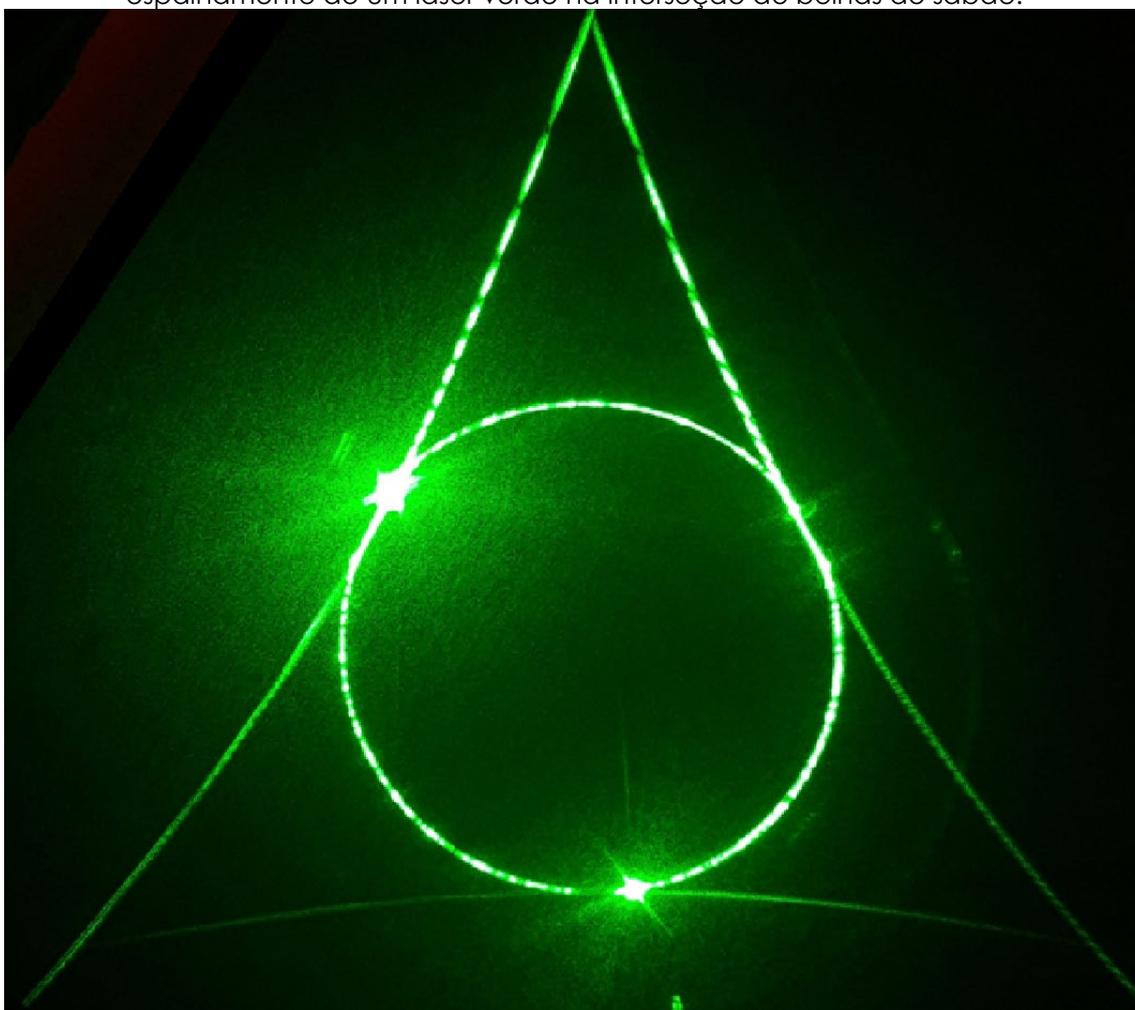
humanos são. São bolsas de ar mais ou menos infladas... mas mais cedo ou mais tarde elas vão estourar."

Antes de Chardin, o chamado gênero pictórico Vanitas prosperou na arte holandesa no século XVII. Nestas pinturas, o espectador é convidado a contemplar sua própria mortalidade por meio de uma série de símbolos de transitoriedade, que, além das bolhas, geralmente incluem instrumentos musicais (o desaparecimento do som), ampulhetas (a passagem do tempo), vidro (frágil, como os prazeres humanos), castiçais com um toco de vela queimando (o derretimento da cera) e outros exemplos, como um garoto construindo um castelo de cartas ou uma criança observando um pião. A composição de um garoto com um pião foi pintada por Chardin e a mais importante versão desta composição pode ser encontrada no Museu de Arte de São Paulo, MASP. Assim, observando coisas e ocorrências cotidianas, o artista busca seus significados inerentes mais profundos, como a mortalidade inerente dos seres vivos diante da inexorável passagem do tempo. Do mesmo modo que os objetos fantásticos da literatura de Borges nos fazem refletir sobre o tempo e o espaço, os objetos do cotidiano mostrados na arte do movimento Vanitas nos fazem pensar sobre o tempo, o espaço e os processos ópticos da interação da luz com os objetos frágeis, como está mostrado nas lentes do "Condensation Wall", da Figura 2. Como falamos sobre lentes, vamos utilizar a área da óptica para falar sobre o tempo.

Numa parte do nosso trabalho envolvendo a óptica do espalhamento de um raio de luz em bolhas de sabão ou espumas [12, 13], encontramos o arquétipo da geometria euclidiana na forma única do círculo aparecendo espontaneamente dentro de um triângulo curvo (trindade), como está mostrado na Figura 3. Além disso, na Física desenvolvida por Einstein, não é o tempo que é absoluto, mas as propriedades da luz é que são a base para a compreensão do espaço e do tempo. Se você deseja entender o tempo, você precisa estudar a luz, a sua natureza e sua propagação no universo, pois, sem o entendimento das propriedades da luz, a nossa compreensão do tempo é apenas vaidade, ou seja,

não tem profundidade suficiente. Segundo a relatividade especial de Einstein, o tempo e o espaço formam uma quimera chamada de “tempo-espaço”, com a luz tendo uma velocidade finita e tendo a mesma velocidade em todos os referenciais inerciais. O que popularmente dizem – “o tempo é algo relativo” – tenta condensar essas propriedades da luz nesta nova definição do tempo.

Figura 3. Um círculo parlaserico inscrito em um triângulo curvo obtido com a óptica do espalhamento de um laser verde na interseção de bolhas de sabão.



4. O átomo e o pente: Qual é o relógio mais preciso do mundo?

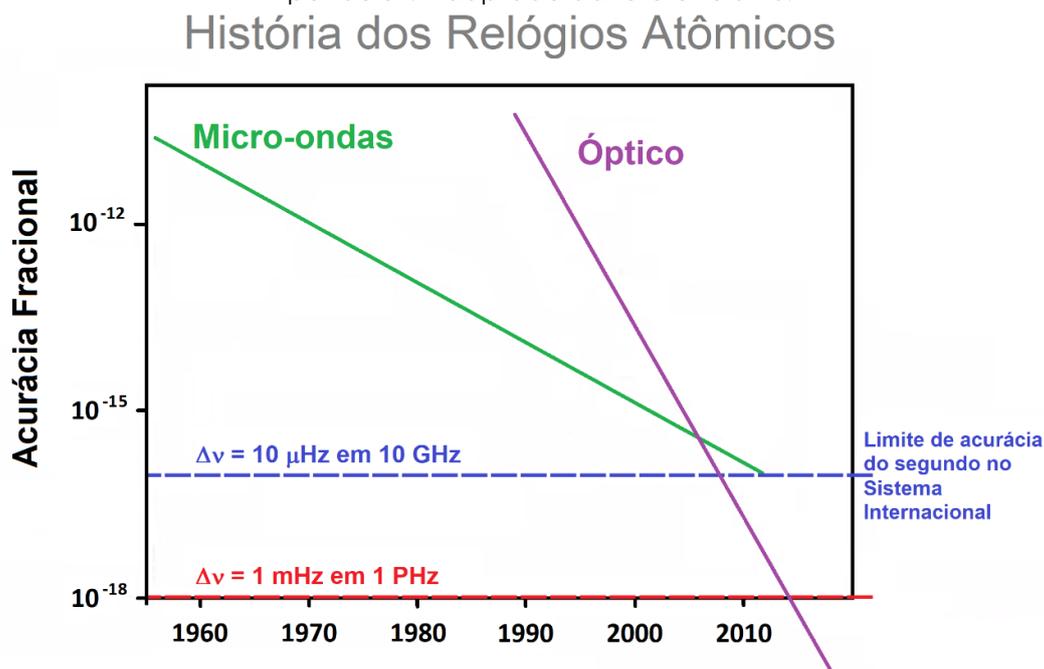
Além do que foi discutido até aqui, temos as medidas de tempo sendo cada vez mais relacionadas com o mundo quântico, sendo que as propriedades deste mundo quântico são tão fantásticas quanto o realismo fantástico de Borges. Para esclarecer a afirmação anterior, podemos citar o caso interessante da medida do tempo utilizando relógios atômicos ópticos [14]. O “pente de frequência óptica” (OFC, *Optical Frequency Comb* em inglês) é uma técnica que foi originalmente desenvolvida para contar os ciclos de relógios atômicos ópticos. Resumidamente, em Óptica, um pente de frequência ocorre na luz emitida por uma fonte de laser cujo espectro resultante consiste em uma série de linhas de frequência discretas e igualmente espaçadas. Mas qual é o uso destes relógios atômicos? [15] Tecnicamente falando, temos três aplicações: (1) no sistema de posicionamento global (GPS em inglês), (2) na redefinição do segundo como unidade de tempo e (3) na sincronização das redes de comunicação digital, como a Internet. Cientificamente falando, eles são utilizados para (4) medir a aceleração da gravidade com maior precisão nas medidas de geodésicas locais, (5) medir a matéria escura e (6) verificar a variação das constantes fundamentais da natureza, como os valores da carga elétrica ou da constante de Planck.² A detecção de ondas gravitacionais geradas pela colisão de buracos negros é observada com a variação das propriedades da quimera “espaço-tempo”, que foi citada previamente.

Mas como funciona um relógio atômico? Todo relógio, de qualquer natureza, tem algum tipo de “pêndulo” associado a ele que dá a sua base de tempo, sua frequência. No caso dos relógios atômicos, um átomo ou conjunto de átomos é excitado por uma onda eletromagnética e este arranjo emite uma

² Os valores conhecidos das constantes fundamentais da natureza podem variar por motivos como desenvolvimento de novos instrumentos mais precisos ou melhorias nos modelos teóricos existentes ou possivelmente desenvolvimento de novos modelos ou novas observações.

frequência característica própria desse átomo, do mesmo modo como você dá uma energia potencial erguendo e soltando um pêndulo que oscila com uma frequência característica associada a seu comprimento e à aceleração da gravidade, ou o seu coração bate com um ritmo dado pelo seu metabolismo, tendo como fonte de energia sua alimentação. O “pêndulo” do relógio atômico é um átomo e o empurrão do pêndulo é a onda eletromagnética direcionada para este átomo. A resposta do átomo é emitir um fóton com uma frequência característica e bem determinada. Os primeiros relógios atômicos tinham como radiação eletromagnética frequências de micro-ondas, com uma precisão de uma parte em 10^{14} ($1/10^{14} = 10^{-14}$), enquanto os relógios atômicos mais recentes têm como radiação eletromagnética o que chamamos de luz visível, com uma precisão ao redor de uma parte em 10^{18} (10^{-18}), ou seja, se você fizer uma medida com este relógio, ela terá 18 algarismos e ela só terá flutuações no décimo oitavo algarismo da sua medida.

Figura 4. Comparação da evolução dos relógios atômicos de micro-ondas e ópticos. Os relógios atômicos ópticos estão mostrados com o elemento atômico característico utilizado como “pêndulo”. Adaptado da referência 16.



Na Figura 4, mostramos a comparação do desempenho histórico entre os relógios atômicos de micro-ondas e os relógios ópticos [16]. Em 1960, temos a redefinição do segundo, que passou da sua definição astronômica para a sua definição baseada no relógio atômico, ligado à Mecânica Quântica. Posteriormente, os relógios atômicos de micro-ondas foram aprimorados, com uma precisão maior, mostrada pela linha pontilhada azul. Nos anos 1980, temos o desenvolvimento dos relógios atômicos ópticos, que também entraram na corrida por ser o relógio mais preciso do mundo. Depois de 2005, os relógios atômicos ópticos superam os relógios atômicos de micro-ondas e se tornam os relógios mais precisos do mundo, com o limite de precisão do sistema internacional dado pela linha tracejada paralela ao eixo horizontal do gráfico, e os relógios atômicos ópticos evoluindo além deste limite.

Uma coisa curiosa desse resultado é que os relógios atômicos estão com esta acurácia fracional de 10^{-18} , mas, se eles alcançarem 10^{-21} , competirão com o LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*), um laboratório baseado em um interferômetro da ordem de quilômetros de comprimento, que detecta ondas gravitacionais. Para mais informações sobre o LIGO, veja-se a referência 17. Isto também causa alguns problemas sérios de sincronização desses relógios atômicos, pois eles apresentam uma alta sensibilidade relativística. A sincronização dos melhores relógios atômicos atuais é perdida quando há uma diferença de alguns centímetros na altura dos relógios, distância ao centro do planeta, fenômeno explicado pela Teoria da Relatividade Geral de Einstein, pois o tempo depende do valor do campo gravitacional atuando no relógio. Com uma acurácia fracional de 10^{-19} , esta sensibilidade relativística é da ordem de um milímetro na diferença de altura entre dois relógios. Isto nos lembra da piada sobre excesso de recursos de que com um relógio você sabe as horas, mas com dois relógios você não tem certeza. Os pesquisadores desta área brincam com a afirmação de que eles estão eternamente tendo de encarar oportunidades brilhantes disfarçadas de problemas insolúveis.

Não podemos terminar sem lembrar que, na Física, uma definição do tempo é o parâmetro que usamos para perceber as mudanças do universo em constante transformação. Só percebemos que tudo no universo está se transformando porque comparamos cada coisa com ela mesma em instantes diferentes de tempo. Você só percebe que as nuvens estão mudando porque compara a imagem delas no presente com a imagem que viu num instante passado. Visto dessa forma, não é o tempo que está passando, são as nuvens que estão mudando. Quando dizemos que o tempo voa ou que o tempo se arrasta, na verdade estamos fazendo referência à nossa percepção de passagem do tempo, mas não é o tempo que está passando, é o universo, nós incluídos, que está se transformando ou se movendo.

Estes são os tempos fantásticos que gostaríamos de apresentar neste trabalho, e os locais onde eles habitam são a literatura, a pintura, a metafísica, a teologia e a Física.

Referências

- [1] A. Tufaile, A. P. B. Tufaile, "Questões de Tempo para Filósofos, Cientistas, Terapeutas e Gurus", *ResearchGate*, 2014. https://www.researchgate.net/publication/281592449_Questoes_de_Tempo_para_Cientistas_Filosofos_Terapeutas_e_Gurus
- [2] *História da Eternidade*, Jorge Luis Borges, editora Globo, São Paulo, 1993.
- [3] *O Aleph*, Jorge Luis Borges, editora Globo, São Paulo, 1997.
- [4] R. C. G. Castro, "Finalmente na íntegra, Plotino explica o Uno e suas Emanações", *Jornal da USP*, 2019. <https://jornal.usp.br/cultura/finalmente-na-integra-plotino-explica-o-uno-e-suas-emanacoes/>
- [5] "O círculo e a linha", Newton Bignotto, em *Tempo e História*, organizado por Aduino Novaes, editora Companhia das Letras, São Paulo, 1992.

- [6] "A vida de Isaac Newton", Richard Westfall, editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1995.
- [7] "Bergson, Proust. Tensões do tempo", Franklin Leopoldo e Silva, em *Tempo e História*, organizado por Adauto Novaes, editora Companhia das Letras, São Paulo, 1992.
- [8] *Outras Inquisições*, Jorge Luis Borges, editora Companhia das Letras, São Paulo, 2007.
- [9] *Jean Baptiste Siméon Chardin*, Canal do YouTube "TV CriaArte". <https://youtu.be/uHUVSzfJYE>, acessado em 6 de janeiro de 2023.
- [10] *Os Objetos Frágeis*, Pierre-Gilles de Gennes e Jean Bardoz, Ed. Unicamp, 2008. <https://www.amazon.com.br/Os-Objetos-Fr%C3%A1geis-Pierre-Gilles-Gennes/dp/8526808362>
- [11] "Bubbles", Andrea Prosperetti, *Physics of Fluids* 6, p. 1852, 2004.
- [12] "Parhelic-like Circle from Light Scattering in Plateau Borders", Alberto Tufaile e Adriana Pedrosa Biscaia Tufaile, *Physics Letters A* 379, p. 529, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2014.12.006>
- [13] "Soap Halos", Richard J. Fitzgerald, *Physics Today* 72, p. 68, 2019. <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.4257>
- [14] "20 years of developments in optical frequency comb technology and applications", Tara Fortier e Esther Baumann, *Communications Physics* (2019) 2:153. <https://doi.org/10.1038/s42005-019-0249-y> | www.nature.com/commsphys
- [15] "Why Do We Need Super Accurate Atomic Clocks?", Yuen Yiu, *Inside Science of American Institute of Physics*, 2019. <https://www.insidescience.org/news/why-do-we-need-super-accurate-atomic-clocks>
- [16] "Optical atomic clocks", N. Poli, C. W. Oates, P. Gill, G. M. Tino, *Il Nuovo Cimento* 36, 2013. <https://www.sif.it/riviste/sif/ncr/econtents/2013/036/12/article/0>
- [17] *What is LIGO?*, Caltech. <https://www.ligo.caltech.edu/page/what-is-ligo>, acessado em 18 de junho de 2023.