



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

DANIELY MARIA OLIVEIRA DA SILVA

***HARMONICES MUNDI: A RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E MÚSICA ATRAVÉS DO
TEATRO DE BONECOS***

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

DANIELY MARIA OLIVEIRA DA SILVA

***HARMONICES MUNDI: A RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E MÚSICA ATRAVÉS DO
TEATRO DE BONECOS***

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (Universidade Estadual da Paraíba - UEPB) no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática/PPGECM-UEPB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestra em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências

Linha de Pesquisa: Metodologia, Didática e Formação de Professores em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586h Silva, Daniely Maria Oliveira da.
Harmonices Mundi [manuscrito] : a relação entre ciência e música através do teatro de bonecos / Daniely Maria Oliveira da Silva. - 2023.
107 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.

"Orientação : Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira, Coordenação do Curso de Física - CCT. "

1. Educação básica. 2. Arte. 3. Música. 4. Teatro. I. Título

21. ed. CDD 530.7

DANIELY MARIA OLIVEIRA DA SILVA

HARMONICES MUNDI: A RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E MÚSICA
ATRAVÉS DO TEATRO DE BONECOS

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (Universidade Estadual da Paraíba - UEPB) no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática/PPGECM-UEPB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestra em Ensino de Ciências e Matemática.

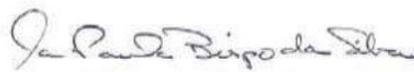
Área de concentração: Ensino de Ciências

Aprovada em: 31/07/2023.

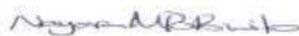
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Nayara Macedo Barbosa de Brito
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais Alex e Rosélia (in memoriam), cujo empenho em educar as filhas sempre veio em primeiro lugar. Aqui estão os resultados dos seus esforços. Com muita gratidão.
AMO VOCÊS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir a realização deste trabalho.

Agradeço à minha irmã, Daisy Oliveira, por ser sempre meu apoio e minha grande incentivadora.

Ao meu querido esposo, Joassis Ferreira Mota, por seu apoio incondicional e por sempre embarcar em meus projetos, desempenhando um papel fundamental na execução dos mesmos. Sua presença foi essencial para que eu pudesse superar as dificuldades encontradas ao longo do caminho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira, que além de ser meu orientador, foi um amigo que a vida me trouxe e que me incentivou mesmo diante das minhas falhas. Suas palavras de carinho e conforto foram valiosas diante das perdas que enfrentei.

Expresso minha gratidão aos amigos que a UEPB me proporcionou durante esses 9 anos de instituição. Esses foram tempos de colaboração intensa. Agradeço de coração a vocês, Samira Arruda, Marciana Cavalcante, Marcelo Santos, Magna Cely e Janaina Guedes.

Por fim, sou grata às entrevistadas e a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a construção deste trabalho.

“A maravilhosa disposição e harmonia do universo só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode. Isso fica sendo a minha última e mais elevada descoberta.”

Isaac Newton

RESUMO

São diversas as dificuldades vivenciadas nas escolas de educação básica, sejam relacionadas à evasão escolar, seja às dificuldades em relação aos conteúdos ministrados. No entanto, ao olharmos para o ensino de Ciências, principalmente Física, deparamo-nos ainda com um formalismo, sendo necessário encontrarmos caminhos para tornar o conhecimento mais atraente para os estudantes. Alguns autores defendem o teatro como uma forma de relacionar ciência e arte, gerando uma articulação de áreas consideradas distintas. A divulgação científica é uma área de pesquisa em crescimento e diversificação, a fim de estabelecer uma ponte nessa relação e, dentro do âmbito escolar, ela acaba por gerar uma maior aceitação pelos estudantes sobre temas e conteúdos que, por vezes, são considerados desinteressantes. Neste trabalho de dissertação, trazemos reflexões acerca da relação entre Ciência e Arte, bem como do teatro como instrumento de Divulgação Científica. Apresentamos também o teatro de formas animadas como um desafio do fazer pedagógico do docente em sala de aula para abordar temas científicos. Além disso, discorremos sobre algumas produções cênicas que discutem temas da ciência, e narramos a história dos primeiros estudos relacionando a ciência e a música na Antiguidade, passando pelo Renascimento, até as ideias de Johannes Kepler sobre o *Harmonices Mundi*. Diante disso, apresentamos como produto educacional uma proposta de utilização do teatro de bonecos de vara, com o intuito de apresentar as ideias trazidas na narrativa histórica, para que docentes de Física da educação básica possam aplicá-lo em suas salas de aula. Para isso, elaboramos um texto dramático, um material de apoio e um vídeo-tutorial com indicações para o docente confeccionar o referido teatro com seus estudantes no âmbito escolar. De modo geral, os resultados obtidos neste trabalho de investigação demonstram que a relação entre ciência e arte, por meio do teatro, é uma possibilidade de divulgar assuntos sobre a Ciência que ainda não foram abordados na escola. Ao analisarmos as perspectivas das professoras sobre a ação desenvolvida em suas salas de aula, elas nos trazem apontamentos que demonstram que essa relação através do teatro é uma proposta atrativa para abordar a ciência, apontando-a como positiva.

Palavras-Chave: Educação básica; Arte; Teatro; Música.

ABSTRACT

There are several difficulties experienced in basic education schools, whether related to school dropout or difficulties in relation to the taught content. However, when we look at the teaching of Science, especially Physics, we still encounter a formalism, making it necessary to find ways to make knowledge more attractive to students. Some authors defend theater as a way to relate science and art, creating a connection between distinct areas. Scientific dissemination is a growing and diversifying research area aimed at establishing a bridge in this relationship, and within the school context, it ultimately generates greater acceptance by students of topics and content that are sometimes considered uninteresting. In this dissertation, we bring reflections on the relationship between Science and Art, as well as theater as a tool for Scientific Dissemination. We also present theater of animated forms as a challenge in the pedagogical practice of teachers in the classroom when addressing scientific topics. Additionally, we discuss some theatrical productions that explore scientific themes and narrate the history of the first studies linking science and music in Antiquity, spanning the Renaissance to Johannes Kepler's ideas on *Harmonices Mundi*. In light of this, we present an educational product proposal for the use of rod puppet theater, aiming to present the ideas conveyed in the historical narrative so that basic education Physics teachers can implement it in their classrooms. To achieve this, we have developed a dramatic text, supporting materials, and a video tutorial with instructions for teachers to create the mentioned theater with their students in the school environment. Overall, the results obtained in this research work demonstrate that the relationship between science and art through theater is a means to disseminate topics about Science that have not yet been addressed in schools. When analyzing the perspectives of the teachers regarding the action carried out in their classrooms, they provide us with insights that show that this relationship through theater is an attractive proposal for approaching science, highlighting its positive aspects.

Keywords: Basic education; Art; Theater; Music.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	William Blake – Newton	16
Figura 2	Obras de Francesco Goya. Tela à esquerda - Os fuzilamentos da moncloa, e tela à direita- O sonho da razão produz monstros	16
Figura 3	Cena da peça “Einstein”	22
Figura 4	Cena da peça “Copenhague”	23
Figura 5	Cena da peça “Galileu Galilei”	24
Figura 6	Cena da peça “Ah, esse Calor!”	25
Figura 7	Monocórdio.....	27
Figura 8	Mesolábio.....	30
Figura 9	Órgão de 27 teclas em uma oitava inventado por Mersenne, representado no livro <i>Harmonie universelle</i>	31
Figura 10	Diagrama de Kepler das conjunções de Júpiter e Saturno in Michael J. Crowe, <i>Theories of the World</i> , p. 149. O número 1 indica a conjunção do ano de 1583 sobre o signo de Áries; o 2, a de 1603 sobre o signo de Sagitário; o 3, a de 1623 sobre o signo de Leão, o 4; a de 1643 sobre o signo de Áries, e assim por diante. Os “triângulos” são formados a partir da união dos pontos 1, 2, 3.....	36
Figura 11	O modelo híbrido de Brahe.....	38
Figura 12	Segunda lei de Kepler - Leis das áreas.....	40
Figura 13	Capa do livro <i>Harmonices Mundi</i> de 1622.....	41
Figura 14	Representação das notas musicais que se assemelham às velocidades angulares dos planetas em suas órbitas in J. Kepler, <i>Harmony of the World</i> , p. 439.....	48
Figura 15	Fluxograma representativo do primeiro ato.	51
Figura 16	Fluxograma representativo do segundo ato.	52
Figura 17	Fluxograma representativo do terceiro ato.	52
Figura 18	Fluxograma representativo do quarto ato.	53
Figura 19	Estrutura dos painéis.	54
Figura 20	Estrutura do teatro com tela de projeção	54
Figura 21	Cenário confeccionado.	55
Figura 22	Ilustração dos estudantes estudando a leitura do texto, no Colégio Menino Jesus.....	57
Figura 23	Apresentação da peça <i>Harmonices Mundi</i> , no Colégio Menino Jesus.....	58
Figura 24	Ilustração dos estudantes, em dois encontros, estudando a leitura do texto, na Escola Cidadã Integral Professor Itan Pereira.....	60
Figura 25	Ilustração dos estudantes, no terceiro encontro, com todos os elementos de cena, na Escola Cidadã Integral Professor Itan Pereira.....	61
Figura 26	Apresentação do texto dramaturgico <i>Harmonices Mundi</i> , na ECI Itan Pereira.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC	Divulgação Científica
HFC	História e Filosofia da Ciência

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Ciência e arte: uma relação possível	13
2.1.1	Divulgando a Ciência por meio da arte: uma breve reflexão	15
2.1.2	O teatro como instrumento de divulgação científica	18
2.1.3	Teatro das formas animadas	19
2.2	A História da Ciência em cena: refletindo sobre algumas produções cênicas com temas científicos	21
2.3	Uma narrativa histórica sobre a música	26
2.3.1	As ideias de Pitágoras	26
2.3.2	A música no Renascimento	28
2.3.3	Kepler: Vida e as ideias sobre o movimento dos planetas.....	34
2.3.4	Kepler e o som do Universo: Um olhar para a obra <i>Harmonices Mundi</i>	40
3	A DESCRIÇÃO METODOLÓGICA	49
3.1	A natureza da pesquisa	49
3.1.1	O tipo de pesquisa	49
3.1.2	Os sujeitos e locus da pesquisa	49
3.1.3	A coleta dos dados e instrumentos	49
3.1.4	A análise dos dados	50
3.2	O produto educacional	50
3.2.1	O que é o produto?	50
3.2.2	Planejamento e elaboração do texto dramático.....	50
3.2.2.1	Apresentando o texto dramático	51
3.2.3	Elaboração de um material de apoio para o docente	53
3.2.3.1	A construção do teatro de bonecos	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1	A aplicação do produto em sala de aula	56
4.2	O olhar dos sujeitos sobre a aplicação da proposta e o produto educacional ...	62
5	CONSIDERAÇÕES	70
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICE A – ENTREVISTA E QUESTÕES	76
	APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	78
	APÊNDICE 1 – TEXTO DRAMÁTICO: HARMONICES MUNDI	80
	APÊNDICE 2 – MATERIAL DE APOIO PARA O DOCENTE	95
	ANEXO 1 – IMAGENS PARA OS BONECOS DE VARA	102
	ANEXO 2 – TERMO DE GRAVAÇÃO DA VOZ	107

1. INTRODUÇÃO

Sabemos que são diversas as dificuldades vivenciadas nas escolas de educação básica em relação ao alto índice de evasão escolar, o que impõe novas exigências educacionais, que estão além dos espaços formais de educação.

Dentro do ensino de Ciências, em especial da disciplina de Física, existe por vezes um distanciamento dos conteúdos trabalhados em relação à realidade dos estudantes, seja por desinteresse do estudante pela disciplina, pela ausência de materiais didáticos ou pela valorização do formalismo matemático dado a essa disciplina. É preciso, então, enfrentar esses desafios e solucionar essa problemática (ALMEIDA, 2021).

Pesquisadores da área de ensino de ciências entendem que o elo entre a arte e a ciência é uma possibilidade interdisciplinar, com o intuito de possibilitar também a comunicação da ciência, além de uma possibilidade para solucionar a problemática existente na escola. Algumas pesquisas desenvolvidas com esta temática focam nesta relação entre a ciência e a arte e mencionam o teatro como instrumento para este fim (GUSMÃO, 2009; MEDINA E BRAGA, 2010; SILVEIRA, 2011; OLIVEIRA E ZANETIC, 2004). Ao associarmos Ciência e Arte, também buscamos uma comunicação da ciência para o público em geral, e temos o teatro como instrumento para este fim, permitindo a quem o assiste uma possibilidade de reflexão sobre a ciência (SILVA, 2018).

Com o crescente número de iniciativas que procuram estabelecer essa ponte entre a ciência e a arte, a divulgação científica (DC) é uma área de pesquisa que vem se destacando no cenário educacional, por conseguir socializar o conhecimento científico, e diversas temáticas já foram apresentadas e disseminadas por meio do chamado “teatro científico” (MEDINA E BRAGA, 2010).

Pensando na sala de aula, este processo teatral é uma possibilidade de retroalimentação em que, a partir da arte, divulga-se o conhecimento científico, ao mesmo tempo em que o conhecimento científico proporciona a elaboração de apresentações artísticas, sejam através da montagem de peças de autores conceituados, de peças desenvolvidas pelos docentes ou, ainda, de textos elaborados pelos educandos.

No sentido de buscarmos compreender as relações existentes entre a ciência e a arte através da divulgação da ciência, dentro do espaço formal de educação, e como um docente que está inserido dentro desse espaço de educar compreende este instrumento de divulgação, por meio de nossa investigação procuramos responder: *Quais os desafios que o professor de Física encontra ao aplicar uma proposta que faça uso do teatro como recurso didático?*

Neste sentido, temos como objetivo elaborar uma narrativa acerca de como a ciência e a música se relacionam a partir de interpretações de estudiosos da ciência, e confeccionar uma proposta com o uso do teatro de bonecos de vara para abordar elementos da referida narrativa, a partir de um texto dramático, aplicar a referida proposta numa sala de aula de um professor de Física da educação básica e verificar junto a esse professor os desafios enfrentados nesse processo.

O texto encontra-se estruturado em quatro partes: o referencial teórico, em três subcapítulos; a descrição metodológica da pesquisa, também descrita em dois subcapítulos; além do capítulo de resultados, descritos em dois subcapítulos e as considerações.

No referencial teórico, nos atentamos, de início, a uma apresentação da possibilidade da relação da ciência com a arte, e a uma reflexão sobre a DC por meio da arte, trazendo o teatro como um importante instrumento/aliado para divulgar a ciência, além de trazer um tópico que discute especificamente o teatro de formas animadas e suas implicações no cenário educacional. Trazemos também um segundo subcapítulo que abordará “a história da ciência em cena: refletindo sobre algumas produções cênicas com temas científicos”. Na sequência apresentamos a narrativa histórica sobre a Física e a Matemática na Música, a partir das interpretações trazidas por estudiosos ao longo dos tempos, desde as ideias de Pitágoras até as ideias de Johannes Kepler para a Harmonia do Mundo (o “*Harmonices Mundi*”).

O capítulo da metodologia está disposto em uma descrição metodológica do trabalho de investigação (Natureza da Pesquisa) e na descrição da proposta didática (Produto educacional). E, por fim, apresentamos o produto educacional, o qual contempla o texto dramático e um material de apoio para o docente que deseje utilizar o teatro de bonecos de vara em suas aulas.

No penúltimo capítulo apresentamos os resultados, os quais estão dispostos em dois recortes: “a aplicação do produto em sala de aula” e “o olhar dos sujeitos sobre a aplicação da proposta e o produto educacional”, e por fim, tecemos algumas considerações sobre a pesquisa desenvolvida.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Ciência e arte: uma relação possível

Ciência e Arte são geralmente vistas como áreas distintas; no entanto, as aproximações entre esses dois campos do conhecimento são muito maiores do que comumente se imagina. Reis, Guerra e Braga (2016, p. 71) mencionam que as ideias artísticas e científicas são coesas, "levando a interpretações semelhantes a respeito do funcionamento do universo. Artistas e cientistas (ou filósofos naturais) percebem o mundo da mesma forma, apenas o representam com linguagens diferentes". Aliar a arte à ciência pode ter, além do seu papel cultural, uma discussão social, abrangendo assim um público mais amplo (FERREIRA, 2012).

Biesdorf (2012) nos revela que a arte é uma produção humana, uma vez que há uma necessidade de expressão por parte do homem, sendo esta tão antiga quanto o próprio homem. Isso é evidenciado, por exemplo, pelo fato de que o que restou da cultura pré-histórica foram as pinturas, que são uma forma de arte e uma forma de expressão do homem daquele tempo.

Assim, a arte está intrinsecamente ligada à produção humana, mantendo uma relação estreita com o seu contexto histórico (FERREIRA, 2012). O ser humano, por meio da expressão artística, busca retratar o seu ambiente social a partir de sua própria interpretação; assim, essa produção se configura como uma forma de manifestação social. Conforme Biesdorf (2012, n.p.), "a arte por meio de suas representações procura compreender as características próprias de um momento da sociedade e é uma forma de manifestação social. O artista usa a obra para relatar o seu momento".

Nesse sentido, a arte pode sofrer transformações culturais, adquirindo novos conceitos, significados, valores, perspectivas, entre outros aspectos, proporcionando, àqueles que a contemplam, a capacidade de compreender e influenciar o seu entorno (BIESDORF, 2012).

A ciência, por sua vez, também desempenha um papel social significativo, embora por muito tempo os cientistas tenham acreditado que ela fosse imune às questões sociais, destinada apenas aos estudiosos, ou seja, exclusiva daqueles que se dedicam à sua compreensão. No entanto, equívocos foram cometidos, uma vez que a ciência é igualmente um produto de construção social. Não podemos separar a ciência e distanciá-la da realidade cotidiana; não podemos criar um abismo entre a ciência na escola e a ciência na vida das pessoas (ZANETIC, 1989; 2006).

A arte, a ciência e a própria cultura, são reflexo de como uma determinada época vê a sociedade e a interpreta.

Ferreira (2012) diz que o fato de, erroneamente, colocarmos ciência e arte em lados opostos se dá pela percepção que o mundo tem de ambas: enquanto a arte é subjetiva, a ciência é racional, estando em extremos opostos. É preciso uni-las de forma que, ao olhar esse elo (ciência e arte), não as reduzimos a um instrumento uma da outra, mas as olhemos como aliadas para um processo de atividades científicas, de modo que em sua união se compreenda como a ciência e a arte são produzidas, e não sintetizando a arte a um mero papel de submissão à ciência, ou vice-versa.

Precisamos quebrar as barreiras que delimitam os temas e os tornam tão opostos. Benedicto (2021, p. 113) afirma que “expressar a relação ‘da ciência para a arte’ significa considerar as manifestações artísticas que de alguma forma utilizam produtos, técnicas ou conceitos científicos em suas produções”.

Conforme Benedicto (2021, p. 136) “tratar a arte como objeto da ciência é colocá-la como foco dos estudos sistemáticos inerentes a atividade científica”, sendo que a arte tem em seu teor subjetiva, em que diante de um público, pode haver diversas percepções sobre ela, pois o artista tem uma visão e o público outra. Já para Bizzocchi (2003, p. 89, *apud* Benedicto, 2021, p. 42), “a ciência é o processo de produção do conhecimento para a satisfação da curiosidade existencial; que a arte é o processo de produção de objetos simbólicos para alimentar a sensibilidade”

Sendo assim, arte e ciência são produções humanas nas quais o homem tenta compreender e questionar o nosso mundo, buscando uma conexão com ele, sem isolar questões externas, que por vezes são simples e, em outras ocasiões, complexas. Tanto o artista quanto o cientista interpretam e representam essas questões por meio de seus métodos de produção de conteúdo, sempre trabalhando para que alcancem um público (BENEDICTO, 2021).

De acordo com Silveira (2011, p. 59) “apesar de distintas, tanto a arte como a ciência são formas de levar o homem a pensar, a discutir sobre o seu espaço num todo, tendo em comum o objetivo de desenvolver a criatividade”, ou seja, através da arte, podemos discutir assuntos científicos relacionados a questões sociais, humanizando a ciência exata e tornando-a cativante para o público.

Uma das abordagens utilizadas por estudiosos para levar essas produções ao público é por meio da DC. A DC tem ganhado destaque ao conseguir unir ciência e arte. Através dessa divulgação, talvez possamos proporcionar a alfabetização científica para pessoas que não tiveram acesso ao conhecimento científico (BUENO, 2005; SILVA, 2018).

2.1.1. Divulgando a ciência por meio da arte: uma breve reflexão

A DC vem crescendo e ganhando espaço, não apenas fora do contexto educacional, mas também dentro dele. Seu principal desafio é tornar o conhecimento científico acessível de forma coerente para o maior número possível de pessoas. Dessa forma, a DC emerge como uma grande aliada para facilitar a interação entre a Ciência e o público.

Cunha (2019, p. 15) define a divulgação científica como “as formas pelas quais podemos difundir e/ou tornar público o conhecimento científico”, enquanto Bueno (1985, p. 1421) a descreve como “o uso de processos e recursos técnicos para a comunicação da informação científica tecnológica ao público em geral”. Geralmente, esse público não tem acesso ao que a ciência produz e, quando tem, não consegue compreender.

Benedicto (2021, p. 147) nos traz que:

Uma das estratégias é a própria maneira de construir o texto de divulgação, pois diferentes veículos desses textos terão diferentes públicos. [...] As revistas, os livros, e os quadrinhos complementam os meios impressos [...] programas, canais de televisão, além de canais e programas na internet [...] o cinema [...]

As atividades de DC vem crescendo e se disseminando nos espaços formais e não formais de ensino, seja na mídia, na escola, nos museus, em manifestações lúdicas e artísticas (CALDAS, 2004 *apud* SILVA, 2018). No entanto, mesmo com o notável crescimento dessas atividades, ainda há falta de recursos para que ocorram de maneira mais eficiente.

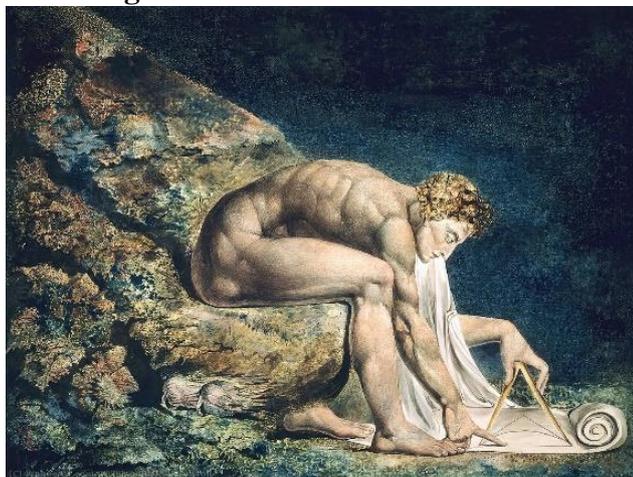
Quando falamos da divulgação da ciência através da arte, podemos imaginar as diversas possibilidades de representações dessa relação. Seja na literatura, com poesias e cordéis, nas artes plásticas, na música e no cinema, ou no teatro, que pode levar o espectador a reflexões éticas sobre a ciência e seu papel transformador dentro da sociedade.

Reis, Guerra e Braga (2006), ao discutirem as relações entre Ciência e Arte, principalmente entre Física e pintura, com o objetivo de apresentar uma abordagem cultural para a ciência, nos levam por diferentes momentos da história, desde a revolução científica até o século XX. Em uma das passagens, os autores mencionam que:

O pintor e poeta inglês William Blake, em seu quadro *Newton*, de 1795, retrata o cientista como um demiurgo fechado sobre si mesmo, perdido em abstrações matemáticas, de costas para a riqueza do mundo que o cerca. O pintor espanhol Francisco Goya, em obras como *Fuzilamento* e *Sonho da razão*, reflete e questiona para onde a razão científica (iluminista) estava levando a humanidade (REIS, GUERRA e BRAGA, 2006, p. 74)

As Figuras 1 e 2 ilustram as pinturas comentadas por Reis, Guerra e Braga dos artistas William Blake e Francesco Goya.

Figura 1- William Blake – Newton



Fonte: <https://pt.wahooart.com/@/7Z4Q6G-William-Blake-Newton>

Figura 2- Obras de Francesco Goya. Tela à esquerda - Os fuzilamentos da moncloa, e tela à direita- O sonho da razão produz monstros.



Fonte: LELLIS (2022)

Em “Representações da ciência e da tecnologia na literatura de cordel”, os autores Almeida, Massarani e Moreira (2016) sugerem que a convergência da ciência e da literatura de cordel tem potencial para aproximar as culturas científica e popular, além de permitir a fomentação do pensamento crítico sobre as relações entre sociedade e ciência, sendo, portanto, um instrumento interessante de educação e popularização da ciência.

Também é possível nos depararmos com as iniciativas de aproximação entre ciência e arte em filmes de ficção. Atualmente, com o advento da tecnologia, é possível fazer uma transdisciplinaridade envolvendo artistas e cientistas, em que o avanço tecnológico acaba por favorecer as produções cinematográficas, tornando os filmes mais atrativos. Um exemplo disso são os filmes "Perdidos em Marte", que aborda a exploração e colonização de Marte e seus

desafios, e "Interestelar", que discute viagem no espaço e traz reflexões sobre relatividade, dilatação do tempo e buracos negros nas telas dos cinemas (SANTOS, RIGOLIN, 2012; BENEDICTO, 2021).

No campo da música, essa relação tem origem no surgimento da ciência moderna. Se considerarmos letras de músicas que abordam temas científicos, especialmente na música popular brasileira, encontramos um vasto universo de possibilidades. As letras fazem referência a conceitos e teorias científicas, a eventos científicos ou tecnológicos marcantes e também exploram os diversos impactos dos avanços tecnológicos na sociedade e no ambiente, além de abordarem a vida de estudiosos e cientistas (MOREIRA e MASSARANI, 2006).

No teatro, a ciência é abordada em diversos espetáculos, tanto no âmbito acadêmico, como fora da academia. As universidades, fundações e companhias¹ desenvolvem e fazem uso do teatro científico², apresentando a ciência relacionada e não desassociada de questões de ordem social, econômica e política (SILVEIRA, 2011).

O que o teatro faz é pensar a nossa existência, a nossa vida; se a ciência faz parte da nossa vida, então ela tem que estar no teatro [...] o teatro é uma ferramenta poderosa de divulgação científica, capaz de levar ao público a ciência em primeiro plano e de estimular a reflexão sobre a relação entre ciência e sociedade (PALMA, 2006, *apud* MASSARANI e ALMEIDA, 2006, p. 234).

A compreensão do papel social da ciência para o público é de suma importância, pois permite que as pessoas entendam o mundo em que vivem e como ele se desenvolve por meio da manifestação de novos estudos e conhecimentos, assim como ocorre na arte (CANDOTTI, 2003; MASSARANI; ALMEIDA, 2006; SILVA, 2018; ZANETIC, 2006).

Dessa forma, a divulgação da ciência, considerando aspectos éticos, morais, sociais e de riscos, deve ser realizada de maneira responsável, clara e objetiva para o público em geral. Essa abordagem também pode ser alcançada por meio do teatro, o que também pode ser possível por meio do teatro.

¹ A companhia "Arte e ciência no palco", dirigida por Carlos Palma desde 1998, monta peças cujo foco principal são temas ligados à ciência, dentre as quais destacamos: *Einstein*, *Copenhagen*, *20.000 Léguas Submarinas*, *E Agora, Sr. Feynman?* e *A Dança do Universo*.

² Terminologia que se convencionou para designar o teatro que aborda questões relacionadas à ciência

2.1.2. O teatro como instrumento de divulgação científica

O teatro, segundo Silveira (2011, p. 51), “é o lugar onde atores e espectadores podem representar ou ver representados seus dramas, suas comédias, suas tragédias... sua humanidade”, nele o homem pode expressar a sua compreensão de mundo.

O teatro é um instrumento importante que pode contribuir para um processo de resgate e valorização sensorial, ao mesmo tempo que auxilia na interpretação e leitura das imagens que circulam na sociedade. A ação teatral busca trabalhar a sensibilidade, emoções, percepções, entre outros aspectos. As relações entre ciência e questões sociais podem ser exploradas por meio do teatro, proporcionando coragem para se arriscar, descobrir e expressar críticas, expondo diferentes formas de pensar (OLIVEIRA; ZANETIC, 2004; PALHANO, 2005).

Dessa forma, o teatro pode contribuir para que conteúdos sejam percebidos, sentidos e aprendidos de forma mais prazerosa e crítica, uma vez que oferece diferentes maneiras de representar o mundo e promove reflexões sobre a ética da ciência e seu papel social transformador. Isso permite que tenhamos a possibilidade de fazer escolhas no mundo em que vivemos.

Uma vez que questões éticas permeiam todas as áreas das ciências e não se limitam aos espaços formais de ensino, é necessário abordá-las com o público em geral, utilizando a História e Filosofia da Ciência (HFC) como recursos para destacar as diversas ideologias envolvidas (MATTHEWS, 1995).

Além disso, o teatro desempenha um papel importante na educação, especialmente quando se utiliza a abordagem crítica do teatro de Brecht. Bertholt Brecht, um teórico e dramaturgo alemão, buscava, por meio do teatro, aprofundar a comunicação com nossa realidade, permitindo-nos enxergar além do cotidiano. Seu teatro tinha como objetivo provocar dúvidas e questionamentos, nunca fornecendo respostas prontas, mas sempre surpreendendo o público e fazendo com que se identificasse com os personagens, colocando-se dentro da situação. Nesse contexto, o teatro de Brecht não tinha como foco principal o espetáculo em si, mas sim o aprendizado, que era explorado por meio da consciência da plateia e das emoções dos atores, promovendo o desenvolvimento da consciência crítica (SILVEIRA, 2011; MELO, 2020).

Para Melo (2020, p. 39), o teatro de Brecht pode ser usado “como recursos para a criação dos textos dramáticos e a estruturação da peça”. Segundo a autora, esses elementos podem apoiar atividades lúdicas e didáticas. Assim, “por meio da atividade teatral é possível motivar a

busca do conhecimento com alegria, permitindo que a aprendizagem ocorra vinculada a um momento prazeroso” (ALMEIDA, 2021, p. 23).

Dentro das universidades, surgem grupos de trabalhos que buscam a unificação da ciência com a arte por meio do teatro para abordar temas e assuntos de e sobre ciência, como, por exemplo, o *Teatro Científico* e o *Show de Ciência*, ambos pertencentes à *Seara da Ciência*, que faz parte do Museu de Ciências da Universidade Federal do Ceará; o *Grupo Impetus*, vinculado ao Departamento de Física do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba; e a companhia *Núcleo Arte e Ciência no Palco*, da Fundação Oswaldo Cruz (SILVEIRA, 2011).

Em vista das várias abordagens possíveis, o teatro possui uma capacidade didática e de divulgação ampla, que pode ser explorada em diversos contextos e momentos históricos. No entanto, é importante ressaltar que essa relação não deve prescindir da presença da HFC, uma vez que está interconectada com outras áreas da cultura (SILVEIRA, 2011).

2.1.3. Teatro de formas animadas

Na possibilidade de expansão das experiências lúdicas, o Teatro de Animação surge como uma prática satisfatória que, dentro da sala de aula, proporciona a crianças, jovens e adultos a expressão e o aprofundamento de ideias e sentimentos por meio das performances. Nesse teatro, os personagens, mesmo que sejam objetos, são animados por atores-manipuladores, que expressam suas impressões artísticas por meio da manipulação, permitindo que o objeto transmita o texto dramático e estabeleça uma constante "relação entre o objeto animado, o ator manipulador e o público" (LINO, 2012, p. 11). Essa manipulação intencional dos objetos cria uma conexão com o público, pois os objetos se tornam o foco de sua atenção (BALARDIM, RECIO, 2019).

O Teatro com bonecos, sombras e máscaras está presente na história de diversas culturas e povos, surgindo como forma de expressão artística. No Oriente, o teatro de bonecos era manipulado para combinar a poesia e a musicalidade das palavras com gestos simbólicos da dramaturgia, muitas vezes associados a rituais, como os funerais na China e as cerimônias xintoístas no Japão, tradições que persistem até hoje nos templos (LINO, 2012).

No Ocidente, esse tipo de teatro estava ligado à expressão do povo, como na pantomima, e se destacava pela espetacularidade dos bonecos. Muitas tradições ocidentais remontam à Itália, onde artistas, devido a fatores sociais, em busca de uma vida melhor, deixaram o país e

difundiram seu trabalho, disseminando essa forma de arte por toda a Europa. Suas técnicas mais refinadas despertaram o interesse do público por esse tipo de teatro (LINO, 2012).

No Brasil, temos observado um crescimento mais evidente, pelo menos nos últimos 60 anos, na região Nordeste do país, que sofreu uma maior influência europeia em comparação com outras regiões. Essa forma de teatro é mais popular entre as camadas sociais mais populares, e um destaque notável é o mamulengo³, que ainda é amplamente utilizado no interior de Pernambuco e em alguns estados nordestinos. Trata-se de um espetáculo ao vivo em que o público pode assistir e participar, permitindo que um mesmo texto seja apresentado de diferentes maneiras (LINO, 2012).

Existem diversas variedades de teatro de bonecos, tais como o Boneco de Sombra, com foco de luz projetado sobre tela; o Boneco de Luva (fantoche), manipulado pelo ator com as mãos; o Boneco de Vara, que é acoplado a hastes, permitindo a manipulação de partes do boneco pelo ator; a Marionete ou Boneco de Fio, que é manipulado por fios pelos atores, entre outros (LINO, 2012).

Dentro do contexto educacional, enfrentamos várias dificuldades ao compor um espetáculo de teatro de bonecos. Essa forma de arte demanda o uso de diversos materiais e espaços alternativos dentro da escola, além de exigir uma formação docente adequada. De acordo com os PCNs (1998), a escola deve fornecer o espaço e os materiais básicos para a realização desse tipo de atividade. No entanto, não podemos ignorar a realidade de muitas instituições escolares, e, nesse sentido, precisamos nos adaptar a ela.

Balardim e Recio (2019) destacam que, ao considerarmos o teatro de bonecos como uma proposta de aprendizagem no contexto educacional, é fundamental pensar na formação dos docentes. Os autores ressaltam a importância dos conhecimentos e da formação dos profissionais de teatro, mas também defendem que esses conhecimentos possam ser incorporados à formação de docentes que desejam trabalhar com o teatro de formas animadas. Portanto, é necessário que esses professores adquiram um conjunto de competências formativas para realizar essa prática.

Nesse sentido, a produção de material didático específico para esse fim é um primeiro passo para possibilitar a implementação de ações desse tipo nos ambientes educacionais, contribuindo assim para o desenvolvimento tanto dos professores quanto dos estudantes que buscam conhecimentos nessa área. Portanto, é fundamental investigar como uma proposta que

³ [Brasil: Nordeste] Fantocheda, representação teatral com bonecos, geralmente em épocas de festividade. MAMULENGO. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2023. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/mamulengo/>. Acesso em: 20/07/2023

utiliza o teatro de formas animadas para abordar temas de ciência é realizada, especialmente os desafios enfrentados pelo professor que adota essa abordagem pedagógica em sua sala de aula.

2.2. A História da Ciência em cena: refletindo sobre algumas produções cênicas com temas científicos

A História da Ciência, aliada ao teatro, pode permitir por meio da cena discussões sobre alguns elementos da Natureza das Ciências, a exemplo de que a ciência não está pronta, que o conhecimento científico se modifica, que ele está sujeito a rupturas e que outros novos conhecimentos surgem, que a ciência é feita por seres humanos, isto é, sujeitos sociais, que enfrenta problemas e desafios de ordem social, política e econômica, levando o público a compreender aspectos importantes para esse processo de construção do conhecimento científico.

A História da Ciência é, por vezes, tema de peças teatrais, como: “*Einstein*” de Gabriel Emanuel, “*Os Físicos*” de Dürrenmatt, “*Copenhagen*” de Michael Frayn, “*O caso Oppenheimer*” de Kipperdt, “*Vida de Galileu*” de Berthold Brecht, “*A dança do Universo*”, “*Da Vinci pintando o sete*” ambas de Oswaldo Mendes, “*Perdida, uma comédia quântica*” de José Sanchis Sinisterra, “*Quebrando Códigos*” de Hugh Whitemore, “*E agora Sr. Feynman?*” de Peter Parnell.

A peça “Einstein”, escrita pelo dramaturgo canadense Gabriel Emanuel, se passa em 1949 e traz à tona memórias da infância e juventude do personagem, tais como, seu relacionamento familiar, suas dificuldades escolares, sua origem judaica e o domínio nazista na Alemanha de 1930. A peça teve diversas montagens em países como: Estados Unidos, México, Chile, Portugal, Argentina, Espanha, Índia, e no Brasil foi montada pelo Núcleo Arte e Ciência no Palco, e apresentada em 1998 em São Paulo. Carlos Palma, ator que interpreta o personagem nesta versão brasileira, em entrevista concedida a Massarani e Almeida, diz que:

De maneira geral, trabalhar em cima de fatos históricos em vez de usar a ficção é também o que se faz lá fora. Primeiro porque esses personagens históricos são sempre atraentes, seja um artista de cinema, um escritor ou um cientista. Quando alguém faz algo de importante, queremos saber como foi a vida dessa pessoa... Essas peças podem contribuir, de certa maneira, para a formação intelectual das pessoas. Muitos não leriam um livro sobre a vida de Einstein, mas assistiriam a uma peça sobre ele. O teatro, ao representar esses personagens e todo o mundo artístico a seu redor, torna essas histórias atraentes. Em uma hora e meia de espetáculo, as pessoas aprendem alguma coisa sobre esses personagens, divertindo-se e se emocionando (PALMA, 2006, p. 238)

Ao ser questionado sobre o processo de montagem de “Einstein”, Carlos Palma, destaca:

O que me interessou em Einstein foram as questões humanas do personagem. Mas, para entender Einstein como pessoa social e existencial, eu tinha que entender o que ele fez e o que ele dizia na peça. Se ele falava sobre a deflexão da luz, eu tinha que saber o que era esse negócio; se dizia que o espaço se curva na presença de uma massa enorme, era preciso entender o significado disso. Foi aí que comecei a ler sobre sua obra. Dei um pulo bem grande, nem passei pela física clássica e já fui para a moderna, procurei entender o que era relatividade, espaço e tempo. Aos poucos, fui percebendo o quanto era artístico o que ele propunha (PALMA,2006, p. 235)

A Figura 3, ilustra cena da peça “Einstein”, na versão do Núcleo Arte e Ciência no Palco.

Figura 3- Cena da peça “Einstein”.



Fonte: Palma (2006).

Outra peça montada pelo Núcleo Arte e Ciência no Palco foi a Copenhague, escrita em 1997 pelo dramaturgo inglês Michael Frayn, é uma trama que reúne suspense, amizade, mistério e espionagem, tendo a ética e a responsabilidade dos cientistas como temas das conversas que aconteciam entre os espíritos dos personagens Niels Bohr, Werner Heisenberg e Margrethe Norlungue. A trama é enriquecida com diversas metáforas físicas, tendo como principais assuntos os princípios de incerteza e de complementaridade, além da questão da energia nuclear (SILVEIRA, 2011).

A primeira apresentação de Copenhague foi no ano de 1998, em Londres. Em seguida foi apresentada no Royale Theatre, na Broadway, no ano de 2000... No Brasil, o Núcleo Arte e Ciência no Palco, da cooperativa Paulista de Teatro foi o responsável pela montagem de Copenhague. O texto teve tradução de Aimar Labaki, direção de Marco Antônio Rodrigues e no elenco, Carlos Palma (Werner Heisenberg), Oswaldo Mendes (Niels Bohr) e Selma Luchesi (Margrethe Bohr) e com o grande sucesso de palco, a peça foi contemplada com algumas premiações como o Prêmio Estímulo Flávio Rangel 2001(Governo do Estado de São Paulo) e Prêmios Qualidade Brasil 2001, nas categorias de melhor direção e melhor espetáculo (SILVEIRA, 2011, p.65).

De acordo com Palma(2006), quando questionado sobre as versões norte-americana, inglesa e brasileira para a obra *Copenhague*, disse que apenas assistiu à norte-americana, cujo diretor é o mesmo da produção inglesa, e destaca que a sonoplastia foi feita apenas com três inserções musicais “a campainha, uma gaivota e a bomba atômica. ... Os ingleses e os norte-americanos estiveram envolvidos diretamente com essa questão... falar de bomba atômica e de Segunda Guerra Mundial é difícil, está na carne. Agora, imagina fazer isso aqui no Brasil” (PALMA, 2006, p. 240), considerando o nosso espírito latino e vigor emocional.

Segundo Silveira (2011, p. 66), que também estudou a obra *Copenhague* em pesquisa de doutoramento

O encontro ocorreu, em outubro de 1941, Heisenberg, professor de Física Teórica na Universidade de Leipzig, liderava o programa alemão para investigar a possibilidade de fabricação de uma bomba atômica, “bomba do mal”, que poderia propiciar Hitler o domínio do mundo. Nesse período, a Alemanha Nazista já havia ocupado a Polônia, Bélgica, Holanda, Noruega, parte da França e a Dinamarca, onde Bohr encontrava-se isolado em sua casa, na cidade de Copenhague. Quanto à bomba, pode-se dizer que Bohr encontrava-se numa posição oposta à de Heisenberg, já que estava com sua atenção voltada para os Estados Unidos, onde grandes físicos engajados no projeto Manhattan tentavam criar a “bomba do bem”, arma que seria usada para derrotar Hitler, o que, em situação oposta a de Heisenberg, tinha a atenção voltada aos Estados Unidos, onde se encontravam para a criação da “bomba do bem”.

No dia do encontro, Heisenberg havia sido convidado por Bohr para jantar em sua casa porém, pouco se sabe sobre o que conversaram (MARTINS, 2006; ABDALLA, 2006; DÖRRIES, 2005 *apud*, SILVEIRA, 2011). “É sobre este mistério que Michael Frayn divagou por meio de várias hipóteses poéticas, vivenciadas na peça através de fantasmas que se voltam ao passado, e reencenam as mais diversas situações com diálogos hipotéticos sobre o que poderiam ter conversado” (SILVEIRA, 2011, p. 66).

A Figura 4, ilustra cena da peça “Copenhague”, em versão montada para fins de pesquisa realizada por Silveira (2011).

Figura 4- Cena da peça “Copenhague”.



Fonte: SILVEIRA (2011).

Dentre as diversas montagens que abordam temas de ciência, em especial aspectos da História da Ciência no palco, não poderíamos deixar de trazer considerações sobre a obra “Galileu Galilei” de Bertolt Brecht. De acordo com Almeida e Silveira(2022), a primeira versão da obra foi escrita por volta dos anos 1938 e 1939 na Alemanha. Depois, uma outra versão foi escrita em 1947 nos Estados Unidos, com a participação de Charles Laughtan, e uma terceira versão, considerada versão final, foi escrita em alemão entre os anos de 1954 e 1955, que depois foi trazida e traduzida para o português no Brasil por Roberto Scharz, com título “A vida de Galileu”.

Tal peça é composta por quinze atos e 48 personagens e explora os conceitos que Galileu cativava pelos seus estudos científicos e por suas diversas descobertas e teorias, assim como seu constante conflito ou suas tentativas de manipulação com aqueles que detinham o poder maior perante a sociedade – os quais renegavam seus trabalhos e suas ideias por não condizerem ou irem realmente contra o que se acreditava, que até então estava provado nas antigas escrituras (ALMEIDA e SILVEIRA, 2022, p. 2).

Seguindo o pensamento de Antunes (2013) *apud* Almeida e Silveira (2022), somos levados a acreditar que Brecht admirava o estudioso italiano por acreditar na existência de fatos semelhantes em suas vidas.

É possível que Brecht percebesse em Galileu questões muito próximas das que ele próprio encontrava, principalmente em relação à busca da sobrevivência em um ambiente dominado por interesses nem sempre compreensíveis pela lógica (ANTUNES, 2013, *apud* ALMEIDA e SILVEIRA,2022, p. 3).

A Figura 5, ilustra cena da peça “Galileu Galilei” em versão montada no Brasil, dirigida por Cibele Forjaz

Figura 5 - Cena da peça “Galileu Galilei”.



Fonte: <https://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2016/04/denise-fraga-vive-galileu-galilei-de-bertold-brecht-em-brasilia.html>.

Gostaríamos de destacar o *Grupo Impetus*, vinculado ao Departamento de Física do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, que também desenvolve algumas ações com este fim. Dentre as montagens que trazem reflexões sobre a ciência e aspectos relacionados à história, foi montada em 2017 a peça “Ah, esse calor!”, texto que foi criado pela autora Ângela Maria Barbosa Fernandes⁴, e atualmente o grupo vem realizando estudo para a montagem da peça “*Harmonices Mundi*”, baseada nesta pesquisa de mestrado.

Na peça “Ah, esse calor!”, os personagens que dão vida ao texto são: Homem, Mulher, Narrador e Narradora, sendo os dois primeiros responsáveis por apresentarem situações diversas vivenciadas por um casal e que são expressas por meio do diálogo, e os outros dois personagens, os responsáveis por relacionarem as situações dialogadas às diversas interpretações do calor ao longo dos tempos. Para a criação do texto dramático, a autora se fundamentou teoricamente no texto *Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos*, de autoria de Silva, Forato e Gomes (2013).

O texto dramático está disposto em sete atos: No primeiro ato, os personagens abordam as ideias de Empédocles e Aristóteles, sobre o calor, e, em seguida, no segundo ato discutem o pensamento dos atomistas sobre os quatro elementos da natureza e sua relação com o conceito de calor. Na sequência do texto, tem-se a interpretação da alquimia no século XV e no quarto ato os personagens discutem os conceitos de flogístico e calórico. A calorimetria e as ideias de Lavoisier sobre o calor discorrem nos atos quinto e sexto. Por fim, no sétimo ato, os personagens tratam do calor, enquanto forma de energia, conceito atualmente aceito cientificamente. A Figura 6, ilustra cena da peça “Ah, esse Calor!”, em pesquisa realizada por Silva e Silveira (2019).

Figura 6 - Cena da peça “Ah, esse Calor!”.



Fonte: Silva e Silveira (2019).

⁴ A autora do texto foi estudante deste programa de pós graduação, e seu estudo resultou na escrita da dissertação.

A HFC se constituem de instrumentos estratégicos, interessantes e com grandes possibilidades, para permitir que o aluno possa entender o cientista como ser humano e a ciência não como uma obra acabada, mas como um processo de permanências e rupturas (SILVEIRA, 2011).

2.3. Uma narrativa histórica sobre a música

2.3.1. As ideias de Pitágoras

Pitágoras (569? – 470? a.C.) é considerado um dos primeiros matemáticos do Ocidente e de suma importância para o desenvolvimento da teoria musical. Embora não existam escritos feitos por ele, há biografias de sua vida escritas por outros autores (PRADO, 2010). Ele iniciou um longo estudo sobre a música, conduzindo experimentos com diversos objetos para testar a reprodução sonora. No entanto, o experimento mais marcante de Pitágoras na história foi o do monocórdio, que registrou pela primeira vez a relação entre a música e a matemática/física (PEREIRA, 2010; PRADO, 2010).

De acordo com Prado (2010), o monocórdio foi supostamente criado por Pitágoras, e por meio de seus experimentos, ele organizou e estruturou o conhecimento musical que se tornou a base de toda a música ocidental. Este instrumento é, segundo Prado (2010, p. 42):

[...] composto por uma única corda estendida entre dois cavaletes fixos sobre uma prancha plana de madeira. Há ainda um cavalete móvel, que tem altura maior que a distância entre a corda e o plano, que, quando colocado sob a corda estendida, possibilita dividir a corda em duas seções (PRADO, 2010. p. 42).

Neste instrumento⁵, o experimento que Pitágoras realiza consiste em esticar a corda entre os dois cavaletes fixos, variando o comprimento com o cavalete móvel e puxando a corda rapidamente por uma palheta. Isso faz com que a corda produza ondulações rápidas, gerando um movimento no ar ao redor. Essas ondulações são percebidas como notas musicais. A Figura 7 ilustra o monocórdio de Pitágoras.

⁵ O instrumento apresentado, foi construído com o apoio de recurso financeiro de projeto vinculado ao Grupo de História da Ciência e Ensino (GHCEN).

Figura 7 – Monocórdio

Fonte: Elaboração própria

A velocidade com que a corda vibra, a tensão na corda e a espessura da corda, também interferirão no som final produzido. De acordo com Prado (2010, p. 42):

Quanto mais curta for a corda, mais rapidamente ela irá vibrar e o som será mais agudo. Quanto mais longa for a corda, mais lentamente irá vibrar, produzindo um som de frequência mais baixa e, portanto, mais grave. No caso da tensão, quanto mais tensionada estiver a corda, mais rápido serão as vibrações, portanto mais agudo o som produzido. Analogamente, quanto menos tensionada a corda, mais devagar ela irá vibrar e mais grave será o som produzido (...) A corda mais espessa no violão é geralmente de metal e é responsável pela nota mi. Quanto mais espessa a corda, mais pesada e, portanto, mais devagar ela irá vibrar, portanto quanto mais fina a corda, mais leve e mais rápido a corda irá vibrar. Essa relação permite conseguir reproduzir alturas tonais mais agudas ou mais graves sem a necessidade de um comprimento muito pequeno ou muito grande da corda (PRADO, 2010, pp. 42-43).

Ao comparar o som produzido com a corda solta e o som produzido por um determinado comprimento da corda, Pitágoras percebeu um espaço entre o som mais grave e o mais agudo, denominado *intervalo*. Ele percebeu que uma sucessão de intervalos produziria uma melodia. Segundo Prado (2010), ao estudar os diversos intervalos produzidos pelo monocórdio, Pitágoras notou que alguns intervalos eram mais agradáveis do que outros, e esses eram formados por razões simples de números inteiros. Esse experimento com o monocórdio reforçava, conforme Pereira (2010), o dogma aritmético de Pitágoras, no qual a natureza podia ser explicada e sistematizada através dos primeiros quatro números inteiros (1, 2, 3 e 4).

Para os intervalos musicais do experimento, foram associadas as razões da divisão da corda, $1/2$, $2/3$, $3/4$, respectivamente, oitava, quinta e quarta, em que ele considerava consonâncias perfeitas. E, ainda mais, de acordo com Prado (2010, p. 44):

Em seu experimento, Pitágoras observou que pressionando um ponto situado a $3/4$ do comprimento da corda e tocando-o, ouvia-se uma quarta acima do tom emitido pela corda inteira. Analogamente, quando tal ponto era pressionado a $2/3$ do tamanho da

corda, ouvia-se uma quinta acima e a $1/2$ obtinha-se a oitava do som original (PRADO, 2010, p. 44).

Pitágoras ainda associou outras razões às consonâncias "imperfeitas" aos intervalos musicais: sexta maior ($5/3$), terça maior ($5/4$), terça menor ($6/5$) e sexta menor ($8/5$). Como ele não admitia o uso de números irracionais para a representação dos intervalos, encontramos aqui limitações no sistema musical pitagórico. A primeira delas é que ele só permitia que os intervalos fossem representados por razões comensuráveis de números inteiros, o que resulta em uma forte distinção entre consonância e dissonância. A segunda limitação é que os resultados desse experimento com o monocórdio se aplicavam a qualquer outro sistema físico que emitisse som (PEREIRA, 2010; PRADO, 2010).

Para a construção da escala musical, é necessário estabelecer uma relação entre duas notas musicais, selecionando quais entrarão nessa relação. O intervalo a ser considerado para essa construção de escalas é o de uma oitava, pois é considerado o mais perfeito das consonâncias. Conforme Prado (2010, pp. 45-46), “quando dobramos a frequência de uma nota, esta nota ‘sobe’ uma oitava, mas nós a identificamos como tão parecida que acaba por ser a mesma nota, apenas uma oitava “mais alta””. Para Pereira (2010), essa é a contribuição mais significativa do experimento, pois envolve a percepção de notas mais graves ou mais agudas em relação ao intervalo de uma oitava.

Prado (2010) afirma que Pitágoras, ao criar sua escala, utilizou intervalos de quintas para gerar as notas. Conforme Pereira (2010, p. 26), “a construção de escala resulta na obtenção de quintas compostas reduzidas posteriormente a notas equivalentes na oitava, ou seja, supondo que uma nota inicial dó é produzida por 1, sua quinta será produzida por $2/3$, equivalente à nota sol”. Isso resultou na seguinte escala diatônica: dó (1), ré ($8/9$), mi ($64/81$), fá ($3/4$), sol ($2/3$), lá ($16/27$), si ($128/243$), dó ($1/2$). Mesmo que tenham sido criadas outras escalas, a escala pitagórica é a que perdurou na música ocidental. Dessa forma, na escala formada, cada nota possui várias versões mais agudas ou mais graves.

2.3.2. A música no Renascimento

Os estudos de Pitágoras sobre a música foram transmitidos para a Idade Média principalmente por meio da obra *De Institutione musica*, escrita por Boécio (475-524) no início do século VI d.C. Nesse período, a música era considerada uma ciência e fazia parte do grupo das matemáticas, juntamente com a Aritmética, a Geometria e a Astronomia, que compunham

o *Quadrivium*, termo utilizado por Boécio. Isso refletia uma perspectiva aristotélica em relação à música (BROMBERG, 2014; PRADO, 2010).

Boécio dividiu as ciências matemáticas em dois tipos, como explica Bromberg (2014, p. 10), “em dois tipos: a contínua e a discreta”, e enquanto as ciências Aritmética e Música estavam relacionadas com números, a Geometria e a Astronomia estavam relacionadas com magnitude. Boécio argumenta que a música era considerada uma ciência devido ao fato de ser compreendida pelo intelecto. Não era suficiente que os músicos apenas apreciassem as canções, mas também que as compreendessem e aprendessem por meio das proporções que estruturavam os sons internamente (BROMBERG, 2014).

Conforme Bromberg (2014), Boécio via a música como um objeto de ordem numérica e de natureza quantitativa, por isso os intervalos musicais eram definidos por razões de números inteiros, seguindo a doutrina pitagórica. Alguns autores medievais interpretaram suas obras como um esforço para conciliar as filosofias pitagóricas e aristotélicas. De acordo com Prado (2010), a obra de Boécio, *De Institutione musica* influenciou a maioria dos tratados de teoria musical na Idade Média e continuou a exercer influência na Renascença. Isso ocorreu porque a música deixou de ter uma abordagem matemática-especulativa e passou a se concentrar na resolução dos problemas das teorias musicais.

As manifestações musicais foram se desenvolvendo, tornando a execução das músicas mais complexa, especialmente ao combinar melodias distintas na execução musical. Inicialmente, essas combinações só eram possíveis com vozes, pois o ouvido humano conseguia se adaptar às pequenas variações de frequência, o que não era viável com os instrumentos, pois tornava os sons dissonantes (PRADO, 2010). O surgimento da polifonia⁶ veio a desafiar as ideias pitagóricas sobre a música, uma vez que as duas eram incongruentes.

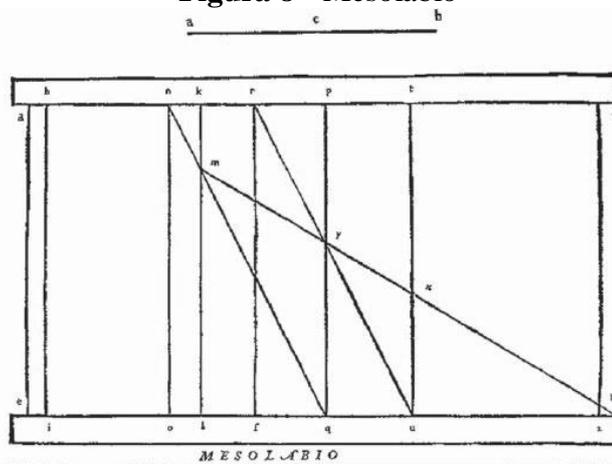
No Renascimento, caracterizado pela aproximação entre teoria e prática, a música não foi exceção. Os estudos matemático-experimentais representaram uma mudança no enfoque dado à compreensão dos conceitos acústico-musicais, questionando os pressupostos pitagóricos que perduraram por cerca de dois mil anos. Como descreve Prado (2010, p. 49), esses pressupostos afirmavam que “consonâncias musicais eram geradas por razões entre os números 1, 2, 3 e 4 e intervalos musicais somente por razões comensuráveis”. Com o advento da polifonia, surgiu a revelação de que havia um problema com o experimento do monocórdio. Prado (2010, p. 49) explica que, ao analisar os intervalos de quinta ($2/3$) e oitava ($1/2$), “constata-se que não existem m e n , inteiros positivos tais que $(2/3)^m$ seja igual a $(1/2)^n$, o que

⁶ Compreendido como uma combinação simultânea de várias melodias e/ou efeito que resulta do conjunto harmônico de instrumentos ou vozes que soam simultaneamente.

implica na impossibilidade de encaixar um número inteiro de ciclos de quintas em um número inteiro de ciclos de oitavas”, e dessa impossibilidade resultaria o coma pitagórica que representaria a “semente da imperfeição”. Com o surgimento da polifonia, surgiu a necessidade de um temperamento na afinação dos instrumentos musicais, pois, por exemplo, em um órgão, poderia reproduzir uma harmonia maravilhosa em uma parte do teclado, mas se migrasse para outra parte, poderia gerar dissonâncias (PEREIRA, 2010; PRADO, 2010).

Durante o século XVI, houve um grande desenvolvimento de diversos temperamentos para a música. Dentre eles, destaca-se o temperamento igual, ou tempero igual, que teve suas primeiras tentativas feitas por Vincenzo Galilei em alguns de seus tratados. Para Bromberg (2014, p. 15), “o tempero igual requeria a divisão do tom em duas partes iguais” e, para Prado, (2010, p. 50), o temperamento igual seria “as razões entre as frequências de duas notas consecutivas, isto é, distantes uma da outra de um semitom, é sempre a mesma, não importando quais duas notas sejam (...) o que implica que fá sustenido e sol bemol são a mesma nota”, em que na prática, essa igualdade só podia ser alcançada de forma mecânica, através de instrumentos como o mesolábio, ilustrado abaixo na Figura 8.

Figura 8 - Mesolábio



Fonte: GUSMÃO, 2013, p. 755.

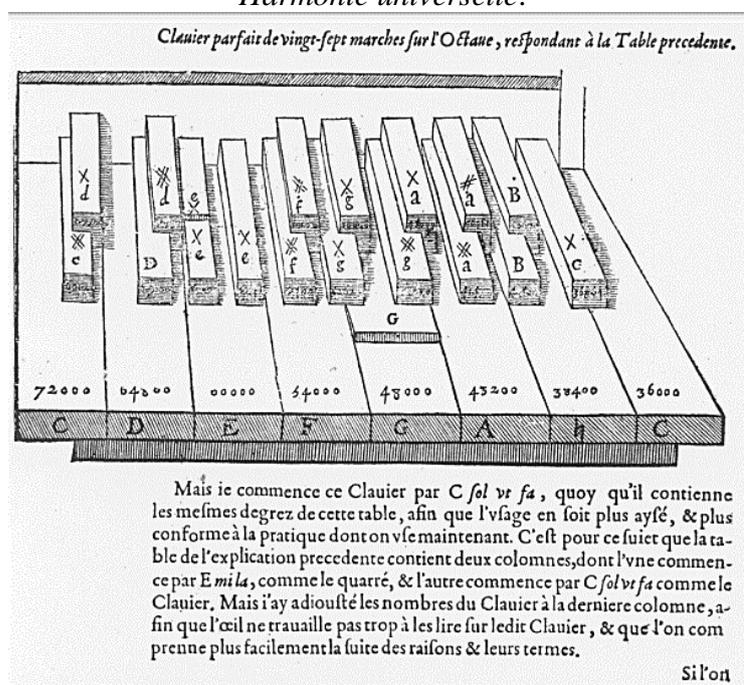
Para Pereira (2010, p. 31) o temperamento igual:

...consiste em dividir a oitava em 12 partes iguais, o que resulta no encontro entre 12 ciclos de quinta e 7 ciclos de oitava. Neste caso, a razão relacionada ao intervalo de quinta seria $1:2^{7/12}$, que numericamente é aproximadamente 1,4983, e não 1,5 correspondente à razão 3:2 como propunha Pitágoras. Dado a importância do temperamento igual na música teórica, tal tratamento torna-se imprescindível para a compreensão da acústica musical (PEREIRA, 2010, p. 31).

Antes do temperamento igual, notas como ré sustenido e mi bemol eram distintas, e quando um certo instrumento era afinado, algumas notas existiam e outras não. No afinamento temperado igual, há a criação de um sistema em que as notas são precisas e coerentes entre si. Sem ele, algumas harmonias poderiam soar dissonantes e estridentes (PRADO, 2010). O temperamento igual foi um processo muito complicado e cheio de controvérsias, uma vez que um sistema de afinação igual iria contra tudo o que estava estabelecido e aceito por tanto tempo.

Muitos músicos consideravam essas mudanças radicais, pois ao considerar intervalos sem razões comensuráveis, a música poderia perder seu caráter perfeito e puro, uma vez que as notas seriam modificadas, descaracterizando a música. Em busca de alternativas que não descaracterizassem a pureza da música, houve tentativas de soluções mirabolantes, como o exemplo do teclado de *Mersenne*, ilustrado na Figura 9, com 27 teclas para uma oitava, o que resolvia parcialmente a questão da pureza. Diante desse exemplo, percebe-se como foi difícil quebrar um paradigma tão enraizado (PRADO, 2010). Nesse período, Gioseffo Zarlino e Vincenzo Galilei travaram uma longa batalha teórica sobre o temperamento.

Figura 9 – Órgão de 27 teclas em uma oitava inventado por Mersenne, representado no livro *Harmonie universelle*.



Fonte: PRADO, 2010. p. 52.

Zarlino era um mestre-capela, compositor e teórico musical, mas com prática musical restrita. No entanto, era muito respeitado na época. Em seu livro *Institutione*, afirmou que para compreender a música não era necessário ter conhecimento prático. Já Galilei, músico,

compositor e teórico musical, veio a ser um dos precursores da maneira como enxergamos os fenômenos musicais atualmente (BROMBERG, 2014; PRADO, 2010).

Zarlino foi mestre e professor de Vincenzo Galilei por um curto período de tempo, ensinando-lhe principalmente a teoria musical, que tinha como base a matemática especulativa. No entanto, houve um rompimento entre eles devido às diferenças de ideias: enquanto Zarlino tentava preservar a visão musical pitagórica, Galilei continuou seus estudos com um enfoque experimental (BROMBERG, 2014).

Para manter as ideias pitagóricas “vivas”, Zarlino, em sua obra *Institutione harmoniche*, estabeleceu três primeiros princípios e um objeto da música. Ele ampliou o intervalo considerado consonante na época para seis, chamando-o de *Senario*, e afirmou que a oitava era o intervalo capaz de gerar os demais intervalos. Além disso, argumentou que os intervalos tinham lugares em uma ordem natural e que o número sonoro era o objeto da música. Segundo Bromberg (2014, p. 18), para Zarlino:

existia uma relação dos intervalos com razões específicas, e aqueles que se encontravam fora delas eram dissonantes; (...) salientou que, por vezes, mesmo que as razões de intervalos fossem legítimas, poderia não existir instrumento que os comportasse, e, por último, asseverou que o lugar inapropriado de um intervalo o tornava dissonante [...] (BROMBERG, 2014, p. 18).

Ao tentar definir consonância, Zarlino modificou as razões dos intervalos musicais para que se adequassem às causas aristotélica, então, segundo Zarlino, “consonância era razão de número, contida entre dois sons, um grave e outro agudo, sendo a causa formal, a razão numérica, a causa material, o som, e a causa final, a consonância” (ZARLINO, 1571, p.10 *apud* BROMBERG, 2014, p. 18). Para Castanheira (2009, p. 82), " a consonância é a mistura de um som agudo e outro grave, que chega aos ouvidos de forma suave e uniforme". Já para Galilei, a consonância era de ordem natural, visto que o som pertencia à natureza, e a matemática apenas representava a consonância, mas não era sua causa.

Zarlino argumenta que o número sonoro se encontrava artificialmente no corpo sonoro, ou seja, em quaisquer corpos capazes de uma divisão de proporção harmônica, e esse número só estaria presente nos corpos capazes de gerar consonâncias. É evidente que ele ainda se mantém preso aos princípios do monocórdio e da divisão da corda defendida por Pitágoras (BROMBERG, 2014).

Vincenzo, em seu tratado *Compendio di Vincentio Galilei della Teorica della Musica*, de 1570, sistematiza uma maior gama de definições, para a compreensão da música como ciência. Neste tratado, ele repete definições dadas por Zarlino em seus trabalhos anteriores, mas

sem fazer crítica direta à abordagem feita por ele, mesmo que Zarlino tenha classificado a música “como sendo subordinada à geometria, por emprestar desta a magnitude, e à aritmética, por emprestar desta o número” (GALILEI, 1570, p. 8 *apud* BROMBERG, 2014, p. 21). Segundo Bromberg (2014, p. 21), para Galilei:

As explicações que Zarlino dava sobre a participação da geometria e da superior hierarquia da aritmética constituíam-se, como salientava Galilei, numa forma incompleta, visto que a matemática não conseguia abarcar a totalidade das características musicais. (...) na sua próxima obra publicada, o *Dialogo* de 1580, na qual o autor criticou abertamente Zarlino (...) um dos principais objetivos de Galilei foi mostrar a falácia do sistema teórico de Zarlino (BROMBERG, 2014, p. 21).

Na obra de Galilei *Dialogo di vincentio galilei nobile fiorentino della musica a et della moderna* ou *Dialogo*, publicada no ano de 1581, ele critica abertamente Zarlino e mostra os problemas do sistema teórico proposto por ele. Galilei evidencia que o sistema sinfônico adotado por Zarlino, na prática, gerava intervalos dissonantes, diferente do que proposto pela teoria. Todos os intervalos que ele propôs foram discutidos na obra *Dialogo*. Com isso, Galilei demonstrou que a causa final não estava de acordo com a formal, ou seja, os intervalos definidos teoricamente por Zarlino no *Senario* estavam distantes do que era ouvido na execução (BROMBERG, 2014). Neste ponto, percebe-se o quanto de matemática especulativa Zarlino usava, não se permitindo experimentar os intervalos nas práticas musicais.

Ainda nesta obra de 1581, Galilei demonstra as primeiras tentativas do temperamento igual, e Zarlino contesta esta obra e recorre à “proibição da divisão do intervalo musical em duas partes iguais, baseando-se textualmente nas obras *Arithmetica*, de Girolamo Cardano, e *Arithmetica*, de Boécio” (BROMBERG, 2014, p. 16).

Galilei, em sua obra, afirmou, conforme Prado (2010, p. 54), que “os intervalos musicais são naturais, como aqueles contidos entre as partes do *Senario*, como qualquer outro que estão fora desse grupo. Todas as escalas, no final, são obras do homem”. Ao investigar os corpos sonoros, Galilei demonstrou que havia mais do que elementos matemáticos envolvidos, sendo necessário considerar a natureza do fenômeno e os parâmetros da corda, como tensão e densidade linear, para obter uma compreensão mais completa do conceito acústico-musical (PEREIRA, 2010; PRADO, 2010). A partir desse ponto, a acústica-musical se tornou uma nova ciência experimental.

2.3.3. Kepler: Vida e as ideias sobre o movimento dos planetas

Johannes Kepler nasceu na cidade de Weil, em 1572, e faleceu em 1630, na cidade de Regensburg, ambas localizadas na Alemanha. Embora Weil fizesse parte do ducado de Württemberg, cujo duque era protestante, a cidade permaneceu católica durante a Reforma Protestante. Portanto, Kepler viveu em um período fortemente influenciado pelos resultados da Reforma Protestante, liderada por Martinho Lutero (1483 - 1546). Lutero foi o principal crítico do modelo católico da época, combatendo a venda de indulgências, a adulteração da "palavra sagrada" e a hierarquia da igreja, ao mesmo tempo que enfatizava a ideia de que o homem era o único salvador de si mesmo (CASEMIRO, 2007).

Kepler iniciou os seus estudos na cidade de Leonberg, em 1578, aos sete anos de idade, não termina em três anos por problemas familiares, que só se encerra em 1583, durante esse período “descreve dois eventos que marcaram sua infância de forma positiva: as observações da passagem de um cometa em 1577 e de um eclipse lunar em 1580” (CASEMIRO, p. 57, 2007).

Em 1584, Kepler iniciou o seminário teológico devido à sua família estar completamente desestruturada financeira e emocionalmente. Seu pai era um soldado profissional e mercenário, o que o fazia se ausentar frequentemente de casa, enquanto sua mãe preparava remédios caseiros que a comunidade interpretava como poções e feitiçarias. Portanto, a escolha de seguir a carreira religiosa parecia a mais adequada para ele. Kepler frequentou o seminário dos treze aos dezessete anos, mas não foi uma experiência fácil, já que a disciplina era rigorosa e o currículo extenso (CASEMIRO, 2007)

Graças ao seu bom desempenho nos estudos, ele conseguiu uma vaga na Universidade de Tübingen e dedicou-se aos seus estudos de 1589 a 1593. Durante esse período, além das leituras obrigatórias, ele estudou artes, teologia, matemática, astronomia e outras disciplinas. Foi nessa época que Kepler concentrou seus estudos em astrologia e religião, demonstrando um forte comprometimento com esta última. Na atmosfera luterana de Tübingen, todos os professores ensinavam suas disciplinas com um enfoque que buscava uma melhor compreensão da filosofia luterana e das Sagradas Escrituras (CASEMIRO, 2007).

No ambiente de Tübingen, Kepler conheceu o professor de matemática e astrologia Michael Mästlin (1550-1631), que, além de ser um dos melhores astrônomos da época, tinha grande prestígio na academia. Mästlin utilizava o modelo de movimento planetário de Copérnico, o modelo heliostático, para a explicação de alguns estudos de movimentos celestes observados, além de ser contrário aos ensinamentos de Aristóteles sobre os eventos celestes.

Kepler tornou-se copernicano graças aos ensinamentos de Mästlin. Segundo Casemiro (2007, p. 63), “Mästlin sabia do risco que corria ao dissertar sobre o sistema copernicano, já que este era considerado contrário aos ensinamentos bíblicos, por isso o fazia com descrição.” Ele acaba tornando-se a maior influência de Kepler durante e depois da universidade (CASEMIRO, 2007).

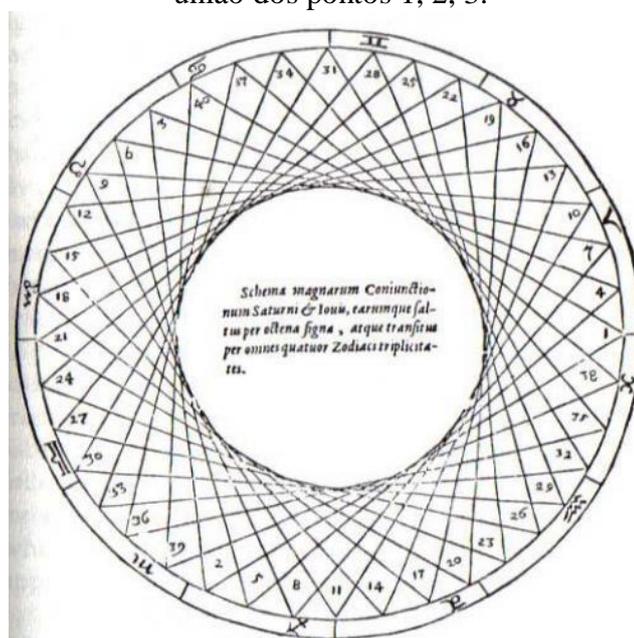
Após obter seu grau mestre na Faculdade de Artes da Universidade de Tübingen, em 1591, ele ingressou no curso de teologia, seu objetivo principal. Tudo o que aprendeu na universidade foi apenas preparação para seus estudos teológicos. No entanto, um acontecimento mudou os planos de Kepler: na cidade de Graz, um professor de matemática da universidade luterana faleceu, e os governantes pediram à Universidade de Tübingen que indicasse um candidato para ocupar o cargo de mathematicus provincial. Kepler foi o escolhido. Ele hesitou em aceitar, pois queria ser clérigo e não professor, mas acabou aceitando posteriormente ao impor uma condição: que voltaria a Tübingen para concluir os estudos religiosos, o que acabou não acontecendo (CASEMIRO, 2007).

Além de ministrar as aulas de astronomia e matemática, Kepler deveria fazer uma publicação anual com previsões astrológicas. Ao ter algumas previsões para o ano de 1595 concretizadas, ganhou certa popularidade em Graz. Os dois primeiros anos de Kepler como professor não foram fáceis, pois, além de ser recebido como estagiário por alguns meses, lecionava disciplinas que não eram do agrado dos estudantes, como matemática e astronomia. “Para que esses não tivessem tanta dificuldade em seguir o curso, propôs um curso introdutório de seis aulas sobre aritmética, Virgílio e retórica” (CASEMIRO, 2007, p.65), e tratava também de questões astrológicas, a fim de estimular os estudantes no curso.

Em uma de suas aulas, decide por descrever um padrão nas conjunções de Saturno e Júpiter em que “cada conjunção ocorre oito signos zodiacais distantes do anterior e num intervalo de tempo de aproximadamente 20 anos” (CASEMIRO, 2007, p. 65) e, então, Kepler “desenhou no quadro-negro uma longa sequência de triângulos inscritos em um círculo” (VERDET, 1991, p. 100 *apud* CASEMIRO, 2007, p. 66). Ele chegou em um desenho que tinha “triângulos delimitados por um círculo inscrito (interno) e um circunscrito (externo)” (CASEMIRO, 2007, p. 66), em que o círculo menor foi esboçado pelos pontos onde as linhas dos triângulos se entrecruzavam. Kepler percebe então a proporção entre os raios dos círculos, era quase idêntica à dos orbes de Júpiter e Saturno, então, seguindo essa lógica, ele compreende que os raios dos outros orbes também poderiam possuir uma relação geométrica entre si, mas falha ao tentar encaixar outras figuras planas. Não desistindo dessa ideia, pergunta-se se é possível colocar figuras geométricas planas em orbes tridimensionais. O seu primeiro trabalho

é intitulado *Prodomus Dissertationum Cosmographicarum continens Mystrium Cosmographicum de admirabili Proportione Orbium Coelestium deque Causis Coelorum numeri, magnitudinis, motuumque corpora Geometrica*⁷ (KOESTLER, 1961, p. 168), ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Diagrama de Kepler das conjunções de Júpiter e Saturno in Michael J. Crowe, *Theories of the World*, p. 149. O número 1 indica a conjunção do ano de 1583 sobre o signo de Áries; o 2, a de 1603 sobre o signo de Sagitário; o 3, a de 1623 sobre o signo de Leão, o 4; a de 1643 sobre o signo de Áries, e assim por diante. Os “triângulos” são formados a partir da união dos pontos 1, 2, 3.



Fonte: CASEMIRO, 2007, p. 66.

Segundo Gingerich (p. 290b *apud* Casemiro, 2007, p. 68), a base desse primeiro trabalho, nas palavras de Kepler, era a seguinte:

Veja, leitor, a invenção e toda a substância deste pequeno livro! Como lembrança deste acontecimento, estou registrando para você a frase com as palavras exatas daquele momento em que a concebi: A órbita da Terra é a medida de todas as coisas; circunscreva em torno dela um dodecaedro e o círculo que o contém será o de Marte; circunscreva em torno [do orbe] de Marte um tetraedro e o círculo que o contém será o de Júpiter; circunscreva em torno [do orbe] de Júpiter um cubo e o círculo que o contém será o de Saturno. Agora, inscreva dentro [do orbe] da Terra um icosaedro e o círculo nele contido será o de Vênus; inscreva dentro [do orbe de] de Vênus um octaedro e o círculo nele contido será o de Mercúrio. Agora você tem a explicação do número de planetas. Tais foram a ocasião e o sucesso dos meus esforços. Nunca será possível exprimir em palavras a intensidade do meu prazer por esta descoberta. Não lamentei mais pelo tempo perdido. Os cálculos me consumiram dia e noite, para ver

⁷ “Precursor dos Trabalhos Cosmográficos contendo o Mistério Cósmico das admiráveis proporções entre as Órbitas Celestes e as verdadeiras e corretas razões dos seus números, Grandezas e Movimentos Periódicos”, tradução encontrada em A. Koestler.

se essa idéia concordaria com as órbitas de Copérnico ou se minha alegria seria levada pelo vento. Em poucos dias tudo estava funcionando e pude observar como um corpo [poliedro] após outro se ajustava exatamente no seu lugar entre os planetas” (GINGERICH, p 290b *apud* CASEMIRO, 2007, p. 68).

Depois deste relato Kepler, parte para os cálculos, porém, os resultados das razões não se encaixavam tanto quanto ele previa, as proporções entre os planetas pareciam de acordo com a hipótese de Copérnico, com taxa de erro de no máximo 5%, exceto pelos raios dos orbes de Vênus e Mercúrio, em que a razão era menor do que o previsto, e os raios dos orbes de Saturno e Júpiter, a razão era muito maior, o que não tornava a hipótese errada. Como era especialista no modelo copernicano, sabia que “os dados de Copérnico foram computados tendo como referência central o orbe da Terra e não o centro do Sol como proposto em sua própria teoria” (CASEMIRO, 2007, p. 69). Recalcula as posições dos planetas colocando o Sol como o centro do Universo, e com a ajuda de Mästlin encontra resultados bem diferentes. Então, Kepler lança o *Mysterium Cosmographicum*, mesmo com algumas divergências, torna-se importantíssimo para a Astronomia, pois “Kepler consegue com grande lucidez, logo no primeiro capítulo, demonstrar as razões para se abandonar o sistema ptolomaico em favor do copernicano” (CASEMIRO, 2007, p. 70). Segundo ROSSI (2001, p. 134):

a finalidade principal do *Mysterium Cosmographicum* não é defender Copérnico, mas sim demonstrar que, na criação do mundo e na disposição dos céus, Deus “olhou para aqueles cinco corpos regulares que gozaram de tão grande fama desde os tempos de Pitágoras e de Platão, concedendo à sua natureza o número, a proporção e as relações dos movimentos celestes (ROSSI, 2001, p. 134).

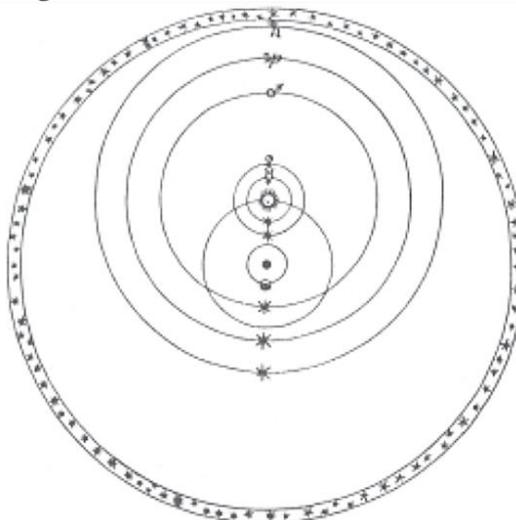
Ainda neste estudo, Kepler afirma que o Sol é o responsável pelos movimentos dos planetas e que ele gera a força necessária para que os astros se movimentem; além disso, conclui que “os planetas mais próximos possuem os menores períodos de revolução, pois são mais influenciados por esta ação do Sol – e os mais distantes possuem os maiores períodos de revolução, portanto são mais lentos” (CASEMIRO, 2007, p. 71). Ao buscar uma relação entre os períodos de revolução dos planetas e as suas distâncias em relação ao Sol, tem como primeira tentativa de explicar os movimentos dos planetas na publicação do *Mysterium Cosmographicum*, em que diz que “a maior distância do Sol atua duas vezes para aumentar o período e, inversamente, metade do aumento do período é proporcional ao aumento da distância” (DREYER, p. 379 *apud* CASEMIRO, 2007, p. 71).

Com as mudanças estabelecidas pela Contrarreforma católica do arquiduque Ferdinando de Habsburgo (1503 - 1564), Kepler enfrentou um momento de crise em Graz. A situação agravou-se quando a Universidade de Graz foi fechada, tornando evidente a necessidade de

encontrar um lugar onde pudesse dar continuidade ao seu trabalho sem a interferência da Igreja. Diante desse cenário, ele decidiu aceitar o convite feito pelo astrônomo Tycho Brahe, matemático imperial de Praga, para ser seu assistente. Essa decisão foi motivada tanto pelo fato de Tycho possuir os melhores instrumentos de observação e fabricação de grandes instrumentos astronômicos, quanto pelo desejo de Kepler em aperfeiçoar seu modelo sobre o movimento planetário (CASEMIRO, 2007).

Tycho era contra o modelo heliocêntrico, de Copérnico, porque ele não concordava com o movimento estabelecido para a Terra, e também se opunha ao sistema geocêntrico de Ptolomeu, ele acreditava que a Terra era o centro do Universo, e que a Lua e o Sol giram ao seu redor, e todos os outros planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno giravam ao redor do Sol, esse sistema alternativo ficou conhecido como modelo ticônico, ilustrado na Figura 11, um sistema híbrido do Universo e Tycho acreditava que este modelo era compatível com as Sagradas Escrituras (CASEMIRO, 2007; TOSSATO, 2004).

Figura 11 - O modelo híbrido de Brahe



Fonte: TOSSATO, 2004, p. 549.

Kepler e Tycho finalmente se conhecem, e Tycho, sabendo da grande capacidade matemática de Kepler, lhe confia o estudo da órbita de Marte, pois esse era o único planeta que Tycho não conseguia descrever segundo o seu modelo ticônico. A tarefa levou mais tempo do que Kepler previa, uma vez que Tycho não disponibilizava e dificultava o acesso a todos os dados de Marte, principalmente porque Kepler não abria mão do sistema copernicano em favor do modelo ticônico. Isso começou a gerar conflitos entre os dois. No entanto, Tycho Brahe faleceu depois de cerca de um ano de parceria, e Kepler assumiu o posto de matemático imperial de Praga e teve acesso a todos os dados coletados pelo dinamarquês (CASEMIRO, 2007).

A órbita de Marte ainda era um problema que precisava ser resolvido, mas nenhum dos sistemas de movimento planetário existentes na época conseguia explicar com exatidão o movimento deste planeta, visto que Marte possuía a órbita mais excêntrica do sistema solar, e era difícil descrevê-la em movimentos circulares e uniformes de acordo com o modelo aristotélico. Então, foi necessário repensar o modelo inicial das órbitas, que poderiam não ser perfeitamente circulares e nem os planetas possuírem velocidades constantes; essas considerações deveriam ser exploradas (CASEMIRO, 2007).

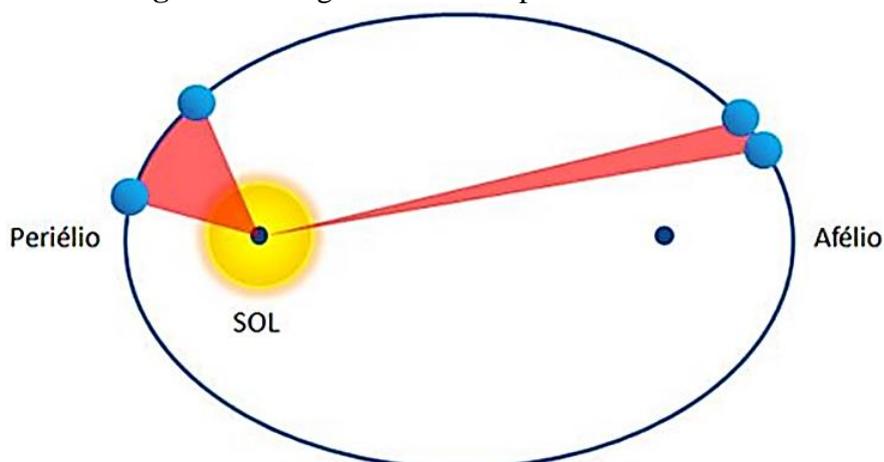
Como no *Mysterium Cosmographicum*, Kepler atribuiu ao Sol a responsabilidade dos movimentos dos planetas: ao centrar as órbitas no Sol, as velocidades dos planetas seriam alteradas ao estarem mais perto ou mais afastados dele. Ao ter acesso ao estudo de William Gilbert, *De Magnete*, sobre propriedades magnéticas (nesta obra, Gilbert comparou a Terra a um imenso ímã), Kepler por sua vez “elegueu a força magnética, oriunda do Sol, a responsável pelo movimento de todos os planetas” (CASEMIRO, 2007, p. 82). Neste momento, ele consegue introduzir uma concepção física a conceitos astronômicos.

Kepler encontrou a solução de que o Sol, com a sua força magnética, era responsável pela variação das velocidades dos planetas quando estavam mais próximos ou mais afastados dele. Assim, ele estabeleceu um método de verificação que consistia em medir as distâncias dos planetas em relação ao Sol e depois somar todas essas distâncias.

No entanto, esse cálculo era muito extenso e cansativo. Então, Kepler tomou como base o trabalho de Arquimedes e substituiu o somatório das distâncias pela área correspondente, obtendo um cálculo mais simples. Isso foi a base para o que é conhecido como “Segunda Lei de Kepler” ou “lei das áreas”: o raio descreve áreas iguais em tempos iguais” (CASEMIRO, 2007, p. 84), como indicado na Figura 12.

Isso deveria trazer bons resultados para a órbita excêntrica de Marte, para que se a substituição do somatório tivesse resultados então seria válida este somatório por área. Mas não foi o que aconteceu.

Figura 12 - Segunda lei de Kepler - Leis das áreas.



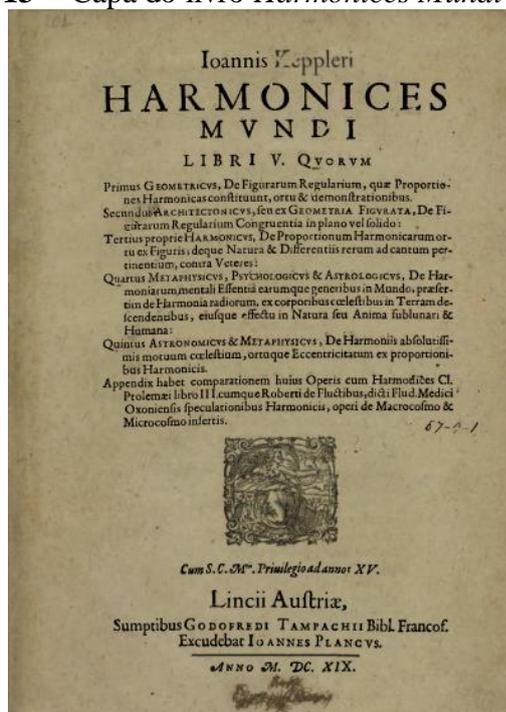
Fonte: VIEIRA, 2019, pg. 48.

A órbita de Marte não poderia ser uma circunferência, visto que, ao aplicar a hipótese de Kepler na lei das áreas, encontrava-se uma circunferência completamente diferente. Ele então decide focar no Afélio e Periélio para encontrar o raio da órbita do planeta Marte. Após muitas idas e vindas nos cálculos, consegue descrever a órbita de Marte por uma elipse, em “que os planetas descrevem trajetórias elípticas tendo o Sol em um dos focos” (CASEMIRO, 2007, p. 85). Essa descoberta é conhecida como a Primeira Lei de Kepler. Todas essas hipóteses e descobertas fazem parte de sua publicação "Astronomia Nova," de 1609 (CASEMIRO, 2007).

2.3.4. Kepler e o som do Universo: um olhar para a obra *Harmonices Mundi*

A obra *Harmonices Mundi* (Figura 13) foi idealizada como uma continuidade e aprofundamento dos estudos que Kepler fez no *Mysterium Cosmographicum*. Essa obra seria baseada no Quadrivium e seria dividida em cinco partes.

Figura 13 - Capa do livro *Harmonices Mundi* de 1622.



Fonte: Página Biblioteca Digital Luso-Brasileira⁸

Segundo Casemiro (2007, p. 98) Kepler dividiu sua obra da seguinte maneira:

1. O primeiro é geométrico, sobre a origem e construções das figuras regulares com as quais se estabelecem as proporções harmônicas;
2. O segundo é arquitetônico, ou parte da geometria das figuras, sobre a congruência das figuras regulares no plano ou no sólido;
3. O terceiro é essencialmente harmônico, sobre a origem das proporções harmônicas nas figuras, e sobre a natureza e caráter peculiar dos assuntos relacionados a música, em oposição aos antigos;
4. O quarto é metafísico, psicológico e astrológico, sobre a essência mental das harmonias e sobre os tipos de harmonias no mundo, especialmente sobre a harmonia dos raios que descendem dos corpos celestes à Terra, e sobre seus efeitos na natureza ou no mundo sublunar e na alma humana;
5. O quinto é astronômico e metafísico, sobre a mais perfeita harmonia dos movimentos celestes, e a origem das excentricidades nas proporções harmônicas;
6. O apêndice contém uma comparação deste trabalho com o livro III do Harmonias de Claudius Ptolomeu e com as especulações harmônicas de Robert Floods, conhecido como Fludd, o físico de Oxford, inserida no seu livro sobre o macro e o microcosmos (CASEMIRO, 2007, p. 98).

Iremos nos aprofundar mais no quinto livro da obra de Kepler, uma vez que este é o que relaciona o movimento dos planetas à música e às notas musicais. No entanto, olharemos brevemente para os outros quatro livros.

O primeiro livro é chamado de "Geométrico" porque é estritamente matemático. Kepler descreve a construção das figuras regulares por meio de definições (21), proposições (27),

⁸ Disponível < <https://bdlib.bn.gov.br/acervo/handle/20.500.12156.3/47763> > Acesso em: 16 fev. 2023.

corolários (1) e comparações (2)" (CASEMIRO, 2007, p. 100). Neste livro, ele faz referência à obra *Elementos*, de Euclides.

O segundo livro, denominado "Arquitetônico," também segue a linha matemática da geometria das figuras, mas agora explora como a combinação das figuras regulares pode criar novas figuras. Kepler demonstra isso "por meio de definições (13), proposições (14) e axiomas (1), para descrever como a combinação das figuras pode gerar congruência ou insociabilidade." (CASEMIRO, 2007, p. 102). Neste livro, ele retoma a discussão do *Mysterium Cosmographicum*, afirmando que o Criador escolheu os sólidos regulares para "gerar o intervalo entre as seis esferas celestes" (CASEMIRO, 2007, p. 102). Influenciado pelas ideias platônicas, Kepler relaciona os sólidos regulares aos elementos da natureza - o Corpo do Cosmos. De acordo com Kepler,

o cubo permanecendo de pé em sua base quadrada expressa estabilidade, que é uma característica da matéria terrestre (...), o octaedro é visto de forma mais apropriada suspenso por ângulos opostos, (...) o quadrado que repousa exatamente entre esses ângulos dividindo a figura em duas partes iguais, (...) [dá] a imagem de mobilidade, uma vez que o ar é o mais móvel dos elementos, em velocidade e direção. O número menor de faces no tetraedro é visto com o significado da segura do fogo, uma vez que as coisas secas, por definição, mantêm seus limites. O grande número de faces do icosaedro é visto representando a umidade da água, uma vez que a umidade, por definição, é retida nos limites das outras coisas. (...) O dodecaedro é reservado para os corpos celestes, pois tem o mesmo número de faces que os signos do zodíaco. Pode ser mostrado que o icosaedro tem o maior volume entre as figuras, assim como o céu que tudo engloba (KEPLER, 1997, pp. 114-115 *apud* CASEMIRO, 2007, pp. 102-103).

O terceiro livro, intitulado de "Harmônico", discorre sobre a "origem das proporções harmônicas, e da natureza e diferenças das coisas relacionadas à melodia" (CASEMIRO, 2007, p. 103). Neste livro, Kepler se baseia na filosofia pitagórica que tem como fundamento o número como substância das coisas que são formadas. Nela, "matemática, música, cosmologia e ciência se misturam de forma homogênea" (CASEMIRO, 2007, p. 104). De acordo com Casemiro (2007, p. 104):

A razão entre dois números pode estabelecer consonância ou dissonância entre duas notas musicais: os números 1, 2, 3 e 4 – conhecidos como tetráditos – combinados nas razões $1/2$, $2/3$ e $3/4$ formam, respectivamente, a oitava, a quinta e a quarta notas obtidas a partir de uma nota musical qualquer (CASEMIRO, 2007, p. 104).

Ao aplicar a cosmologia pitagórica ao tamanho das esferas planetárias, cada planeta também emitiria uma nota musical, que seria imperceptível aos ouvidos humanos por fazermos parte do Universo. Aos planetas mais lentos, notas graves, e aos planetas mais rápidos, notas

agudas, gerando uma sinfonia musical, explicada pela harmonia matemática. Kepler baseia-se principalmente no livro *Harmonica* de Ptolomeu, porém antes tem acesso a no mínimo três obras acerca da teoria musical, o *De institutione musica*, de Boécio (1492), de Gioseffo Zarlino, o *Institutioni harmoniche* (1558), e o *Dialogo della musica antica et della moderna* (1581), de Vincenzo Galilei, em que essas obras proporcionaram a Kepler dissertar sobre erros das teorias de Pitágoras e Ptolomeu acerca do número de harmonias (CASEMIRO, 2007).

O quarto livro, Kepler chamou-o de “Metafísico, Psicológico e Astrológico”. Nele, disserta sobre “temas amplos como a essência das proporções harmônicas, o número e o tipo de faculdades da alma e as causas das configurações astrológicas influentes (aspectos)” (CASEMIRO, 2007, p. 105). E para explicar a relação entre geometria e astrologia Kepler define que “um polígono regular inscrito no círculo do zodíaco define o ângulo de um aspecto e essa é a forma pela qual os aspectos são definidos” (CASEMIRO, 2007, p. 105) em que os aspectos podem ser de Conjunção (0°) de aspecto harmonioso, Oposição (180°) de aspecto desarmonioso, mas dependendo dos planetas pode ter um aspecto mais harmonioso, Quadratura (90°) de aspecto desarmonioso, Trígono (120°) de aspecto harmonioso e Sextil (60°) que tende a ser um aspecto harmonioso dependendo dos planetas envolvidos (CASEMIRO, 2007).

De acordo com Casemiro (2007), o quinto livro, objeto deste tópico, foi intitulado por Kepler como “Astronômico e Metafísico”. É o resultado de mais de vinte anos de estudos astrológicos, que aliados aos dados mais exatos da época, coletados por Tycho Brahe, leva-o a compreender a lógica do Criador. Este livro estrutura-se em dez capítulos que inicia com os sólidos regulares até a demonstração do arranjo harmônio dos planetas. Kepler revisita as conclusões de suas obras antecessoras, *Mysterium Cosmographicum* e *Astronomia Novae*, porém elas estão embasadas em suas ideias da harmonia do mundo, essa que dar-se-á principalmente pela “descoberta da relação matemática entre os tempos de revolução e os raios das órbitas dos planetas” (CASEMIRO, 2007, p. 110). Ele acredita que com essa descoberta pode explicar melhor a relação harmoniosa dos movimentos planetários.

Ele agora classifica os cinco sólidos regulares em duas classes primária (cubo, tetraedro e dodecaedro) e secundária (octaedro e icosaedro) de acordo com o número de vértices e faces, determina também o gênero para cada um, sendo o cubo e o dodecaedro – Macho –, o icosaedro e o octaedro – Fêmea –, e o tetraedro – Hermafrodita. Kepler relaciona os sólidos por gênero em que ele chama de casamentos notáveis (macho e fêmea) e uma relação dita hermafrodita (hermafrodita e hermafrodita), que geram novos poliedros. Dessas combinações, Kepler descobre a estrela sólida, um novo tipo de poliedro, que combina um dodecaedro e o icosaedro. Tudo isso foi estabelecido de acordo com as relações matemáticas existentes, e ele

utiliza-se de termos, “exprimível”, “inexprimível” e “proporção divina” para representar os graus de conhecimento no primeiro livro, que de acordo com Casemiro (2007, pp. 115-116) significam respectivamente:

‘Exprimível’ (...) pode ser expresso, em notação moderna, por meio de uma fração racional. ‘Inexprimível’ (...) refere-se aos números que não podem ser descritos por uma fração racional, ou seja, números irracionais. (...) ‘proporção divina’ (...) se remete à ‘razão média e extrema’ de Euclides, ou como é mais conhecida, ‘razão áurea’. Em Kepler, ela assume caráter metafísico e estético para justificar o casamento entre o dodecaedro e o icosaedro (CASEMIRO, 2007, pp. 115-116)

Segundo Casemiro (2007, pp. 116-120), para ter a proporção harmônica Kepler aplicou razões entre as esferas circunscritas e inscritas, relacionando os cinco sólidos regulares com as proporções harmônicas. Para isso, ele define quatro graus de relação entre os poliedros e as esferas.

O primeiro grau descrito por Kepler vai levar em consideração a aparência que as figuras tem, reunindo em grupos quais tem afinidade nas faces, por exemplo, “o tetraedro, o octaedro e o icosaedro pois (...) têm afinidade com os sólidos de faces triangulares” (CASEMIRO, 2007, p. 116). O segundo grau considera a origem dos sólidos e sua construção, em que essas construções possam ser feitas com régua e compasso. O terceiro grau, busca entender e analisar as figuras já estabelecidas levando em consideração um conjunto de fatores, para que possa ser encontrada as razões existentes nessas figuras dos sólidos:

(1) o número de lados da face (nlf) e o número total de arestas (nta), ou (2) o número de lados da face é comparado com o número de faces (nf), ou (3) o número de vértices da face (nvf) ou ângulo da face é comparado com o número de ângulos sólidos (nas), ou (4) o número de faces (nf) é comparado com o número de ângulos sólidos, ou (5) o número total de lados (ntl) é comparado com o número de ângulos sólidos (CASEMIRO, 2007, p. 118).

E o último e quarto grau, Kepler define as proporções entre as esferas inscritas e circunscritas em cada sólido regular, por ele estabelecido, encontrando proporções harmônicas, mas ainda não relacionando as órbitas dos planetas. (CASEMIRO, 2007)

De acordo com Casemiro (2007), Kepler apresenta uma teoria astronômica para explicar o estudo das harmonias celestes, apresentando treze argumentos de acordo com sua concepção cosmológica, e de início avisa que as hipóteses ptolomaicas estão banidas do estudo das harmonias celestes, pois estabelece que todos os planetas giram ao redor do Sol, diferente da visão ptolomaica. Então ele impõe os trezes argumentos, organizados de forma ordenada.

A primeira condição consiste na aceitação incondicional de que todos os planetas (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno) orbitam ao redor do Sol. A segunda condição afirma que, ao longo da trajetória anual de cada planeta, ocorrem afastamentos e aproximações em relação ao Sol. A terceira condição aborda a relação entre o número de planetas e órbitas, derivados dos cinco sólidos regulares (cubo, tetraedro, octaedro, icosaedro e dodecaedro). Na quarta condição, reconhece-se que a intercalação entre os sólidos regulares e as órbitas planetárias não é suficiente para gerar proporções ideais capazes de justificar os dados empíricos. A quinta condição estabelece que o Sol é a fonte do movimento dos planetas e que as órbitas planetárias são descritas como elípticas, com o Sol posicionado em um dos focos (CASEMIRO, 2007).

Conforme Casemiro (2007), na sexta condição, Kepler comenta e retoma que deve-se considerar os arcos aparentes para os planetas, sendo estes mais rápidos no periélio e mais lentos no afélio. Na sétima condição resgata a ideia da rejeição dos movimentos aparentes dos planetas, como o de retrogração. Na oitava condição, relaciona os períodos de revolução dos planetas com a distância média que os separam do Sol. Na nona condição, declara que para conhecer as verdadeiras trajetórias dos planetas, devem-se combinar a razão dos arcos diários reais excêntricos com a razão das distâncias média deles ao Sol, individualmente.

Posteriormente, a décima condição descreve o tamanho dos arcos diurnos reais para um observador posicionado no Sol. Na décima primeira condição, demonstra-se que a razão entre os afélios e periélios de dois planetas pode ser obtida a partir dos seus movimentos aparentes. Na décima segunda condição, afirma-se que é possível obter o movimento médio de um planeta a partir dos seus movimentos extremos. E na décima terceira, última condição, descrevem-se parâmetros matemáticos para compreender os movimentos extremos aparentes e o intervalo desses movimentos (CASEMIRO, 2007).

Todas essas condições que Kepler impõe serão determinantes para as consonâncias planetárias, mas realmente quais aspectos que se relacionam com os planetas gerarão uma melodia celestial? Kepler define que os períodos dos planetas é que são importantes para a determinação das proporções harmônicas, mas não resultarão na harmonia esperada por ele, esta somente vai ocorrer “quando a comparação é feita entre as velocidades [angulares] no afélio e periélio, estando o observador no Sol, ou seja, nos movimentos diários aparentes” (CASEMIRO, 2007, p. 133).

Mas segundo Casemiro (2007) na oitava condição, Kepler, ao experimentar trabalhar com o expoente de $3/2$ para relacionar o período e a distância de dois corpos celestes, parte de uma hipótese teórica para uma prova matemática, não consegue imediatamente. Mas ao mudar

a linha de pensamento ele consegue determinar uma relação matemática, que além de “dar a relação entre períodos e distâncias de dois corpos celestes” (CASEMIRO, 2007, p. 146) esta que é conhecida atualmente como “a terceira lei” ou “lei harmônica”.

No livro IV, Kepler faz um estudo que não resulta em consonâncias planetárias, mas leva a uma compreensão da cosmologia de Kepler e à estrutura da harmonia celestial. Para uma análise desse estudo, Casemiro (2007, p. 134) utiliza a primeira hipótese de Kepler, de que os “períodos de revolução serem harmônicos por si só”, e ele apresenta duas tabelas feitas por Kepler, em que a primeira traz os dados dos períodos e as velocidades angulares de cada planeta e a segunda que traz uma interpretação harmônica desses períodos. Todos os dados são construídos e estabelecidos em função do período da Terra, que é definido como um intervalo de uma oitava. Mas não geram uma relação harmônica, por que Kepler, ao tentar que os períodos sejam expressos em unidades de 120, não encontra tal relação; ele também explica o porquê da utilização do número 120, porque ao fazermos o mínimo múltiplo comum, encontramos os nobres termos da divisão harmônica das sete notas musicais, ou seja, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 8. (CASEMIRO, 2007).

Então Kepler esquematiza a seguinte ideia, ele pega o número de 120, e tira as razões de acordo com a escala pitagórica, sendo assim, de acordo com Casemiro (2007, p. 137) as razões são estabelecidas da seguinte maneira:

(...) a nota mais grave representada na partitura no canto superior direito é um Sol (G).
 (...) Sua oitava acima é a primeira nota na escala, e a primeira das linhas. Sua obtenção é conseguida mediante a divisão da corda pela metade (...) O resultado desta divisão, 60, é apresentado na segunda chave da esquerda e na própria linha, à direita. O procedimento se repete para a segunda nota, o Mi sustenido (E#, equivalente ao fá, F), cuja razão é 5/8 (sétima) e o resultado da divisão é 72; para o Mi (E), de razão 5/8 (sexta) e valor 75; para o Ré (D), de razão 2/3 (quinta) e valor 80; para o Dó (C), de razão 3/4 (quarta) e valor 90; para o Si(B), de razão 4/5 (terça) e valor 96; e, finalmente para o Lá (A), de razão 5/6(segunda) e valor 100 (CASEMIRO, 2007, p. 137)

Com essa ideia, Kepler ainda compara a razão entre o intervalo das consonâncias obtendo a proporção de partes que se repetem quando ajustados: 9/10, 8/9, 9/10. E ainda algumas razões entre os períodos dos planetas que não irão gerar consonância.

Seguinte, Kepler propõe uma unificação da teoria dos sólidos regulares com a harmonia celestial e para isso apresenta os seus argumentos, como primeiro argumento ele descreve uma tabela com dados relacionados a distância de cada planeta ao Sol (afélio e periélio). Como segundo argumento ele diz que como as distâncias simbolizam os diâmetros das esferas, as medidas dos raios das esferas devem ser pensados como medidas do movimento

desses planetas. E o terceiro e último argumento, ele sugere que não devemos considerar as trajetórias verdadeiras dos planetas, mas sim os arcos diários aparentes, estes sendo interpretados em relação ao Sol (CASEMIRO, 2007).

Perante esses argumentos, Kepler então pega os valores (tempo) dos trajetos diários aparentes dos planetas no Afélio e Periélio, que são obtidos a partir da relação matemática da “terceira lei”, e que estão em minutos e segundos e transforma os valores para segundo para que se obtenha um número inteiro, por exemplo, “o valor de arco do afélio de Saturno (1min46s) que deve ser interpretado como 106 segundos (1 min=60s + 46s = 106s)” (CASEMIRO, 2007, p. 143).

Primeiramente, ele faz relações entre as harmonias dos pares de planetas próximos, como por exemplo, Saturno e Júpiter, que estando em posições opostas – um no Afélio e outro no Periélio, respectivamente – gera um valor de movimento divergente de $1/3$, já ao contrário gera um valor de movimento convergente de $1/2$. Posteriormente, ele tenta encontrar a razão para cada planeta que esteja representado dentro da escala musical, para isso ele toma os valores individuais dos movimentos extremos dos planetas, só que agora específico de cada planeta, e faz a razão entre Afélio e Periélio, por exemplo para Marte ele encontra a razão de $2/3$, que equivale a uma quinta (CASEMIRO, 2007).

De acordo com Casemiro (2007), Kepler conseguiu compreender que quando se delimitava as harmonias aos planetas individuais, não era possível ter a harmonia celestial, mas quando tinha-se a combinação de pares de planetas, essa harmonia era possível, pois cada planeta não poderia estar ao mesmo tempo no afélio e periélio para gerar uma razão musical.

Pelos planetas estarem se movimentando e variando as suas velocidades angulares ao longo de sua trajetória anual, cada planeta possuiria um conjunto de notas. Os planetas podem ter as mesmas notas musicais, porém com alguma diferença no tom, por exemplo Saturno e a Terra possuem o mesmo tempo de Afélio (~107 segundos) como seu menor movimento, que corresponde à nota musical Sol, porém a Terra possuirá uma nota Sol mais aguda, por ter uma órbita menor que a de Saturno. Então Kepler define as consonâncias planetárias, descritas na Figura 14, de acordo com o seu sistema harmônico.

3. A DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

3.1. A natureza da pesquisa

3.1.1. O tipo de pesquisa

Este estudo é de natureza qualitativa, que, de acordo com Lüdke & André (1986, p. 13, apud FERNANDES, 2016, p. 39), "envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes".

Diante do exposto, o nosso trabalho se pautou em trazer uma descrição do processo, desde os fundamentos teóricos para a escrita da dissertação e criação de um produto educacional, até o olhar dos sujeitos da pesquisa acerca desse produto. Apresentaremos os resultados por meio de recortes das falas desses sujeitos.

3.1.2. Os sujeitos e locus da pesquisa

Investigamos os desafios enfrentados por duas docentes ao utilizar da proposta didática em sua sala de aula, sendo elas os sujeitos da nossa investigação.

3.1.3. A coleta dos dados e instrumentos

A coleta dos dados se deu durante aplicação da proposta em sala de aula, e posteriormente com a apreciação do produto. O questionário que se encontra no Apêndice A, foi aplicado em forma de entrevista com as duas professoras, durante as etapas realizadas em sala de aula, o mesmo traz sete questões que dizem respeito ao olhar das professoras acerca da proposta, atentando-se às viabilidades e dificuldades para o desenvolvimento das ações, desde a leitura do texto, ensaios e apresentação da peça de teatro. Em termos do olhar das professoras para o produto educacional, as disponibilizamos o produto educacional, e posteriormente perguntamos sobre duas questões específicas, Questão 1 e Questão 2 (que também se encontra no Apêndice A). Passamos um termo de autorização das falas em que o modelo encontra-se no Anexo 2. Também fizemos registros fotográficos durante as diversas etapas em que desenvolvemos a ação nas escolas.

3.1.4. A análise dos dados

Para a análise dos dados obtidos com a entrevista e as duas questões, transcrevemos as respostas, analisamo-las e registramos trechos de falas das entrevistadas, buscando relacionar com o referencial teórico utilizado.

3.2. O produto educacional

3.2.1. O que é o produto?

O produto educacional desta dissertação é composto por um texto dramatúrgico, intitulado de *Harmonices Mundi*; um material de apoio (guia de montagem de cenário e confecção de bonecos de vara), além de indicações de vídeos e músicas que podem ser usadas na montagem da peça de teatro que o docente da educação básica pode levar para sua sala de aula. O produto educacional encontra-se no Apêndice B.

3.2.2. Planejamento e elaboração do texto dramatúrgico

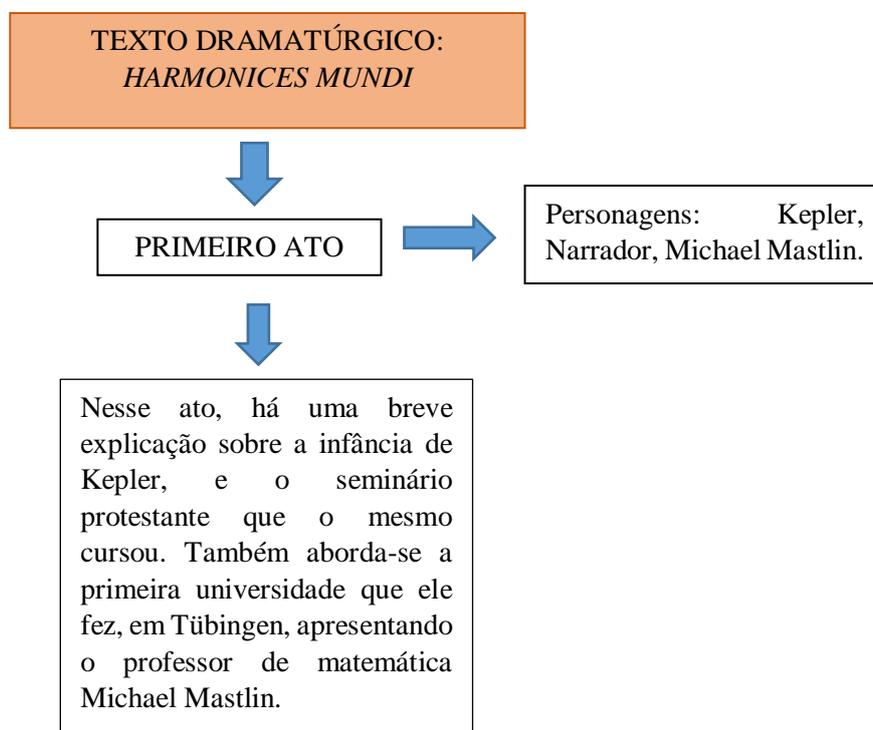
Mediante o estudo da narrativa histórica, e a investigação da relação ciência e música ao longo do tempo, e considerando que, por meio do teatro, podemos ter mais uma forma de abordar o desenvolvimento da ciência, elaboramos o texto dramatúrgico *Harmonices Mundi* com a finalidade de apresentar ao docente da educação básica e, por consequência, aos seus estudantes, a narrativa estudada. É válido destacar que a narrativa foi construída em ação conjunta com a estudante Társia Santos de Almeida, que desenvolveu o seu estudo na Iniciação Científica (Cota 2020/2021) da Universidade Estadual da Paraíba, por meio de uma orientação única, na qual a mesma ficou responsável por abordar as ideias de Pitágoras, até os início do século XVI, em especial as ideias de Zarlino e Vincenzo Galilei acerca da relação da música com a ciência. A outra parte da narrativa discorre sobre as ideias de Johannes Kepler e suas ideias sobre a relação do movimento dos planetas e a harmonia musical. Para essa construção, nos apoiamos em recursos bibliográficos, como dissertações e artigos, que abordavam a relação da música com a ciência, os quais foram de grande importância para a construção do texto base para a criação do texto dramatúrgico.

3.2.2.1. Apresentando o texto dramaturgico

Após a realização de diversas leituras do texto, a fim de compreender bem o tema, estabelecemos, num primeiro momento, os personagens que comporiam a ação do texto dramaturgico, totalizando nove personagens: Kepler, Michael Mastlin, Tycho Brahe, Pitágoras, um discípulo de Pitágoras, Vincenzo, Zarlino, Músico, além do Narrador.

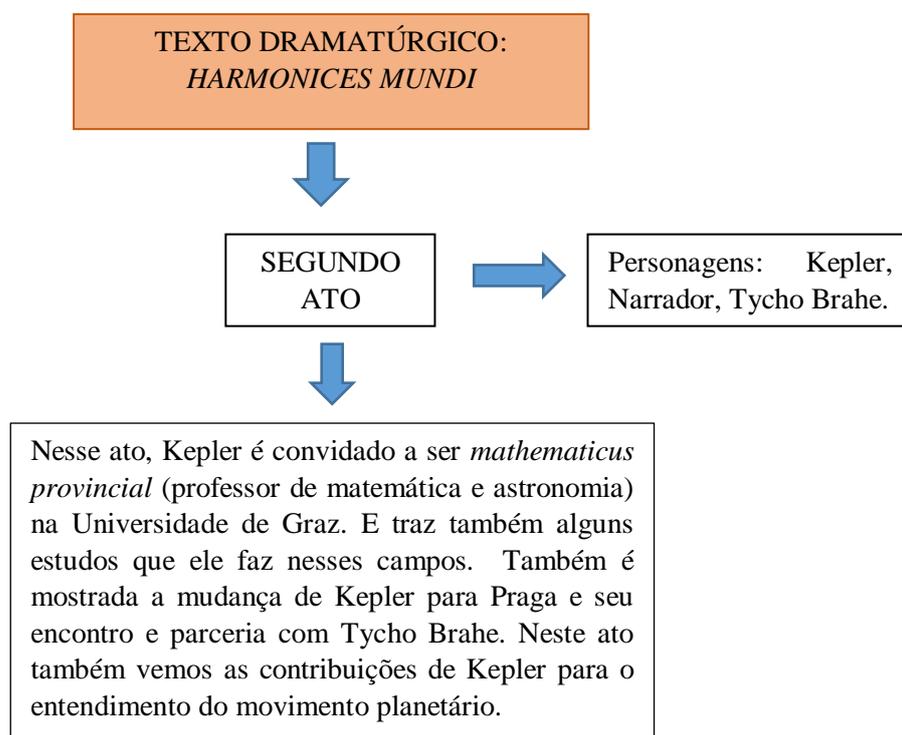
Depois da definição dos personagens, partimos para pensar a construção desta dramaturgia; então, optamos por fazer uma linha não-cronológica e/ou não-linear da história, ou seja, decidimos por iniciar com Kepler fazendo referência aos estudos que o antecederam, e definimos tais ações como as “memórias” de Kepler, em que ele recorre às ideias de Pitágoras, Zarlino e Vincenzo como princípio de estudos para as suas interpretações sobre a harmonia do mundo. Com isso, estabelecemos o texto dramaturgico em quatro atos, conforme descrito nos fluxogramas ilustrados nas Figuras 15, 16, 17, e 18.

Figura 15 - Fluxograma representativo do primeiro ato.



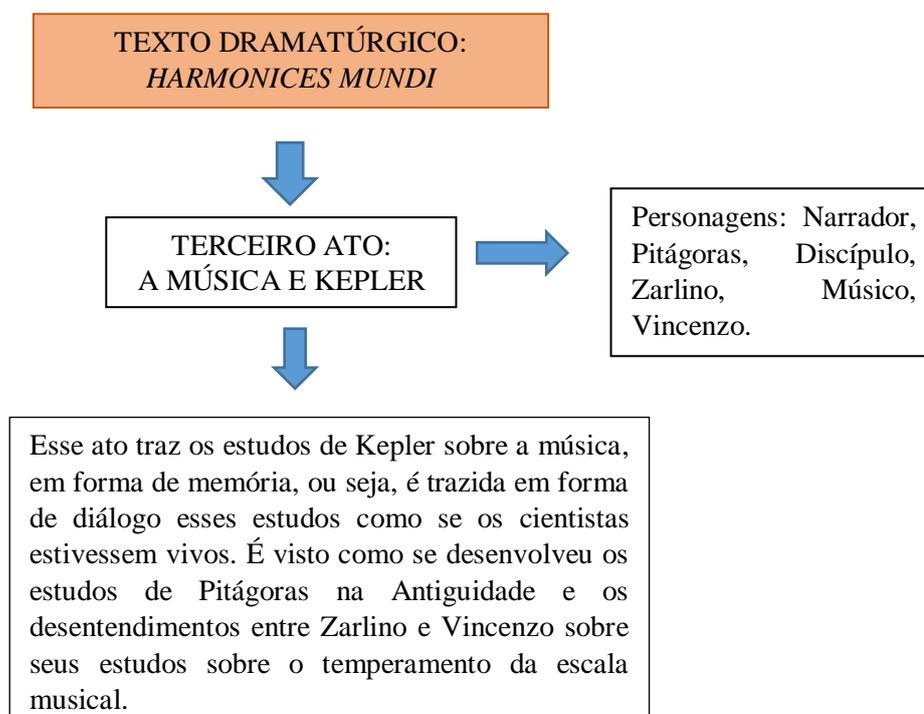
Fonte: elaboração própria, 2022.

Figura 16 - Fluxograma representativo do segundo ato.



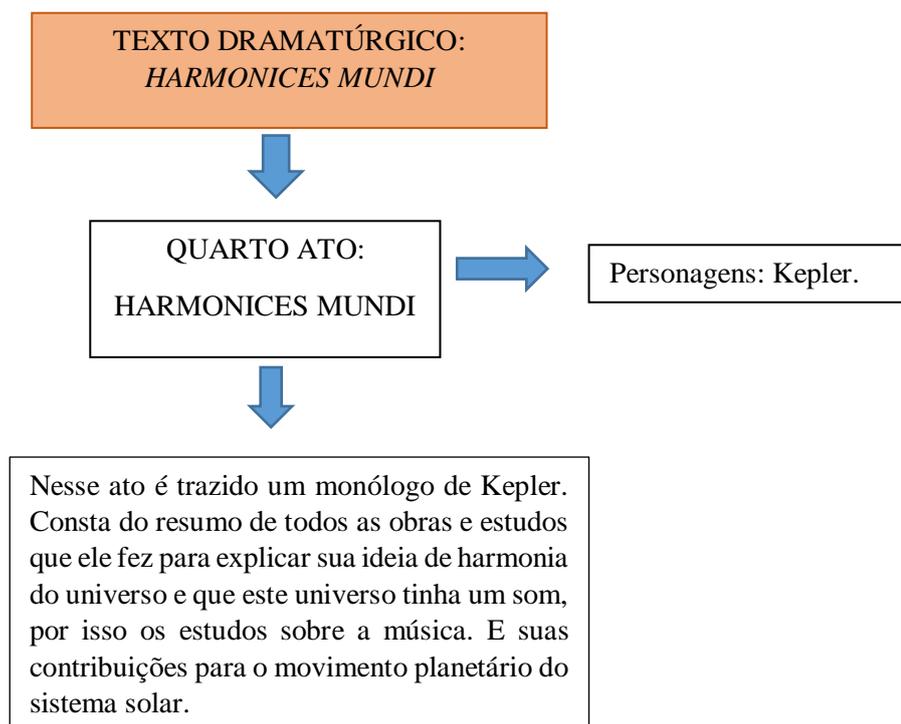
Fonte: elaboração própria, 2022.

Figura 17 - Fluxograma representativo do terceiro ato.



Fonte: elaboração própria, 2022.

Figura 18 - Fluxograma representativo do quarto ato.



Fonte: elaboração própria, 2022

O texto que compõe o texto dramático *Harmonices Mundi* se encontra disponível no Apêndice 1.

3.2.3. Elaboração de um material de apoio para o docente

O material de apoio concentra alguns recursos e indicações que servirão de base para o fazer pedagógico do docente, para o desenvolvimento do teatro de bonecos em sua sala de aula. As indicações dizem respeito à oficina de leitura de texto e coleta de materiais, as quais podem ser realizadas pelo docente e seus estudantes com o uso do produto educacional. Já os recursos dizem respeito à sonoplastia e projeções; à construção de uma estrutura cenográfica; e confecção dos bonecos de vara, que serão descritos nos tópicos que seguem e encontram-se disponibilizados juntamente com as indicações antes mencionadas no Apêndice 2.

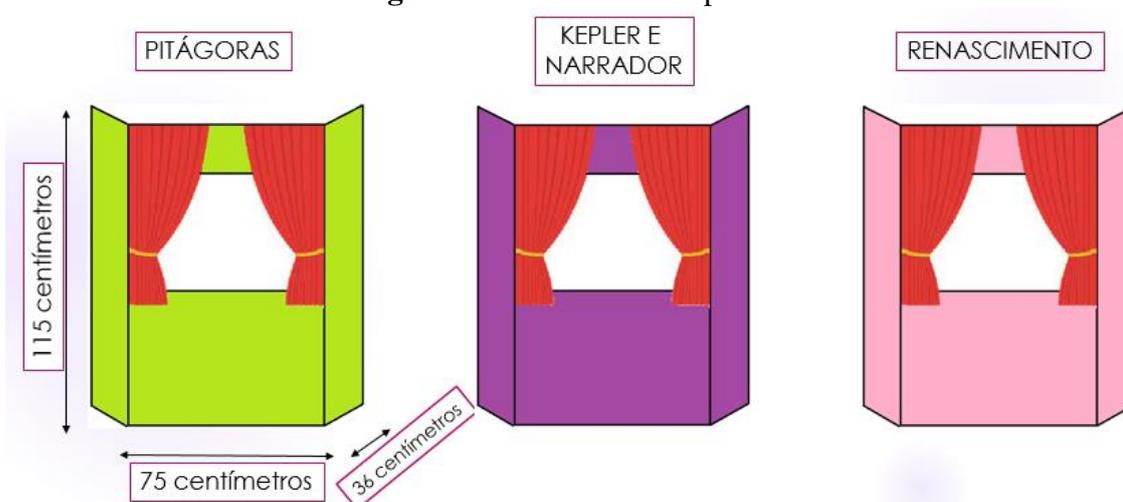
3.2.3.1. A construção do teatro de bonecos

Para a construção do teatro de bonecos, fizemos uso de uma estrutura de cenário que foi construído com material de baixo custo, o qual pode ser montado na própria sala de aula, de

maneira a possibilitar uma participação mais ativa de seus estudantes durante o processo de criação cênica.

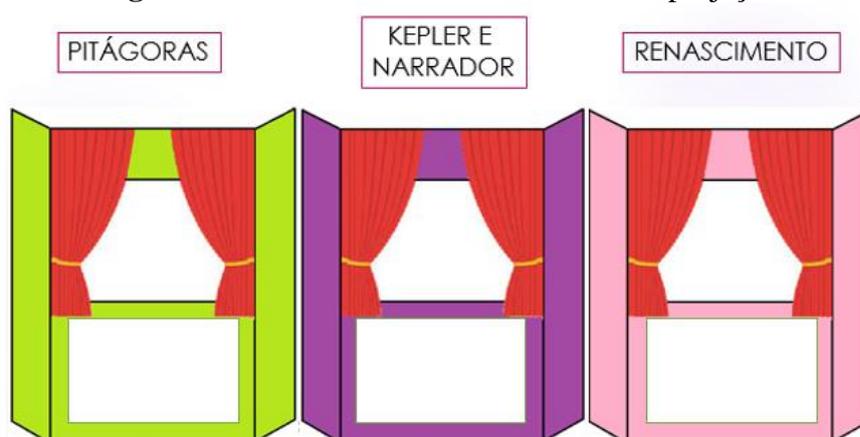
Para o cenário, foi pensado três estruturas de papelão de acordo com a Figura 19 e 20. Como o texto dramático dispõe de 9 personagens, optamos por colocar o arco de Kepler no centro das estruturas; à esquerda, dispomos do arco de Pitágoras e, à direita, do arco do Renascimento. A ideia é dispor em cada arco dois estudantes para interpretar os personagens designados para a cena correspondente àquele cenário.

Figura 19 – Estrutura dos painéis.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 20 – Estrutura do teatro com tela de projeção.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 21 ilustra uma das estruturas já confeccionada, que será espaço e encenação do *Harmonices Mundi*. No apêndice 2, apresentamos como o docente pode construir as estruturas.

Figura 21 – Cenário confeccionado.



Fonte: Produção da autora.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. A aplicação do produto em sala de aula

Tivemos duas experiências ao aplicar o produto educacional em instituições de ensino de educação básica distintas, a 1ª intervenção foi no Colégio Menino Jesus (ESCOLA A), localizada na cidade de Queimadas-PB, uma instituição de ensino particular e a 2ª intervenção na Escola Cidadã Integral Professor Itan Pereira (ESCOLA B), localizada na cidade de Campina Grande-PB, instituição de ensino público.

A aplicação do produto nas escolas se deu de maneira colaborativa com as docentes¹⁰ que nos receberam em ambas escolas.

1ª INTERVENÇÃO

A primeira intervenção foi feita no Colégio Menino Jesus, juntamente com a professora A. Ela possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual da Paraíba (2018) e mestrado pelo Programa de Mestrado Nacional e Profissional de Ensino de Física (2021).

Entramos em contato com a professora A e apresentamos a nossa proposta, dizendo de nossa intenção em desenvolvê-la na escola que ela trabalha. De imediato ela aceitou, mas precisou ver a disponibilidade da escola para esta parceria. Depois da escola dar o seu aval, ela nos avisou de sua disponibilidade de horários e restrições para a realização desta aplicação.

Realizamos na escola 3 (três) encontros todos pelo horário da manhã nos dias 18, 24 e 25 de Maio de 2023, mais 1 (um) encontro online no dia 22 de Maio, sendo três encontros para ensaios e um encontro para a apresentação da peça na escola.

Antes de acontecer o primeiro encontro, a professora nos solicitou o texto dramático “Harmonices Mundi” para enviar aos estudantes que iam interpretar os personagens, pois a mesma se dispôs a selecionar os mesmos, considerando que ela tinha algumas turmas e queria envolver estudantes das diversas séries nesta atividade. Além dos seis estudantes que a professora A selecionou, ela também se disponibilizou a fazer o papel de Narradora, participado assim, dos três encontros que fizemos na escola

¹⁰ As docentes, sujeitos de nossa pesquisa, serão denominadas de professora A e professora B.

No dia 18 de Maio de 2023, realizamos o primeiro encontro com os seis estudantes, para a leitura do texto e conhecimento dos bonecos de vara. Tivemos para essa primeira atividade um tempo de 30 minutos¹¹, e percebemos que alguns estudantes, ainda tímidos, pediram para trocar de personagens, mediante ao tamanho de algumas falas extensas, o que foi resolvido em comum acordo com os estudantes, em seguida apresentamos os bonecos de vara que representava cada um dos personagens e iniciamos mais uma vez a leitura do texto.

Diante do que foi trabalhado naquele momento, a professora sugeriu, que fosse feito um encontro online com os estudantes para que eles pudessem se apropriar mais do texto, e ganhassem mais confiança com a leitura. Esse encontro foi concordado por todos os estudantes para realizarmos no dia 22 de Maio de 2023 em horário extraclasse via *Google Meet*, porém somente participaram 4 (quatro) estudantes, no encontro realizamos a leitura do texto e trabalhamos alguns aspectos de como se portarem para projetarem a voz para que todos pudessem ser ouvidos durante a apresentação.

No segundo encontro, que ocorreu no dia 24 de Maio de 2023, a professora disponibilizou o tempo de uma aula mais o tempo do intervalo para trabalharmos o texto dramático, neste encontro já levamos além dos bonecos de vara, os cenários e a parte da projeção e música, para que eles se situassem em suas falas, em relação as pausas necessárias, a Figura 22 ilustra alguns do momento dessa atividade

Figura 22 - Ilustração dos estudantes estudando a leitura do texto, no Colégio Menino Jesus.



Fonte: Fotografia própria.

Durante esse encontro, ajustamos todas as falas de acordo com as projeções. Observamos que os estudantes estavam mais à vontade com o texto, e estavam conseguindo desenvolver bem as suas falas. A sala que ocorreria a apresentação, dispunha de uma televisão, a qual

¹¹ Tempo de intervalo acrescido de mais 15 minutos, que surgiu por conta de um evento na escola

projetamos os vídeos e imagens. Tivemos alguns contratempos em relação as projeções, que foi corrigido posteriormente, sem os estudantes.

No terceiro e último encontro na escola, no dia 25 de Maio, foi a apresentação da peça, em que tivemos com espectadores estudantes das turmas do 9º ano ao 3º ano do ensino médio. Para a apresentação, nos foi disponibilizado o tempo do intervalo mais o tempo da quarta aula. Antes de começarmos, agradecemos aos estudantes e as docentes que os liberaram para assistir àquela apresentação, bem como a instituição pelo espaço cedido, e explicamos que se tratava de uma atividade que foi elaborada dentro do Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Estadual da Paraíba.

A apresentação da peça ocorreu de forma tranquila, sem nenhuma intercorrência de continuidade da mesma. Durante a mesma tivemos projeções do sistema solar e dos modelos planetários mais famosos, recorte de vídeos e figuras para visualizar o que era dito em cena. A Figura 23 ilustra alguns dos momentos da apresentação da peça na escola Menino Jesus.

Figura 23– Apresentação da peça *Harmonices Mundi*, no Colégio Menino Jesus.



Fonte: Fotografia própria.

Após a apresentação, todos os estudantes envolvidos na interpretação dos personagens se levantaram e receberam aplausos calorosos, demonstrando que a peça foi bem aceita. No fim

a professora A, fez alguns questionamentos sobre entendimento do que viram na encenação e questionamentos específicos referente a conteúdos que a mesma estava ministrando, como forma de relacionar o conteúdo estudado com o que viram na peça.

2ª INTERVENÇÃO

A 2ª intervenção ocorreu na Escola Cidadã Integral Professor Itan Pereira, uma instituição pública de ensino, juntamente com a professora B, ela possui graduação em licenciatura em Física pela Universidade Estadual da Paraíba (2008) e mestrado em Meteorologia como bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, na Universidade Federal de Campina Grande (2010).

Entramos em contato com a professora para aplicarmos o produto em sua aula, e ela aceitou prontamente, dizendo que poderíamos ir sem nenhuma preocupação, que a escola possuía espaços para fazer a atividade. Como nesta escola, diferente da anterior, possuía mais turma de um mesmo nível, pedimos que ela escolhesse os estudantes que em sua opinião seriam mais adeptos a este tipo de atividade, ela decidiu por escolher estudantes de uma mesma turma, todos do 3º Ano C, para participar desta atividade. Em contrapartida, a mesma não pode participar de forma mais ativa, pois não podia deixar o resto da turma sozinhos na sala, e com isso trabalhamos com 7 (sete) estudantes, uma vez que um deles seria o Narrador.

Nesta 2ª intervenção tivemos 4 encontros, nos dias 25, 26 de Maio e 01 e 02 de Junho do ano de 2023, todos no horário da tarde, em que os três primeiros encontros foram de ensaios, e o último de apresentação para os demais estudantes da turma no 3º ano C. Infelizmente não foi possível a participação da professora B nos três primeiros encontros, somente na apresentação.

No primeiro encontro, ocorrido no dia 25 de Maio, nós tivemos um encontro com os estudantes, e os apresentamos o texto dramaturgico, e diante da nossa conversa sobre o teor da pesquisa, e explicando-os sobre os personagens, eles mesmos decidiram sobre a escolha dos personagens que queriam interpretar. Neste encontro conseguimos fazer três leituras do texto, e foi perceptível a facilidade que os mesmos possuíam em interpretar as falas dispostas para os personagens do texto dramaturgico “*Harmonices Mundi*”. Antes de iniciarmos a segunda leitura, foi esclarecido sobre pronúncias e leitura de algumas palavras que os estudantes apresentaram dificuldades em lê-las, por se tratarem de palavras de língua estrangeira, já na terceira leitura do texto, ela se deu de maneira continua e ininterrupta. Ao finalizarmos essas

três leituras, perguntamos aos estudantes o que acharam do texto, ao que todos disseram que o texto é interessante e que tiveram poucas dificuldades para a leitura do mesmo.

O segundo encontro se deu no dia 26 de Maio, neste encontro além da leitura do texto, apresentamos aos estudantes os bonecos de vara e as músicas que compunham a sonoplastia da peça. Então trabalhamos com eles o momento de colocarem em cena os bonecos, além de trabalharem a leitura e a manipulação do boneco que representava o personagem, o momento de esperarem a música e iniciarem novamente suas falas. Registros desses momentos se encontram na Figura 24.

Figura 24 - Ilustração dos estudantes, em dois encontros, estudando a leitura do texto, na Escola Cidadã Integral Professor Itan Pereira.



Fonte: Fotografia própria.

O terceiro encontro se deu no dia 01 de Junho, e neste encontro trouxemos mais dois elementos da peça para trabalhar com os estudantes, o cenário e a projeção. Como a escola dispunha de televisão em todas as salas, utilizamo-las para projetar os vídeos e figuras. Vale salientar que todos os ensaios foram feitos no Laboratório de Ciências que a escola possui, então pudemos trabalhar de forma mais tranquila, conforme disposto na Figura 25 abaixo.

Figura 25 - Ilustração dos estudantes, no terceiro encontro, com todos os elementos de cena, na Escola Cidadã Integral Professor Itan Pereira.



Fonte: Fotografia própria.

Durante este terceiro encontro tivemos algumas falhas, acerca de entendimento do tempo de entrar com o boneco em cena, durante as projeções, mas prosseguimos para a primeira finalização da leitura do texto de forma completa. Indicamos a eles, onde estavam as falhas, e que os mesmos prestassem mais atenção, no momento de fazerem uso dos bonecos com os elementos da encenação.

O quarto encontro ocorreu no dia 02 de Junho, neste dia houve a apresentação para toda a turma do 3º Ano C, nós apresentamos o teor da atividade e que a mesma fazia parte de uma pesquisa, e pedimos colaboração dos mesmo para a encenação de seus colegas. Houveram alguns contratempos externos a sala, pois a escola estava se organizando para o São João, o que gerou um barulho externo, porém nada que fosse tão comprometedor ao andar da peça. A Figura 26 ilustra momentos da apresentação da peça na escola ECI Itan Pereira.

Figura 26 – Apresentação do texto dramático *Harmonices Mundi*, na ECI Itan Pereira.



Fonte: Fotografia própria.

Ao fim da apresentação os estudantes intérpretes foram aplaudidos pelos demais colegas de sala, e percebemos uma boa recepção por parte dos espectadores. Finalizamos agradecendo a professora B pelo espaço cedido, e aos estudantes pela colaboração.

4.2. O olhar dos sujeitos sobre a aplicação da proposta e o produto educacional

Com a aplicação do produto educacional nas duas realidades de escola, tivemos como conversar com as duas professoras, que por meio de respostas dadas aos questionamentos da entrevista que realizamos durante o processo de estudo e após a apresentação da peça, nos apresentam as suas impressões acerca do produto e da ação desenvolvida em sala de aula. Considerando que nessas duas escolas, tivemos uma participação diferenciada das professoras nas ações desenvolvidas, a professora A esteve conosco em todos os encontros, participando mais ativamente junto a seus estudantes, enquanto que a professora B não pode participar dos encontros de estudo, mas esteve presente na apresentação da peça em sala de aula, nos detemos a tratar com a segunda professora, aspectos mais relacionados a apresentação da peça.

Logo após o primeiro ensaio, questionamos a professora A sobre a viabilidade da atividade, como ela estava atuando como Narradora, ela nos traz uma fala que reporta ao texto dramaturgico, vejamos:

PROFESSORA A – “.: Inicialmente, como foi a nossa primeira experiência eu tô um pouco temerosa, porque eu achei um pouco longa pela quantidade de páginas que eu vi, né?... do nosso enredo, se assim eu puder dizer, e algumas, alguns detalhamentos que tem no texto, eu não sei se eles estão entendendo bem, né?...”

A professora A discorre sobre o texto ser muito extenso para aplicar na sala de aula, e que existem dúvidas sobre o entendimento do mesmo pelos estudantes, referindo-se àqueles que estão interpretando os personagens. Com isso, realizamos um outro questionamento que não fazia parte de nosso roteiro, e surgiu espontaneamente a partir de sua resposta para a questão anterior

Pesquisadora: Você fala que o texto está muito longo, ele poderia ser menor, mais reduzido para se trabalhar dentro da sala de aula?

PROFESSORA A – “Sim, eu acho que daria para reduzir mais, não só os diálogos, mas como também todo o escopo né?... da história que você pensou, porque você tá falando de detalhes ali, que na minha concepção, para eles, não, para a sala de aula talvez não seja, é... muito fácil de trabalhar, então seria assim, se eu tivesse um tempo maior com eles, talvez fosse pertinente manter como está”

Ainda sobre esse ponto, a professora A nos diz que:

PROFESSORA A – “...quando você pensa no curto período de tempo para fazer a leitura, entender do que se fala e encenar, eu acho que tá sendo longo, mas aí também a gente entra em outra questão, porque quando a gente reduz muito, você perde muito as informações, né? Nesse sentido quando você pensa na questão histórica, então teria que avaliar...”

De acordo com a professora, o tempo é um fator que pesa para a realização da atividade proposta, assim a redução do texto seria uma forma de otimizar esse tempo, contudo ela também se preocupa com aspectos que podem ser reduzidos, principalmente, pelo fato de ser um texto que trata de uma narrativa histórica

Quando a questionamos sobre sugestões para tornar àquela ação mais eficaz, ela diz:

PROFESSORA A – *“Então, na minha opinião existem dois caminhos, ou você tem um tempo maior de exposição desses alunos extra classe com essa proposta, ou então criar uma redução, mas sabendo que você vai perder uma certa riqueza de detalhes que hoje tem nesse material”*

Ainda, a professora A complementa que a depender da meta que se tenha com o uso da proposta, pode-se pensar na redução textual, vejamos:

PROFESSORA A – *“...então, vai depender de quê?... da demanda que o professor tem, se ele tem tempo para se expor com esses alunos eu acho que é viável do jeito que você escreveu, mas se é uma proposta em que ele quer apenas expor, criar curiosidade dos alunos para que eles queiram saber quem é Kepler, o que foi que aconteceu, a gente poderia reduzir alguns trechos, algumas informações que tem lá”*

É possível refletir mais uma vez sobre o tempo disponível para a execução de uma atividade, além do fato da sobrecarga que o docente do ensino básico tem, ao trazer essas novas alternativas, para a sua sala de aula, o que implica em escolhas, desafios, sem contar que também precisa conhecer o texto, do que ele trata, do que ele propõe.

No dia da apresentação da peça, conseguimos conversar com as professoras A e B, e as perguntamos sobre as viabilidades e dificuldades para a realização/participação dos ensaios com os estudantes, mesmo considerando que a professora B, não esteve presente nos ensaios, ela conseguiu opinar sobre esse ponto, vejamos:

PROFESSORA B- *“Eu achei bom, porque eles tavam engajados, viável, né?... porque estavam todos envolvido e na sala também, ele conseguiu ter esse envolvimento, já em relação que, de dificuldade teria, né? Em uma sala de aulas eu tenho que deixar uns alunos e ter que manusear outro, se fosse eu sozinha, o espaço, porque se deixar, a sala vai ficar com quem? Teria esse problema aí, porque não seria a turma toda só, seria alguns, é ... e a questão de ser muitas aulas ou não, né?”*

Apesar da professora B, não ter participado dos ensaios, ela percebeu o empenho e engajamento de seus alunos durante o processo de preparação da peça, o que a fez considerar a atividade como viável, porém destaca que seria difícil realizar o ensaio como proposto, pois

deveria trabalhar em espaço extra sala com alguns dos estudantes, enquanto que os demais teriam que ficar em sala, o que torna-se uma dificuldade, a considerar que existem outras turmas pra ela atender.

Já a professora A no diz que:

PROFESSORA A – *“Eu achei que a interpretação dos alunos, apesar do pouco de ensaio eles se deram bem, conseguiram de alguma forma, é... atender lá o material disponibilizado”*

Em termos de dificuldades para os ensaios, ela pontua:

PROFESSORA A – *“... eu acho que de fato deve haver um tempo mais longo para esses ensaios, o professor, ele precisa pensar bem antes do prazo, nesse sentido e as dificuldades que eu vejo é justamente, os alunos não fazerem a imersão da proposta, e aí eles acabam não sentindo que estão vivenciando, e como sugestão então é a questão do tempo se planejar com antecedência, outra coisa que eu já havia falado, a questão de tentar diminuir esse texto”*

De acordo com a professora A, o pouco tempo de ensaio implica tanto na viabilidade, como também é uma dificuldade, talvez um maior tempo de contato com o texto, viabilizaria uma maior imersão dos seus estudantes com a proposta, mesmo considerando que eles interpretaram bem e atenderam ao que estava disponibilizado no material, referindo-se ao texto, o qual mais uma vez é apontado pela professora como extenso.

Com as apresentações da peça nas duas escolas, perguntamos as duas professoras sobre o que elas consideraram positivo e ou negativo, vejamos as suas respostas:

PROFESSORA A - *“A peça ela é positiva, ela tem uma proposta interessante, ela nos dá a possibilidade de é fazer uma ligação entre diferentes disciplinas ou ciências e isso na minha concepção como eu consigo perceber essa relação fica muito mais claro para mim da potencialidade da proposta, mas para os alunos eu não sei se ficou muito claro isso...o ponto positivo de maneira resumida é a potencialidade que ela tem de trabalhar diferentes áreas e de uma forma dinâmica, né?... dentro do que os alunos possam fazer, e a questão negativa talvez seja só o tempo muito longo para adolescentes que são imediatistas, e falta de mais interação durante a encenação, né? Então, seja da fala, seja de um objeto, de uma coisa mais lúdica que apareça.”*

PROFESSORA B – *“Positivo, todos desempenharam seu papel muito bem estão de parabéns, muito interessante, poderia até ser sugestão de reaplicá-la, né?...em outros momentos na escola, ponto de negativo, não tenho.”*

Diante dessas falas, percebemos que o texto tem uma grande potencialidade de ser trabalhado dentro da sala de aula, sendo que a professora A fala do imediatismo dos estudantes, considerando o longo tempo para se trabalhar, neste sentido é importante frisarmos que em um mundo onde as informações são divulgadas de maneira extremamente rápida, o teatro, que neste caso está atrelada a HFC, pode ser um meio para que os estudantes entendam que a ciência é uma construção contínua e humana não feita por insights de acordo com alguns autores (MATTHEWS, 1995; SILVEIRA, 2011)

Perguntamos-lhes se consideraram que a mensagem do texto foi passada, e se os alunos captaram as informações:

PROFESSORA A – *“Bom, é... a mensagem, ela foi passada sim, agora não posso afirmar que ela foi passada na sua íntegra, né?... mas eu acredito que alguma coisa ficou sim, então, como os textos eram muito longos e não tinham um impacto nas ações das falas, então, talvez não tenha chamado tanta atenção, mas alguns alunos, eles conseguiram entender sim, captarem algumas informações. No final da apresentação, né?... durante o questionamento sobre o que eles entenderam, então alguns falaram, né? Sobre o que eles haviam entendido”*

PROFESSORA B – *“Sim, 90% sim, né?...sempre tem aqueles que brincam mais, porque a peça não tem essa pegada cômica, né?... mas tem uns meninos que são cômicos demais, mas no geral participaram, entenderam, então poderia até sugerir alguma atividade extra para ver se eles captaram bem a mensagem”*

Para as docentes a mensagem do texto foi passada, e que alguma coisa os alunos absorveram e compreenderam, ainda, a professora B sugere que poderíamos ter aplicado alguma atividade pós apresentação com os estudantes, porém não tivemos essa preocupação, a considerar que o nosso foco de pesquisa está no olhar do professor para o produto e a ação desenvolvida em sua sala de aula.

Ao questionarmos a professora A acerca de seu entendimento sobre o texto ‘A HARMONIA DO MUNDO’, ela destaca a interrelação existente entre áreas de conhecimento, que ao seu olhar não se discute mais na escola, e que o texto abre essa possibilidade, vejamos:

PROFESSORA A – *“...a relação da, das ciências presente na discussão, a física, a matemática e a música, né?... , então, para mim ela traz essa mensagem de interdisciplinaridade mesmo que a gente perdeu ao longo do tempo e principalmente a gente tem perdido em sala de aula, essa possibilidade do professor discutir várias coisas, várias coisas não, discutir um mesmo tema com a interpretação de várias ciência, né? Então para mim, harmonia do mundo, ela traz essa imersão, na física, na matemática e na música”*.

Esse questionamento não foi feito a docente professora B.

Perguntamos também e as mesmas pretendiam desenvolver alguma atividade sobre o que os estudantes vivenciaram com o teatro, e o que pretendiam verificar, as professoras A e B responderam:

PROFESSORA A – *“Bom, antes mesmo da proposta ser confirmada, eu já havia planejado em questionar os alunos de forma oral e forma escrita, a oral foi feita pós a encenação, na tentativa de ver se eles tinham conseguido entender alguma coisa em relação à peça, e a escrita tá relacionado com fazer uma imersão no que foi apresentado na peça, e os temas que nós estamos discutindo em sala de aula”*

PROFESSORA B – *“Uma fala dos meninos, né?... dos que travam envolvido e dos demais, algum relato.”*

Após o trabalho na escola disponibilizamos o produto educacional para que as professoras o conhecessem em termos de material didático, sua estrutura, de modo que pudessem explorá-lo melhor, também enviamos junto com o material os dois questionamentos que seguem, que tratavam em especial sobre o olhar das mesmas para o referido material, abaixo descrevemos as duas questões e as respostas das professoras

Questão 1) O produto educacional é constituído por alguns elementos, ele possui o texto dramático Harmonices Mundi, orientações para o professor em relação a construção dos

elementos cênicos e os personagens, etapas que trabalham a leitura dramatizada e ensaios ligados a outros elementos cênicos como músicas e projeções. Como você vê todos esses processos em termos de desafio de pegar o material e aplica-lo em sua sala de aula?

PROFESSORA A – *“Eu acho que ficou muito interessante, já pegar o material pronto organizado e aplicar em sala de aula, então foi muito tranquilo, a única coisa que enquanto professora eu tive que me preocupar foi exatamente estudar antecipadamente com os alunos, né?...essa leitura e essa dramaticidade, que era necessário realizar”*

PROFESSORA B- *“Teria essas etapas, seria aceitável assim de determinar, separar, né?... em grupos e cada um ficar com uma função seria aceitável, daria trabalho ou funções a outros, aqui a escola tem líderes, então o líder poderia tá dando um auxílio, né?... ao professor, olhando o desenvolvimento, enquanto que em outro local, para poder ter menos barulho, né?... ter esse ensaio, essa pegada da leitura”*

Para a professora A foi mais cômodo ter pego o material já pronto, pois ela se preocupou somente com a aplicação do texto e a preparação dramaturgica do texto, visto que demandaria tempo para a produção do cenário e dos bonecos, e talvez, não tivesse o tempo suficiente na escola, necessitando de um trabalho prévio que também demandaria mais tempo para desenvolvê-lo. Já para professora B, mencionou que em sua escola possui líderes que podem auxiliar o professor no desenvolvimento de atividades, o que poderia ser feito conforme disposto e estabelecido no produto, assim seria mais fácil trabalhar com grupos diferentes, em espaços diferentes, uma vez que teria ajuda dos líderes na condução das tarefas, como ensaios, confecção de cenário, etc.

Questão 2) Em relação a execução das etapas de construção dos elementos cênicos, chegamos com a proposta pronta para ser aplicada em sala de aula. Como você vê a confecção dos elementos cênicos (cenário, bonecos de vara), em sua sala de aula, mediante o que é proposto no produto?

PROFESSORA A - *“Eu acho que seria muito mais difícil, eu enquanto professora partir do zero apenas com a ideia, né?... a proposta de querer fazer uma encenação, eu ia gastar mais tempo e talvez não tivesse a sensibilidade, né? ...que o projeto teve [...], então eu gostei muito*

de ter já pego esse material pronto e teria sim muita dificuldade de elaborar um material desse para tentar descobrir esses pontos que foram apresentados nessa, nesse produto educacional.”

PROFESSORA B – *“Isso não seria um problema não, eles até são muito bons em, na parte manual, então eles desenrolariam”*

Percebemos que para a professora A, seria mais difícil trabalhar com o teatro, em termos de construção, e preparação sem o apoio devido, como disposto no produto educacional, sendo o tempo, um dos aspectos de dificuldade que ela coloca para a execução das ações, enquanto que a professora B, diz que não teria problema para essa construção, uma vez que teria a ajuda de seus estudantes que apresentam habilidades manuais para a confecção dos possíveis materiais cenográficos. Acreditamos que um dos pontos que talvez contribua para os “fazeres” apontados pelas professoras é que a professora B, por estar inserida numa instituição pública que funciona integralmente, tem mais tempo na escola, junto com os seus estudantes, enquanto que a professora A está inserida numa escola que tem horários mais limitados para que a mesma execute suas tarefas.

Gostaríamos de trazer pra essa reflexão o que Balardim e Recio (2019) consideram como necessário para o professor trabalhar com o teatro, *a necessidade de competências formativas para a realização desta prática*. Neste sentido, inferimos que talvez essa lacuna exista no processo formativo das professoras entrevistadas, o que justifica as mesmas atribuírem ao *tempo*, e a *ajuda dos estudantes*, condições para a realização da atividade em questão.

5. CONSIDERAÇÕES

A nossa pesquisa parte da busca da relação entre a Ciência e a Arte, com o intuito de comunicar um tema ou assunto sobre a ciência que, por muitas vezes, não é abordado nos espaços educacionais por questões diversas. Assim, ao aliarmos o teatro com a narrativa histórica que estudamos, vislumbramos, por meio de um produto educacional, apresentar a ciência e sua relação com a música a partir das interpretações dos estudiosos escolhidos para um público composto por estudantes e professores inseridos na educação básica. Foi um material pensado para um docente que deseje sair das aulas mais convencionais e consiga trazer aspectos mais humanísticos da ciência, tornando-a mais interdisciplinar para sua sala de aula.

Conforme os objetivos estabelecidos na nossa investigação, o estudo da narrativa, a elaboração da proposta e sua aplicação, juntamente com a avaliação das professoras sobre todo o material do produto educacional, tecemos algumas considerações que entendemos ser relevantes para respondermos a nossa pergunta: *Quais os desafios que o professor de Física encontra ao aplicar uma proposta que faça uso do teatro como recurso didático?*

Uma primeira consideração sobre a vivência com a aplicação do produto educacional na escola diz respeito à aceitação e participação das professoras. Quando a proposta foi apresentada, ambas a aceitaram prontamente, concordando em que fosse desenvolvida em suas salas de aula sem nenhuma objeção. Elas nos disponibilizaram imediatamente seus horários e explicaram como poderíamos atuar nas escolas, considerando as estruturas de funcionamento de cada uma. Contudo, percebemos que as professoras tiveram atuações diferenciadas; enquanto a professora A participou mais ativamente da proposta, a professora B não teve o mesmo engajamento.

Em contrapartida, percebemos que os estudantes da escola B foram mais proativos. Eles estudaram o texto com antecedência, decidiram quais personagens iriam interpretar e se portaram melhor em termos de dramatização, incluindo a entonação das falas e a manipulação dos bonecos. Isso foi diferente em relação aos estudantes da escola A, que ficaram mais passivos em relação às definições e determinações que fizemos. Talvez o fato de eles serem de turmas e salas diferentes tenha influenciado essa postura contrária à dos estudantes da escola B, que eram da mesma turma e série.

Em se tratando do produto educacional, em especial o olhar das professoras para o material gostaríamos de destacar:

O texto dramático *“Harmonices Mundi”* possibilita uma interrelação entre áreas de conhecimento, e apresenta uma grande potencialidade de ser trabalhado dentro da sala de aula,

porém é visto como extenso, sendo sugerido que o mesmo poderia ser reduzido para fins de otimização de tempo, sendo a redução vista como preocupante por ser um texto que trata de uma narrativa histórica;

O tempo é um fator que influencia a realização da atividade proposta. Isso ocorre tanto devido às condições difíceis impostas pela realidade de funcionamento da escola quanto à necessidade de os estudantes terem mais tempo disponível. Isso é importante para que possam realizar leituras e ensaios, mesmo que tenham interpretado bem e atendido ao que estava disponibilizado no material.

Além do fato da sobrecarga que o docente do ensino básico tem, ao trazer essas novas alternativas, para a sua sala de aula, o que implica em escolhas, desafios, sem contar que também precisa conhecer o texto, do que ele trata, do que ele propõe.

Ressaltamos sobre o olhar das professoras para a apresentação da peça, que para as mesmas a mensagem do texto “*Harmonices Mundi*” foi passada, e que alguma coisa os alunos absorveram e compreenderam, ainda, a professora B sugere que poderíamos ter aplicado alguma atividade pós apresentação com os estudantes, porém não tivemos essa preocupação, a considerar que o nosso foco de pesquisa está no olhar do professor para o produto e a ação desenvolvida em sua sala de aula.

Apesar de uma das entrevistadas não ter participado dos ensaios, ela percebeu o empenho e engajamento de seus alunos durante o processo de preparação da peça, o que a fez considerar a atividade como viável

De um modo geral, as professoras consideram que o produto educacional é aplicável na escola, embora tenham opiniões distintas sobre as condições de aplicabilidade do mesmo. Em especial, divergem quanto à ajuda e apoio logístico. Enquanto uma entrevistada disse ser complicado aplicar a proposta sozinha, a outra entrevistada afirmou não ser difícil, uma vez que dispunha de ajuda para realizar a ação. Isso evidencia a importância do apoio ao docente por parte da escola e de quem a constitui.

Por fim, acreditamos que alcançamos o que esperávamos em termos de resposta à nossa pergunta, a partir do olhar dos sujeitos investigados (as professoras). Isso nos condiciona a potencializar a ação desenvolvida com o teatro para fins de divulgação da ciência na escola, o que pode ser vivenciado nas diversas etapas junto aos estudantes envolvidos nas atividades, às professoras que nos receberam em suas escolas e aos estudantes espectadores da peça *Harmonices Mundi*.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. R. P., **Estratégias de desenvolvimento científico e tecnológico e a difusão da ciência no Brasil** (In) CRESTANA, S.(org.) *Educação para a ciência: curso para treinamento em centros e museus de ciência*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 23-28, 2001.

ALMEIDA, Magna Cely Cardoso de Lima. **Astronomia em sala de aula: uma experiência com teatro de fantoches**. 2021. [83 f]. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PPGCEM) - Universidade Estadual da Paraíba, [Campina Grande - PB].

ALMEIDA, M. C. C. L.; SILVEIRA, A. F. **Astronomia em sala de aula: do estudo teórico para uma proposta usando o teatro de fantoches**. *Ensino & Multidisciplinaridade*, São Luís (MA), v. 8, n. 1, e0422, 2022. <https://doi.org/10.18764/2447-5777v8n1.2022.4>

ALMEIDA, C. MASSARANI, L. MOREIRA, I. C. **Representações da ciência e da tecnologia na literatura de cordel**. *Bakhtiniana*, São Paulo, 11 (3): 5-25, Set./Dez. 2016

BALARDIM, P.; RECIO, L. P. **Quando animação se torna aprendizado**. *Móin-Móin - Revista de Estudos sobre Teatro de Formas Animadas*, Florianópolis, v. 1, n. 20, p. 017-026, 2019. DOI: 10.5965/2595034701202019017. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/moin/article/view/1059652595034701202019017>. Acesso em: 16 fev. 2023.

BENEDICTO, E. C. P. **Ciência e Arte: discutindo conceitos e tecendo relações**. Curitiba, Appris, 2021.

BIESDORF, R. kloh. **ARTE, UMA NECESSIDADE HUMANA: FUNÇÃO SOCIAL E EDUCATIVA**. *Itinerarius Reflectionis*, Goiânia, v. 7, n. 1, 2012. DOI: 10.5216/rir.v2i11.1199. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/rir/article/view/20333>. Acesso em: 1 nov. 2022.

BRASIL. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC, 2002.

BROMBERG, C. **Os objetos da música e da matemática e a subalternação das ciências em alguns tratados de música do século XVI**. *Trans/Form/Ação/Marília*, v. 37, p.9-30, Jan./Abr., 2014.

BUENO, W. C. **Jornalismo Científico, ciência e cidadania**. In: *CIÊNCIA E CULTURA* 37 (9), p. 1420-1427, set. 1985

CALDAS, G., **O poder da divulgação científica na formação a opinião pública**. In: SOUZA, C. M. de (org.) *Comunicação ciência e sociedade: diálogos de fronteira*. Taubaté: Cabral Editora e Livraria Universitária, 65-79, 2004.

CANDOTTI, E. **Temperar Ciência e arte**. Folha de São Paulo, São Paulo, 29 ago. 2003.

CASEMIRO, R. **Consonâncias planetárias**: apresentação e fundamentação da “Terceira Lei” do movimento planetário no livro v do *Harmonices Mundi* (1619) de Johannes Kepler (1571 – 1630). Dissertação (Mestrado em História da Ciência) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC – SP, São Paulo, p. 168. 2007.

CASTANHEIRA, Carolina. P. **De institutione musica, de Boécio- livro I**: Tradução e comentários, 2009. 158p. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009

CUNHA, M. B da. **Divulgação científica**: Diálogos com o Ensino de Ciências. Curitiba: Appris, 2019.

FERNANDES, Â. M. B. **A História da Ciência por meio do teatro**: A Teoria do Calórico contada em cena. 2016. 75f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PPGECEM) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

FERREIRA, F. C. **Arte**: aliada ou instrumento no ensino de ciência? *Revista Arredia*, Dourados, MS, Editora UFGD, v. 1, n.1:1-12 jul./ dez. 2012.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila

FRANCO, C. & CAZELLI, S. **Alfabetismo Científico**: novos desafios no contexto da globalização. Ensaio. *Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(1), 1-18, 2001.

GUSMÃO, T. C. R. S. **Em cartaz**: razão e emoção na sala de aula. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2009.

GUSMÃO, Cynthia. **O ateliê musical de Claudio Ptolomeu**. *Scientiae Studia*, v. 11, p. 731-762, 2013.

HAMBURGER, E. W. **A popularização da ciência no Brasil**. In: CRESTANA, S.(org.) *Educação para a ciência: curso para treinamento em centros e museus de ciência*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 31-40, 2001.

IVANISSEVICH, Alicia. **A missão de divulgar ciência no Brasil**. *Cienc. Cult.*, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 4-5, 2009. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252009000100002&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 24 Nov. 2022.

LELLIS, Carla Márcia Basso Bortoloni. **O surgimento e a presença de seres irreais nas obras de Francisco Goya**. 2022.

LINO, Elivania. **Teatro de formas animadas na sala de aula: um recurso pedagógico para o desenvolvimento do ensino de teatro**. 2012. 50 f. Monografia (Licenciatura em Teatro) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MARANDINO, M. **A Cultura Escolar Frente aos Desafios das Novas Tecnologias no Ensino de Ciências**. Centro de Estudo Museu da Vida Fiocruz, Rio de Janeiro, 2003.

MASSARANI, L. **A divulgação científica, o marketing científico e o papel do divulgador.** In: SOUZA, C.M. de (org.), *Comunicação ciência e sociedade: diálogos de fronteira*. Taubaté: Cabral Editora e Livraria Universitária, 81-94, 2004.

MASSARANI, L.; ALMEIDA, C. **Arte e Ciência no palco.** História, Ciência e Saúde – Manguinhos, v.13, p. 233-246, outubro, 2006. Suplemento.

MATTHEWS, Michael. **História, filosofia e ensino de ciências:** a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 12 [3], p. 164-214, 1995.

MEDINA, Márcio, BRAGA, Marco. **O teatro como ferramenta de aprendizagem da física e de problematização da natureza da ciência.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. 2: p. 313-333, jan. 2010.

MELO, É. G. S. **Viagem ao Mundo do Teatro Científico-Experimental:** Aplicações no Ensino de Física. Editora Appris, 2020.

MIRABEAU, Thalisson Andrade *et al.* O teatro como estratégia dinamizadora no ensino de física. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências**, 2011.

MOREIRA, I. de C.; MASSARANI, L. **(En)canto científico:** temas de ciência em letras da música popular brasileira. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 13 (suplemento), p. 291-307, outubro 2006

OLIVEIRA, N.R.; ZANETIC, J. **A Presença do Teatro no Ensino de Física.** In: *IX Encontro Nacional e Pesquisa em Ensino de Física*, 2004. Anais eletrônicos: Jaboticatubas: Minas Gerais, 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/sys/resumos/T0104.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

PALHANO, P. R., **O movimento de ordem e desordem na linguagem artística:** as vivências contidas no exercício do fazer teatral. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, 2005

PALMA, Carlos. **Arte e ciência no palco.** Entrevista concedida a Luisa Massarani e Carla Almeida. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, vol.13, supl., 2006. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702006000500014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais / Arte. Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.

PEREIRA, R. A. **A física da música no Renascimento:** uma abordagem histórico-epistemológica. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de educação, Instituto de Física, Instituto de Química, e Instituto de Biociências. São Paulo, p. 107. 2010.

PRADO, L. A. G. **Matemática, física, e música no renascimento:** uma abordagem histórico-epistemológica para um ensino interdisciplinar. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 110. 2010.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M.: **Ciência e arte: relações improváveis?** História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 13, (suplemento), p. 71-87, outubro 2006.

ROSSI, P. **A ciência e a filosofia dos modernos**. Trad. Álvaro Lorencini, 1ª Reimpressão, São Paulo, Editora Unesp, 1992

SANTOS, R. R.; RIGOLIN, C. C. D. **Interação entre ciência e arte na divulgação científica**: proposta de uma agenda de pesquisa. Revista do EDICC (Encontro de Divulgação de Ciência e Cultura), v. 1, out/2012.

SILVA, D. M. O. da. **O teatro na escola**: Da construção cênica à visão do espectador sobre as ideias do calor ao longo da história. 2018. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018

SILVA, D.M.O. da e SILVEIRA, A.F da. **Divulgando e comunicando ciências nos espaços formais de educação**: um estudo com o teatro. In: SILVA, M.J.L. da; SALES, J.S; MENESES, C.H.G. **Rede Saberes**- 1ª ed. Campina Grande: EDUEPB, 2019, p.316-333.

SILVA, A. P. B. FORATTO, T. C. de M., GOMES, J. L. **Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos**. Cad. Bras. Ens. Fís., vol. 30, n. 3, p. 492-537. Dez. 2013.

SILVEIRA, A.F. **O teatro como instrumento de humanização e divulgação da ciência**: um estudo do texto ao ato da obra Copenhague de Michael Frayn. 2011, 234. Tese (Doutorado em Ensino Filosofia e História das Ciências) /UFBA-UEFS, Salvador.

TOSSATO, C. R. **Discussão cosmológica e renovação metodológica na carta de 9 de dezembro de 1599 de Brahe a Kepler**. In: Scientiae Studia. v. 2, n. 4, 2004, p. 537-65.

VIEIRA, F. T. **A vida de Kepler, Newton, Faraday e Einstein para a desmistificação do gênio científico**. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Araranguá, 2019.

ZANETIC, J. **Física e Arte**: uma ponte entre duas culturas. Pro-Posições, v. 17, n. 1, p. 39-57, jan/abr 2006.

ZANETIC, J. **Física Também é Cultura**. 160f. 1989. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1989.

APÊNDICE A- ENTREVISTAS E QUESTÕES

ENTREVISTA SOBRE A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

1) Para você, enquanto professora, qual a viabilidade desta atividade?

2) Você sugere algo sobre o fazer de hoje de modo a tornar a ação mais eficaz?

3) No encontro de hoje, tivemos a apresentação da peça para a turma, sendo que ontem realizamos 01 encontro para ensaio, com os alunos que interpretaram os personagens. O que você pontua sobre as ações do ensaio, de viabilidade, dificuldades, ou até mesmo sugestão sobre esta ação? (PROFESSORA A)

3) No encontro de hoje, tivemos a apresentação da peça para a turma, sendo que realizamos 03 encontros para ensaio, com os alunos que interpretaram os personagens, os quais você infelizmente não pode estar presente 100%, mas conseguiu observar um momento ainda. O que você pontua sobre as ações do ensaio, de viabilidade, dificuldades, ou até mesmo sugestão sobre esta ação? (PROFESSORA B)

4) Pensando esta ação de hoje, a apresentação da peça, o que foi positivo e ou negativo?

5) Você considera que a mensagem do texto foi passada? Será que eles captaram as informações? .

6) Para você qual é a mensagem que o texto a harmonia do mundo traz. Você acha que os alunos conseguiram captar essa mensagem? Fale um pouco sobre isso

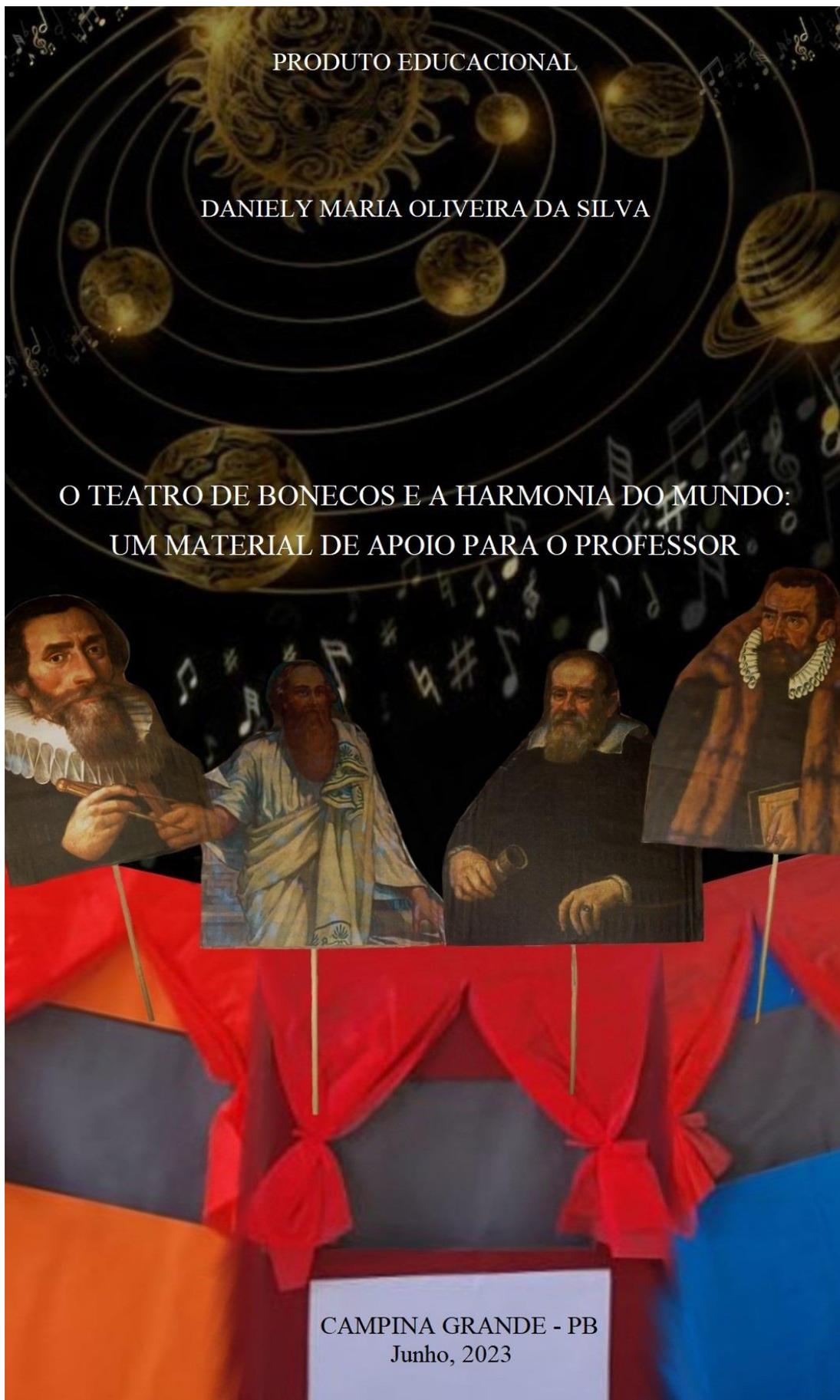
7) Você pretende desenvolver com os alunos alguma atividade sobre o que eles vivenciaram com o teatro? O que pretendes verificar com eles?

QUESTÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL

Questão 1) O produto educacional é constituído por alguns elementos, ele possui o texto dramaturgico Harmonices Mundi, orientações para o professor em relação a construção dos elementos cênicos e os personagens, etapas que trabalham a leitura dramatizada e ensaios ligados a outros elementos cênicos como músicas e projeções. Como você vê todos esses processos em termos de desafio de pegar o material e aplica-lo em sua sala de aula?

Questão 2) Em relação a execução das etapas de construção dos elementos cênicos, chegamos com a proposta pronta para ser aplicada em sala de aula. Como você vê a confecção dos elementos cênicos (cenário, bonecos de vara), em sua sala de aula, mediante o que é proposto no produto?

APÊNCIDE B – PRODUTO EDUCACIONAL



PRODUTO EDUCACIONAL

DANIELY MARIA OLIVEIRA DA SILVA

O TEATRO DE BONECOS E A HARMONIA DO MUNDO:
UM MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR

CAMPINA GRANDE - PB
Junho, 2023

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

As atividades de Divulgação Científica vêm crescendo e se disseminando nos espaços formais e não formais de ensino, seja na mídia, na escola, nos museus, em manifestações lúdicas e artísticas (CALDAS, 2004 *apud* SILVA, 2018). Mas mesmo com o notável crescimento dessas atividades, ainda existe a falta de recursos para que ocorram de maneira mais eficiente.

Desse modo apresentamos esta proposta didática que se constitui de um material de apoio para você professor(a) de Física da Educação Básica trabalhar a ciência por meio do teatro, em uma ação que unifica a ciência com a arte, com o intuito de divulgar um tema sobre a ciência no seu espaço de trabalho, em sua sala de aula. Pensando na sala de aula, este processo teatral é uma possibilidade de retroalimentação em que, a partir da arte, divulga-se o conhecimento científico, ao mesmo tempo em que o conhecimento científico proporciona a elaboração de apresentações artísticas

O tema escolhido para essa proposta surge de um estudo sobre a relação da música com a ciência, em que por meio de uma narrativa histórica, elaboramos um texto dramático denominado “*Harmonices Mundi*”, o qual discorre sobre os estudos de Johannes Kepler sobre a relação do movimento dos planetas e a harmonia musical, com base nas ideias de Pitágoras, até os albores do século XVI, em especial as ideias de Zarlino e Vincenzo Galilei.

O material de apoio é uma alternativa para promover a divulgação científica por meio do teatro de bonecos e diz respeito a um conjunto de elementos que lhe norteará para tratar do tema antes mencionado. Dentre os elementos que compõem este material temos: um texto dramático; as orientações sobre a confecção de cenário e bonecos de vara; como trabalhar o texto dramático: oficinas de leitura do texto e ensaios com os estudantes, e por fim, indicação de sonoplastia e projeções.

APÊNDICE 1 – TEXTO DRAMATÚRGICO: *HARMONICES MUNDI***PEÇA: *HARMONICES MUNDI*****PLANO A: CENÁRIO 2****ARCO DE KEPLER****1º ATO****MÚSICA 1****CENA 1: KEPLER**

[PROJEÇÃO 1: KEPLER CRIANÇA – TEMPO NO VÍDEO: 00:03s]

NARRADOR: O jovem Johannes Kepler questionava-se sobre o porquê de as estrelas estarem no céu e o porquê de Deus ter criado o Universo dessa maneira.

KEPLER – Por que será que Deus criou o mundo desse jeito? Será que teria algum motivo? Será que podemos explicar isso de alguma forma? Por que existem tantas estrelas? Será que existem outras estrelas além da nossa Terra? E a lua, por que será que ela parece estar sempre me acompanhando? Será que existem pessoas nessas estrelas? (TÉRMINO DA PROJEÇÃO 1)

CENA 2: INFÂNCIA E SEMINÁRIO PROTESTANTE

NARRADOR: Kepler nasceu em Weil, na Alemanha, em 1571, cidade que fazia parte do Sacro Império Romano Germânico; viveu em um período influenciado pela Reforma Protestante. Apesar de sua família seguir os ensinamentos da Igreja Protestante, Kepler foi batizado em uma Igreja Católica.

[PROJEÇÃO 2: KEPLER OBSERVANDO OS EVENTOS ASTRÔNOMICOS E OS PAIS DELE – TEMPO NO VÍDEO: 00:36s]

NARRADOR: Durante o período da escola primária, Kepler observou dois eventos: a passagem de um cometa e um eclipse lunar, que marcariam a vida dele de forma positiva. Sua família era problemática. Seu pai ingressou em um grupo de soldados mercenários quando ele tinha apenas

três anos; alguns anos depois, se alista no serviço militar e em 1588 abandona sua esposa e filhos. A mãe de Kepler, entre 1617 a 1620 foi acusada e julgada por feitiçaria. Mas nada disso impediu Kepler de seguir com seus estudos. Ele decide seguir a carreira religiosa e, no seminário teológico, se destacou dos demais estudantes pela sua capacidade de raciocínio e argumentação e sua devoção religiosa, que o levaram a cursar a Universidade de Tübingen, na qual ele ingressou em 1589. (TÉRMINO DA PROJEÇÃO 2)

ENTRA MÚSICA 2 (AO TÉRMINO DA MÚSICA VEM O NARRADOR COM A FALA)
MÚSICA 2

CENA 3: PRIMEIRA UNIVERSIDADE

NARRADOR: A universidade de Tübingen era uma universidade com preceitos luteranos. Independente das disciplinas que lecionavam, direcionavam as aulas de acordo com as escrituras sagradas. É nesse ambiente que Kepler conhece o professor de matemática Michael Mastlin.

BONECOS DE VARA: BONECOS 1 e 2 (KEPLER E MICHAEL MASTLIN)
(ENTRA EM CENA BONECO 2)

MICHAEL MASTLIN: Esse estudante tem um grande potencial, principalmente em matemática. Eu poderia ensiná-lo sobre o sistema copernicano, mesmo que este seja considerado contrário aos ensinamentos bíblicos, e sei que ele não irá me decepcionar. Senhor Kepler!

(ENTRA DE CENA BONECO 1)

MICHAEL MASTLIN: Observei que você é bastante dedicado nas aulas, principalmente na de matemática e astronomia, você gostaria de aprender sobre o sistema copernicano?

KEPLER: E do que se trata esse sistema?

MICHAEL MASTLIN: É um modelo matemático, do estudioso Nicolau Copérnico, que descreve como o planeta Terra gira ao redor do Sol, assim como os demais planetas.

KEPLER: Interessante!!! De fato, já havia uma inquietação dentro de mim sobre a teoria do universo, achei muitas inconveniências que são aceitas e acredito que se olharmos por outra perspectiva poderemos chegar à mais perfeita explicação do Universo.

MICHAEL MASTLIN: Essa sua inquietação, acredito que será sanada por este modelo. Em meus estudos, percebi que este é o melhor modelo que descreve o funcionamento do Universo.
(SAI DE CENA BONECO 2)

NARRADOR: Sem nem imaginar, Mastlin se tornou o maior influenciador de Kepler dentro da Universidade com seus ensinamentos, os quais Kepler levou para o resto da vida. Em 1591, Kepler recebe o grau de mestre pela Universidade de Tübingen e logo é convidado para ser professor em uma escola luterana em Graz. Ele hesitou de início, pois desejava torna-se clérigo, porém terminou aceitando.

(SAI EM CENA BONECO 1)

ENTRA MÚSICA 3 (AO TÉRMINO DA MÚSICA ENTRA A FALA DO NARRADOR)

MÚSICA 3

2º ATO

CENA 1: UNIVERSIDADE DE GRAZ

NARRADOR: Kepler agora é *mathematicus provincial* na universidade luterana, em Graz – este termo era usado para designar a função de professor de matemática e astronomia. E como essas matérias não eram as preferidas dos estudantes, Kepler discutia um pouco sobre astrologia.

BONECOS DE VARA: BONECO 1 (KEPLER)

[PROJEÇÃO 3: VÍDEOS DAS CONJUNÇÕES ZODIACAIS – TEMPO NO VÍDEO: 01:29s]

KEPLER: Hoje eu vou desenhar e descrever um padrão nas conjunções de Júpiter e Saturno. Percebe-se que elas têm um padrão repetido a cada 20 anos e essas grandes conjunções ocorrem de oito em oito signos zodiacais, por exemplo, no ano de 1583 a conjunção foi sobre o signo de Áries, já em 1603, 20 anos depois, sobre o signo de Sagitário, mais 20 anos depois no signo de Leão e assim sucessivamente. E ao unirmos 3 pontos, formamos um triângulo. E ao

inscrevermos vários triângulos dentro do círculo maior, forma-se um círculo menor por onde se entrecruzam as linhas dos triângulos. As proporções entre os raios destes círculos são quase idênticas aos raios dos orbes de Saturno e Júpiter.

KEPLER: Se esses raios dos orbes de Saturno e Júpiter possuem relação entre si, os raios dos outros orbes dos planetas também devem possuir. Agora, quais figuras geométricas planas devem me proporcionar essa razão? E se encaixarmos essas figuras planas em orbes tridimensionais?

[PROJEÇÃO 4 – TAÇA CÓSMICA – TEMPO NO VÍDEO: 02:24s]

KEPLER: Mas, ao fazer meus cálculos de acordo com a teoria de Copérnico, percebi que os meus dados não coincidiam com os dele. Constatei então que o próprio Copérnico não pôs o Sol como centro no universo.

Com a ajuda de meu amigo Michael Mastlin, coloquei o Sol como centro do Universo e, ao refazer meus cálculos, encontrei dados muito diferentes. E digo mais: [PROJEÇÃO 5 :ORBES CIRCULARES – TEMPO NO VÍDEO: 02:36s] nesta perspectiva, acredito que o Sol seja o motivo pelo qual os planetas se movem, com os que estão mais longe se movimentam mais devagar e os que estão mais perto mais rápidos.

(SAI DE CENA BONECO 1)

NARRADOR: Com esse estudo, em 1597, ele publica a obra *Mysterium Cosmographicum*, a qual tratava dos padrões das conjunções de Júpiter e Saturno e das esferas planetárias e os poliedros encaixados. No fim do século XVI a universidade de Graz é fechada por conta da Contrarreforma católica imposta pelo arquiduque Ferdinando de Habsburgo, perseguindo os protestantes, como uma resposta ao avanço do protestantismo na Europa. Com isso, Kepler precisou encontrar outro lugar (ENTRA BONECO 3) [PROJEÇÃO 6 – MAPA DE GRAZ PARA PRAGA – TEMPO NO VÍDEO: 02:54s] para continuar suas pesquisas. Ele foi obrigado a deixar Graz e se mudar para Praga em 1598, onde iniciaria a sua parceria com Tycho Brahe.

CENA 2: MUDANÇA PARA PRAGA

MÚSICA 3 (TÉRMINO DA MÚSICA ENTRA FALA DO NARRADOR)

NARRADOR: Depois da publicação de seu primeiro modelo de movimento planetário, Kepler chamou a atenção do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe, que lhe ofereceu um emprego de assistente em seu observatório em Praga.

BONECOS DE VARA: BONECO 1 E 4 (KEPLER E TYCHO BRAHE)

TYCHO BRAHE: Aqui você estará servido dos melhores dados astronômicos já coletados sobre os planetas, pois foram muitos anos de observações e coletas feitas por mim.

KEPLER: Por isso que aceitei, com os dados coletados por você e minhas contribuições poderemos explicar com mais exatidão os movimentos planetários.

TYCHO: Mas você, Kepler, terá que analisar segundo o meu modelo, onde a Terra é o centro do Universo, e os outros planetas e o Sol giram ao redor dela. Inicialmente quero que você consiga determinar a órbita de Marte que durante todos esses anos não consegui determinar.

(SAI DE CENA BONECO 4 E FICA BONECO 1)

NARRADOR: Essa tarefa leva muito mais tempo do que Kepler pretendia e sua relação com Tycho começa a fragilizar, pois Kepler não quer renunciar ao sistema copernicano, o que faz com que Tycho não lhe dê acesso a todos os dados que possui. Até que Tycho falece em 1601 e Kepler assume o posto de matemático imperial de Praga, tendo assim acesso a todos os dados coletados por Tycho.

KEPLER: Com esses dados conseguirei explicar melhor a órbita de Marte. Mas os dados relacionados com o modelo circular de movimento dos planetas parece não encaixar para Marte, talvez as trajetórias das órbitas planetárias não sejam perfeitamente circulares. Mas qual seria o modelo de trajetória dos planetas que poderia explicar a partir dos dados coletados? Por meio dos cálculos, com base dos dados observacionais, descobri que a trajetória real dos planetas não é um círculo, mas uma oval, perfeitamente elíptica.

NARRADOR: Neste momento, quebra-se um pensamento sobre os movimentos dos planetas que perdurou mais ou menos dois mil anos. A partir disso, Kepler chega a se questionar sobre

qual seria a força motriz para que os planetas se movessem. Após leituras dos livros de Jean Taisner e de William Gilbert, ele se convenceu de que a força do Sol poderia ser magnética. Isso o levou à publicação de outra obra, a *Astronomia Nova*.

[PROJEÇÃO 7 – MOVIMENTO ELÍPTICO DE UM PLANETA – TEMPO NO VÍDEO: 03:07s]

KEPLER: Por ser um movimento elíptico, o Sol fica em um dos focos e os planetas, quando estão mais afastados do Sol se movimentam mais devagar e quando mais perto se movimentam mais rápidos.

Como pode o Criador, em sua perfeição, não ter feito tudo isso com um propósito?

E se o universo for um instrumento de música e os planetas, através de suas velocidades e trajetórias, possuírem uma melodia, uma nota musical, que gera uma harmonia individual, que somando à de todos os planetas levam a uma harmonia do Universo?

(BONECO 1 SAI DE CENA)

PLANO B – CENÁRIO 1

ARCO DE PITÁGORAS

MÚSICA 2 (TERMINAR MÚSICA ENTRA NARRADOR)

3º ATO: A MÚSICA E KEPLER

MOMENTO 1:

NARRADOR: A música sempre fez parte da humanidade, seja ela com propósitos religiosos ou de diversão, seja ela para eruditos ou burgueses, seja ela para fins informativos ou de protestos. A música tem caráter amplo e passa de geração a geração. Será que ela e a ciência também se relacionam desde a antiguidade?

CENA 1: A Lenda do Martelo

[PROJEÇÃO 8: FIGURAS DE PITÁGORAS – TEMPO NO VÍDEO: 03:41s]

NARRADOR: Pitágoras e um de seus discípulos passeavam pela rua quando ele ouve o bater dos martelos. Eles então param na serralheria e começam a observar. O seu discípulo, sem entender o que acontecia, apenas acompanha seu mestre na observação.

BONECOS DE VARA: BONECOS 5 E 6 (PITÁGORAS E DISCÍPULO)

PITÁGORAS: Olha para isto meu caro!

DISCÍPULO: O que há mestre ?!

PITÁGORAS: Ouça os sons desses martelos!!!

DISCÍPULO: Martelos?! Não consigo perceber!

PITÁGORAS: Veja só! Observe como há momentos em que os martelos produzem sons tão agradáveis... Parece até que 3 martelos produzem um único som... Hahahahahaha... (SORRI PITÁGORAS). Isto parece ser muito puro! Três martelos soando de forma tão perfeita... Percebe a pureza disto? 1, 2, 3 e 4 são os números mais puros, que formam a matéria: terra, fogo, ar e água, os elementos que constituem o universo! Tudo é número, meu caro discípulo!

NARRADOR: No dia seguinte o discípulo de Pitágoras o encontra na Escola de Samos. E se inquieta com o que ele estava fazendo.

DISCÍPULO: Mestre, o que estás a desenvolver, seria um instrumento musical ou um artefato para experimento?

PITÁGORAS: Isto, meu caro, é instrumento musical para estudo. Ele é feito de madeira com uma corda tensionada por cavaletes, daí o nome, Monocórdio, “*mono*” uma, “*cordio*” corda. Caso eu queira acrescentar mais uma corda poderei chamá-lo de *Dicordio*, e assim até quantas cordas eu queira, mas este é um monocórdio!

DISCÍPULO: E como ele funciona, mestre?

[PROJEÇÃO 9: DO VÍDEO DO MONOCÓRDIO – TEMPO NO VÍDEO: 04:02s]

PITÁGORAS: Olha que interessante!!! De acordo com minhas observações no Monocórdio, com uma corda solta, tenho um som. Vejamos o que Donald diz:

[PROJEÇÃO 10: VÍDEO DO PATODONALD NO PAÍS DA MATEMÁTICA E O NÚMERO DE OURO – TEMPO NO VÍDEO: 05:00s]

(NO TÉRMINO DA PROJEÇÃO ENTRA A FALA DO NARRADOR)

NARRADOR: No desenvolvimento de suas notas até completar um ciclo, chamado de Ciclo Pitagórico, esta foi a primeira escala tônica musical da história ocidental, a primeira vez no Ocidente que a matemática justificou a música. Mas... Como nem tudo na vida são flores, o ciclo Pitagórico não fechava: ele, na verdade, formava um espiral. [PROJEÇÃO 11: ESPIRAL DO COMA PITAGÓRICO – TEMPO NO VÍDEO: 05:58s] (ENTRA PROJEÇÃO MAS O NARRADOR CONTINUA A FALA). A última oitava do ciclo ficava sempre num tom um pouco mais alto do que deveria, pois não encaixava nos números perfeitos, gerando uma oitava não tão perfeita, e isto foi um problema insolucionável para Pitágoras e seus pitagóricos, o chamado *Coma Pitagórico*.

PITÁGORAS: Ora... O que acontece com a última oitava do ciclo? Não soa perfeitamente como as outras notas...

DISCÍPULO: Mestre, já tentamos de todos os modos! Não existe número perfeito para esta nota. A última oitava no ciclo sempre fica levemente mais aguda do que deveria...

PITÁGORAS: Vamos continuar tentando solucionar, vamos continuar tentando...

(SAI BONECO 5 E 6)

FINALIZA PLANO B

PLANO C – CENÁRIO 3

ARCO DE ZARLINO E VINCENZO

MOMENTO 2:

MÚSICA 4 - CANTO GREGORIANO – DURAÇÃO 34 SEG. – ARQUIVO PESSOAL]

ENTRA EM CENA OS BONECOS 7 E 8 (ZARLINO E OS CANTORES)

ZARLINO: Não! Não! Não! Não tenho como escrever em pauta! Duas vozes cantadas ao mesmo tempo, não cabe dentro da escala Pitagórica! Quando a nota termina numa oitava, sempre desafina!

(SAI BONECO 8, NARRADOR ENTRA COM A FALA EM SEGUIDA)

NARRADOR: Após sua apresentação na capela, como grande teórico musical que era, Zarlino foi estudar a escala e suas divisões, procurando adequar cada tom ao sistema Pitagórico musical.

ZARLINO: Hum... Então o problema da escala Pitagórica está nas quartas, oitavas e terças mínimas. As proporções escolhidas para elas afetam a consonância da escala, é preciso reorganizá-las conforme o mestre Pitágoras designou em sua perfeição.

NARRADOR: Após anos estudando as possíveis combinações, Zarlino publicou seu primeiro livro: *Institutione*, e como ele era muito respeitado na área, sua obra foi bem aceita!

ENTRA BONECO 9 (MÚSICO) NA SALA DE ZARLINO

MÚSICO: Zarlino, que grande obra! Mas fiquei com algumas dúvidas. Quer dizer que na primeira parte do... (ZARLINO O INTERROMPE)

ZARLINO: Realmente, meu rapaz, inicialmente identifiquei e demonstrei que, além da música ser subordinada à aritmética, pode ser aprendida pelo intelecto, não sendo necessária a sua prática musical. A oitava era o intervalo musical capaz de gerar os demais, e não mais a quinta justa.

Depois resolvi tratar muitíssimo bem, um grupo de consonâncias possíveis e o lugar dos intervalos.

E por fim, o objeto da música, o número sonoro!

MÚSICO: Claro, Zarlino, muito bom! A polifonia está causando uma dor de cabeça enorme para nós músicos! Outro dia fui orquestrar usando o *Helicon*, juntamente com o *Alaúde*, e ao invés do canto gregoriano resolvi colocar 2 pessoas cantando. Uma sobrepondo a voz da outra ao final de cada fala! Meu amigo, eu te digo: meus ouvidos não aguentavam ouvir aquilo! Ficou feio e até fui chamado pelo arcebispo por tal resultado!

ZARLINO: Então meu caro é possível resolver o problema de contraponto e a afinação! Veja só, as oitavas e terças devem permanecer justas, e as quartas e terças menores ficam impuras! Venha comigo que eu vou te mostrar.

NARRADOR: O músico segue Zarlino para os bastidores e reúne todos os cantores para uma demonstração.

(ENTRA BONECO 8)

ZARLINO: Rapazes, por favor, comecemos como ensaiamos: Rafael, segunda oitava de Fá. Julius, quinta oitava de Fá, junto com o último compasso de Rafael!

[MÚSICA 5 - DE CANTO GREGORIANO NO SÉCULO XVI]

MÚSICO: Que maravilha, Zarlino! Você conseguiu resolver o nosso grande problema na polifonia: o contraponto e a afinação! Bravo, Bravo! Vou estudar seu livro e aplicar sua teoria musical! A missa ficará graciosa!

ZARLINO: De certo, meu caro! Como bom católico que sou, tenho me empenhado muito! Desejo que os fiéis ouçam a palavra de Deus com tal perfeição que ele é!

MÚSICA 5

(SAI DE CENA OS BONECOS 8 E 9)

NARRADOR: Zarlino ficou muito satisfeito com o resultado e se gabava do seu sucesso. Mediante felicitações de sua obra, recebe uma carta de um ex-discípulo seu, Vincenzo Galilei, mesmo a contragosto ele resolve se encontrar com Vincenzo

BONECO DE VARA: BONECO 10 (VINCENZO)

VINCENZO: Prazer em revê-lo, Zarlino!

ZARLINO: (TOM DE SOBERBA) Iguamente.

VINCENZO: Eu li seu livro! E tive algumas dúvidas. Como chegou ao resultado da nova escala? Eu também estudo resoluções para a polifonia, gostaria de entender como chegou a este resultado.

ZARLINO: Eu te pergunto: o Sr. já leu Boécio, grande filósofo, músico teórico e político? Pois bem, em sua obra, legado esplendoroso, ele deixa claramente a divisão da música como ciência matemática. Além disto, ele fornece toda teoria de Pitágoras e ainda diz que os números se mostram primeiro que a música, e que os intervalos das escalas musicais são estabelecidos pelas relações existentes nas razões de números inteiros, especificamente aqueles de 1 a 4.

VINCENZO: Sim! Eu já tive o privilégio de ler a obra de Boécio, e muitas outras registradas na história. Penso que como estudiosos temos o dever de questionar e verificar se o que lemos pode ser comprovado matematicamente, e até mesmo reavaliar o caráter da música como subordinada à aritmética.

ZARLINO: Sr. Vincenzo, não há o que inventar! Não é necessário inventar a roda novamente!

VINCENZO: Pois bem, eu fui checar seu sistema sinfônico, o qual considerou consonante, e realizei os cálculos para a sua escala no alaúde, e vi que a proporção final gera uma dissonância.

ZARLINO: Não seja tonto, meu rapaz! Minha obra é perfeita. Todos os músicos estão felizes com os resultados.

VINCENZO: Com todo respeito, não concordo que a música seja subordinada à matemática. E acredito que é necessário testar, e ressignificar até mesmo escritas como as do estimado Boécio. Não será possível avançarmos na teoria musical se não experimentarmos suas razões matemáticas aplicadas nos instrumentos, como o helicon, o alaúde, e as vozes.

ZARLINO: Está tudo em minha obra. Estude-a melhor. Passar bem.

(SAI DE CENA BONECO 7)

NARRADOR: Vincenzo, ao chegar em casa, começa a testar proporções em tubos abertos e fechados simulando o helicon e percebe, através da leitura de Aristóxeno, que se dividisse um tom, a distância de uma nota para outra, em partes iguais, ele obtinha sons mais consonantes. Vincenzo publica uma crítica aberta à Zarlino em seu livro o “*Diálogo*”. Apesar deste desmerecer sua obra, Vincenzo não se intimida e continua suas pesquisas.

VINCENZO: Hoje vou realizar experimentos com tubos de ar! Já estão aqui separados! Um com as duas extremidades abertas e outro só com uma extremidade... Estou empolgadíssimo!

Será que se eu mudar o material do tubo tenho outro tipo de som? E se a largura variar também consigo variar o som produzido? E outras propriedades do material como tensão, densidade. Qual material é melhor de propagar o som?

Hum... Deixe-me ver, Aristóteles, já pensava que por meio de uma analogia ao movimento das ondas na água existia um movimento oscilatório do som, então, isto quer dizer que deve haver uma fonte emissora da vibração fazendo-o propagar pelo ar e que também pode haver uma refração do som por meio da compressão do ar... E isto faz muito sentido! Vejamos:

[PROJEÇÃO 12: DOS COPOS COM ÁGUA – TEMPO NO VÍDEO: 06:18s]

Manipulando os tubos, percebo que o som que sai de cada um deles são distintos, ou seja: tubos abertos e fechados podem produzir intervalos diferentes, portanto, a relação da altura da nota varia inversamente ao volume cúbico do tubo!

É fato! eu posso reestruturar uma escala, fora do dogma pitagórico que suporta diferentes tipos de instrumentos e vozes! Inclusive a polifonia! A escala temperada!

(SAI DE CENA BONECO 10)

NARRADOR: Vincenzo, além de divulgar amplamente a obra de Aristóxeno, reforça a importância da experimentação e contestação em sua vida científica, refutando as teorias especulativas de Zarlino e contribuindo para o desenvolvimento do Sistema temperado musical.

NARRADOR: Depois dessa viagem no tempo, Kepler pensa: será que, de acordo as órbitas planetárias, eu não estava tendo muito sucesso por conta desse dogma pitagórico?

FINALIZA PLANO C

PLANO A: CENÁRIO 2

ARCO DE KEPLER

4° ATO: HARMONICES MUNDI

MÚSICA 6

ENTRA EM CENA BONECO 1 (KEPLER)

KEPLER: Acredito que, através de vários estudos que fiz durante minha vida, e das diversas parcerias com estudiosos de várias áreas, posso finalmente explicar a minha visão do Universo.

Primeiramente, aceito incondicionalmente que a Terra e os demais planetas giram ao redor do Sol, pois é o modelo heliocêntrico que explica melhor o Universo, ou seja, o Sol é a fonte do movimento dos planetas...

E baseando-me na conclusão da minha primeira publicação do *Mysterium Cosmographicum*, o número de planetas e o número de órbitas em torno do Sol, foram tirados pelo mais sábio Criador dos cinco sólidos regulares, o cubo, tetraedro, dodecaedro, octaedro e icosaedro. Esses sólidos geram as esferas ou órbitas nas quais os seis planetas do Universo estão contidos, sendo eles Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno. Veja como se encaixa perfeitamente...

[PROJEÇÃO 4: TAÇA CÓSMICA, DAS ORBES TRIDIMENSIONAIS – TEMPO NO VÍDEO: 07:05s]

No *Astronomia Nova*, consegui definir que as órbitas descritas pelos planetas ao redor do Sol é um elíptico, pois ao longo de um ano os planetas se aproximam e se afastam do Sol.

Mas e a melodia do Universo? Como nascemos nele, não conseguimos escutar a música celeste, mas podemos, compreendê-la.

Através de estudos, consegui estabelecer uma relação entre períodos e distância entre dois corpos celestes, graças ao expoente de $3/2$, estudado muito antes por Pitágoras, enquanto ele estudava em seu monocórdio. Essa relação de períodos e distância, chamei-a de LEI HARMÔNICA. Por meio dela, podemos calcular os movimentos do planetas no Afélio e Periélio e, assim, podemos revelar a harmonia que adorna o mundo.

[PROJEÇÃO 13: MOVIMENTO ELÍPTICO DE TODOS OS PLANETAS – TEMPO NO VÍDEO: 07:18s]

Com esse entendimento, podemos pegar as velocidades angulares no Afélio, o ponto mais longe do Sol, e no Periélio, o ponto mais perto, de cada planeta. Podemos comparar para um observador no Sol, para calcular cada tempo do planeta em cada um desses pontos em relação ao Sol e transformá-los em números inteiros, basta fazermos a razão entre o ponto mais distante e ponto mais próximo. Por exemplo para Saturno essa razão é $4/5$, que na escala Pitagórica é uma terça maior. Daí, cada planeta terá uma razão para estes pontos.

Depois, estabeleci a harmonia entre os pares de planetas vizinhos como Saturno- Júpiter, Marte-Terra, e Terra-Vênus, em que, de acordo com o tempo de afélio e periélio de cada um, teria novas razões, [PROJEÇÃO 14 – PARES DE PLANETAS E SUAS RAZÕES – TEMPO NO VÍDEO: 07:40s por exemplo ao ter Júpiter no ponto mais distante do Sol e Saturno no ponto mais próximo, sua razão era de 1 dividido por 2, a oitava perfeita da escala pitagórica, mas, ao comparar Marte mais distante e a Terra mais próxima, existia uma razão imperfeita de 5 dividido por 12, sendo uma décima menor.

Não estava conseguindo ajustar a harmonia para a perfeição das razões segundo a escala pitagórica, pois encontrava razões imperfeitas, mas ao me apropriar dos estudos sobre a polifonia na música de Zarlino e Vincenzo, consegui descrever com mais perfeição a melodia para cada planeta; percebi que, ao longo de um ano, ao se movimentarem, cada planeta possui mais de uma nota musical, com exceção de Vênus, que durante todo esse período só produz um som.

Como Saturno é o planeta mais afastado do Sol, portanto o mais lento de Afélio, ele corresponderá a nota mais grave SOL do sistema harmônico. A Terra possui o mesmo movimento de Afélio em relação a Saturno e terá a mesma nota, mas por possuir uma órbita menor sua nota musical SOL será mais AGUDA.

NARRADOR: Kepler encontra todas as notas musicais para os planetas, mas não consegue reproduzi-la. A HARMONIA DO MUNDO só foi percebida com estudos astronômicos mais avançados.

[PROJEÇÃO 15: VÍDEO – PLANETAS DOS SISTEMA SOLAR COM SEU RESPECTIVOS SONS - KEPLER: LA ARMONÍA DEL MUNDO. MÚSICA Y ASTRONOMÍA – TEMPO NO VÍDEO: 08:03s]

FIM

APÊNDICE 2 – MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR

1. ORIENTAÇÕES SOBRE A CONFECÇÃO DE CENÁRIO E BONECOS DE VARA

Agora orientamos sobre como proceder para iniciar o trabalho de elaboração de alguns materiais da peça de teatro. Para isso abordaremos sobre a confecção de cenário e bonecos de vara com sugestão de alguns materiais, os quais poderão ser adquiridos entre o professor(a), os estudantes e gestão da escola.

1.1 Coleta de materiais para a confecção do cenário e dos bonecos de vara

O(A) professor(a) pode fazer uma reunião para coletar o material necessário para a confecção do cenário e dos bonecos de vara, podendo decidir sobre outros tipos de utensílios para este processo de confecção de elementos cênicos

Nossa sugestão de material para a construção do cenário:

- Caixas de papelão;
- Cartolina branca ou papel A4 branco;
- Cartolina colorida;
- Cola branca;
- Fita crepe;
- Bastão de cola quente;
- TNT.

Para a confecção dos bonecos de vara, sugerimos:

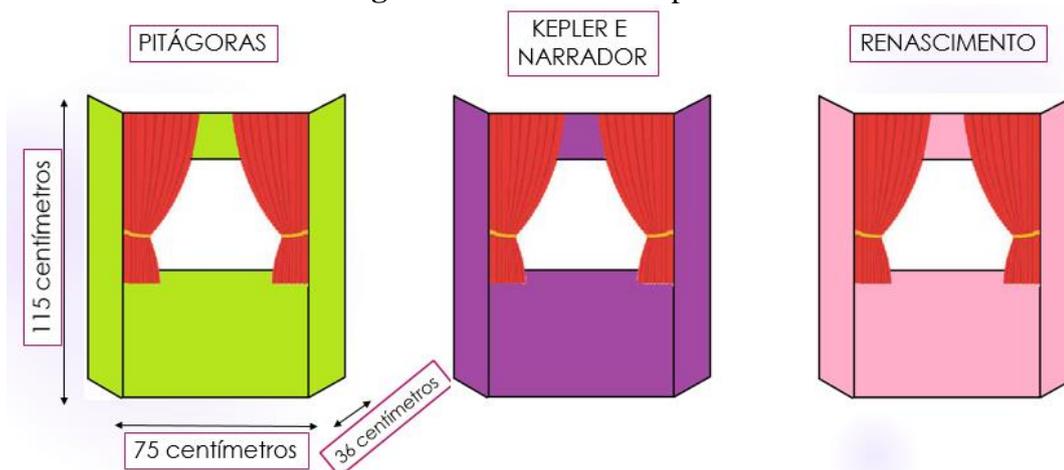
- Papelão ou Papel Cartão;
- Impressões das imagens dos personagens;
- Palito de churrasco;
- Tesoura;
- Cola branca;
- Fita crepe;
- Durex.

Depois da coleta dos materiais, o(a) professor(a) deve seguir para a construção do cenário e dos bonecos de vara.

1.2 Indicação de construção da estrutura cênica

Para o cenário foi pensado três estruturas de papelão de acordo com a Figura 1. O arco de Kepler no centro das estruturas; à esquerda o arco de Pitágoras; e à direita o arco do Renascimento.

Figura 1 – Estrutura dos painéis



Fonte: elaboração própria

As dimensões da estrutura foram pensadas de forma a comportar dois estudantes para manipulação dos bonecos de vara, ficando a critério do professor a melhor forma de confeccioná-las, de modo a permitir que os estudantes quando dispostos nas mesmas possam manusear e manipular os bonecos de vara.

A Figura 2 – A, B apresenta a estrutura de papelão montada conforme as medidas da Figura 1. Optamos por fazer uma estrutura em que pudéssemos manuseá-las com facilidade, de forma que a mesma se feche, conforme indicado na Figura 2 – C, D.

Figura 2 – Estrutura de cenário de papelão



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2023.

1.3. A confecção dos bonecos de vara

Para a construção dos bonecos de vara, primeiramente realizamos uma pesquisa na internet de imagens dos personagens do texto, as imprimimos cortamos as imagens que forma impressas no papelão, posteriormente cortamos o excesso do papelão adequando-o ao corte das imagens. Depois colamos um palito de churrasco com o auxílio da fita crepe, e finalizamos o acabamento do verso do boneco colando uma folha de ofício. Depois numeramos os bonecos com no respectivo aparecimento no texto.

Figura 3 – Bonecos de vara utilizados na peça. (A) Visão geral dos Bonecos de vara; (B) Kepler; (C) Kepler em um Cavalo; (D) Pitágoras; (E) Discípulo de Pitágoras; (F) Músico; (G) Zarlino; (H) Vincenzo Galilei; (I) Cantores; (J) Tycho Brahe e (K) Michael Mastlin.



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2023.

Os bonecos de vara da Figura 3, foram confeccionados pela autora da proposta. Para essa atividade, o(a) professor(a) poderá dividir a turma em duas equipes, uma para a confecção dos bonecos de vara e outra equipe para a construção do cenário. Disponibilizamos no link: https://drive.google.com/drive/folders/1BZj0SUZ9Q2gSzUy8ag6KTU_RfgTrhgD7?usp=drive_link, um vídeo-tutorial de como proceder neste processo de construção.

2. O TRABALHO COM O TEXTO DRAMATÚRGICO

2.1 Oficinas de leitura

Para a realização da oficina sugerimos que o(a) professor(a) escolha aleatoriamente sete estudantes para fazerem a primeira leitura do texto, a considerar que para essa proposta, dispomos de três planos de cenários e que é possível comportar dois estudantes em cada plano. Seis estudantes farão as falas dos personagens e 1 estudante fará a fala do narrador. De modo que durante a leitura os estudantes desenvolvam as falas dos personagens conforme o Quadro 1.

QUADRO 1- Distribuição dos personagens

Estudantes	Personagens
Estudante 1	Narrador
Estudante 2	Johannes Kepler
Estudante 3	Michael Mastlin, Tycho Brahe
Estudante 4	Pitágoras
Estudante 5	Discípulo e Músico
Estudante 6	Zarlino
Estudante 7	Vincenzo Galilei

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Na sequência uma segunda leitura, desta vez dramatizada, deve ser realizada pelos estudantes. Com a leitura dramatizada, o texto passa a ter “vida”, são realizadas as pausas necessárias no texto, as entonações nas falas podem se modificar, permitindo que os estudantes interiorizem os personagens do texto.

De acordo com a necessidade, o professor(a) pode realizar a atividade de leitura, quantas vezes for preciso, de modo que os estudantes se familiarizem bem com o texto

2.2. Ensaios

Depois da oficina de leitura é necessário que os estudantes conheçam os bonecos de vara que representam os personagens interpretados. A partir de então, os estudantes poderão manipular os bonecos de modo que os mesmos sejam movimentados durante a execução de suas falas. Depois disso, o(a) professor(a) solicita que os estudantes ocupem os espaços dos cenários, dois em cada plano, conforme a distribuição do Quadro 2.

QUADRO 2 - Distribuição dos estudantes nos planos de cenário

Estudantes	Bonecos	Plano
Estudante 1	Narrador	FORA DOS PLANOS
Estudante 2	Johannes Kepler	PLANO A
Estudante 3	Michael Mastlin, Tycho Brahe	PLANO A
Estudante 4	Pitágoras	PLANO B
Estudante 5	Discípulo e Músico	PLANO B e PLANO C
Estudante 6	Zarlino	PLANO C
Estudante 7	Vincenzo	PLANO C

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Ficam sugeridos três encontros para esta fase de leitura e ensaio: dois encontros para leitura e um encontro para manipulação de bonecos de vara em cena.

3. SONOPLASTIA E PROJEÇÕES UTILIZADOS NA PEÇA DE TEATRO

Para apresentação da peça *Harmonices Mundi*, fizemos uso de sonoplastia e projeções de imagens e vídeos ao longo dos 4 atos. As músicas que compõem a sonoplastia estão dispostas no texto dramaturgic como (Música 1, Música 2, Música 3, Música 4, Música 5 e Música 6), cujas fontes de pesquisa estão dispostas no Quadro 03 que segue. Já as imagens e vídeos projetados também estão distribuídos ao longo dos atos, conforme o Quadro 04, em que disponibilizamos as fontes de pesquisa para as imagens e vídeos usados na peça.

A fim de viabilizar o trabalho do professor em sala de aula, unificamos todas as projeções em arquivo denominado “Projeção Final”, a qual pode ser acessada no link: https://drive.google.com/drive/folders/1BZj0SUZ9Q2gSzUy8ag6KTU_RfgTrhgD7?usp=drive_link .

QUADRO 3 – Músicas que compõem a sonoplastia da peça de teatro

Músicas	Atos	Fonte de pesquisa
Música 1	1	https://www.youtube.com/watch?v=A22WYpnrBw4&ab_channel=AstreyaAnatharBhael
Música 2	1 e 3	https://www.youtube.com/watch?v=1ltK3U_q6_w&ab_channel=JesseGallagher
Música 3	2	https://www.youtube.com/watch?v=wCOc3mYrLTw&ab_channel=RoyaltyFreeMusic-AlexanderNakarada
Música 4	3	Produção própria com participação de Anderson Tertuliano Ferreira
Música 5	3	https://www.youtube.com/watch?v=NFsEFj3tzng&t=156s&ab_channel=CantoGregorianoEssential
Música 6	4	https://www.youtube.com/watch?v=gUTwaZghJLg&ab_channel=JoseDavidAvilaArevalo

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

QUADRO 4 – Imagens e vídeos que compõem as projeções da peça de teatro

Projeções	Atos	Fonte de pesquisa
Projeção 1- Kepler criança olhando para o céu.	1	 Desenho de Kepler criança de Josinaldo Ferreira da Silva Júnior está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional . Baseado no trabalho disponível em https://drive.google.com/file/d/1nFOFKYRh6nbq_6rUby8M9FLziEudUb7d/view?usp=drive_link
Projeção 2 – Kepler observando os eventos astronômicos e os pais dele.	1	 Desenho de Kepler observando os eventos astronômicos e os pais dele. de Josinaldo Ferreira da Silva Júnior é licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional . Baseado no trabalho disponível em https://drive.google.com/file/d/1nFsPWG1H2XmMAj-3qnbrbM2-ZH7ynZ0_/view?usp=drive_link
Projeção 3 – Conjunções zodiacais.	2	 Desenho das Conjunções zodiacais de Josinaldo Ferreira da Silva Júnior está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional . Baseado no trabalho disponível em https://drive.google.com/file/d/1nOII9QcIa-swf8uP38wBJd5xTfhC4sUm/view?usp=drive_link .
Projeção 4 – Taça Cósmica.	2	https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSar8CrUWWrms47WeQQQ6-fYpBdPIUFuGEvTyRnJLPel4veVO6lKNCcfVSF2KaAjxvJXjQ&usqp=CAU
Projeção 5 – Orbes Circulares.	2	INSTAGRAM: @orbitadouniverso
Projeção 6 – Mapa de Graz para Praga.	2	Mapa de Graz: https://media.istockphoto.com/id/681993908/pt/vetorial/graz-austria-map-1895.jpg?s=1024x1024&w=is&k=20&c=3FubWhkuaJ13RE86hUOO9Lh3cHsgQIBF0Gck7Ss_17Y=

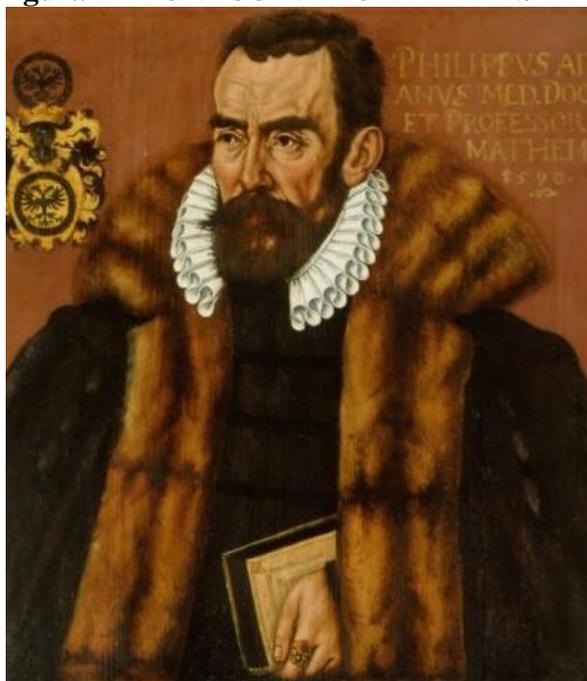
		Mapa de Praga: https://pt.praguemap360.com/mapa-antigo-de-praga
Projeção 7 – Movimento elíptico de um planeta.	2	https://www.youtube.com/watch?v=TUy6SC2MRig&ab_channel=SmileandLearn-Portugu%C3%AAs
Projeção 8 – Figura de Pitágoras.	3	Figura extraída da dissertação de Prado, 2010. PRADO, Luis Antonio Gagliardi. Matemática, física e música no renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica para um ensino interdisciplinar. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Som de martelos: https://www.youtube.com/watch?v=tpDHfalnguw&ab_channel=EfeitoSorono
Projeção 9 – Vídeo do Monocórdio.	3	Produção própria com participação de Anderson Tertuliano Ferreira
Projeção 10 – Vídeo do Pato Donald no país da matemática e o número de ouro	3	https://www.youtube.com/watch?v=wbftu093Yqk&t=91s&ab_channel=Educa%C3%A7%C3%A3oDocument%C3%A1rios
Projeção 11 – Espiral do Coma Pitagórico.	3	https://laboratoriodeluthieria.wordpress.com/2015/07/02/temperamento-a-musica-atraves-dos-numeros/
Projeção 12 – Dos copos com água.	3	Produção própria.
Projeção 13 – Movimento Elíptico de todos os planetas	4	https://www.youtube.com/watch?v=g1b8zZ3LZhY&t=146s&ab_channel=SocraticaPortugu%C3%AAs
Projeção 14 – Projeção dos pares dos planetas e suas razões.	4	 Desenho dos pares dos planetas e suas razões de Joassis Ferreira Mota está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional . Baseado no trabalho disponível em https://drive.google.com/file/d/1nOJFOczML9jGR7ET0iRmqMHnluIBA-df/view?usp=drive_link , com extração de figuras dos planetas disponível em https://www.tecmundo.com.br/ciencia/237310-saiba-origem-nomes-dos-planetes-sistema-solar.htm
Projeção 15 – Vídeo – Planetas do Sistema Solar com seus respectivos sons	4	https://www.youtube.com/watch?v=gUTwaZghJLg&ab_channel=JoseDavidAvilaArevalo

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

A ideia é que o(a) professor(a) fique responsável pela sonoplastia e projeções, cabendo ao mesmo executá-las nos momentos descritos no texto dramático, contudo, toda a dinâmica para a execução desta proposta fica a critério do(a) professor(a), cabendo o(a) mesmo(a), fazer as modificações e adaptações necessárias.

ANEXO 1 – IMAGENS PARA OS BONECOS DE VARA**Figura 1 - BONECO 1: KEPLER**

Fonte: <https://revistagalileu.globo.com/Sociedade/Historia/noticia/2020/01/quem-foi-johannes-kepler-um-dos-astronomos-mais-importantes-da-historia.html>

Figura 2 - BONECO 2: MICHAEL MASTLIN

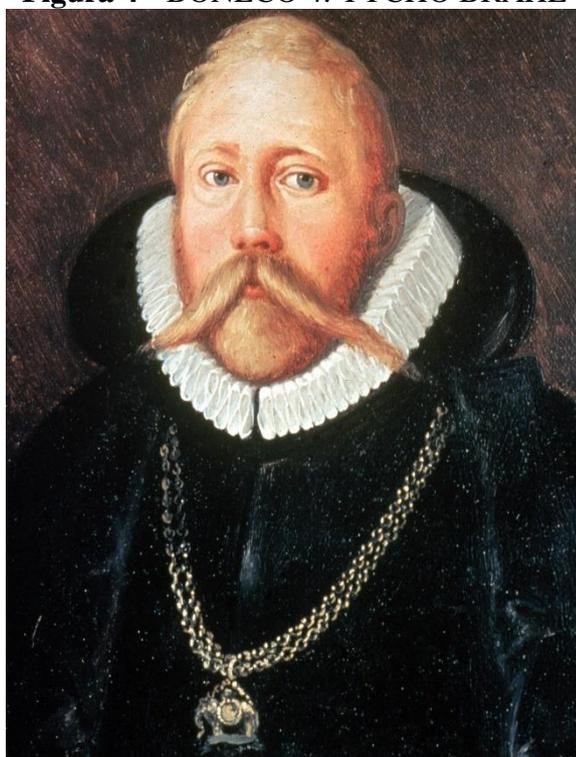
Fonte: <https://thonyc.wordpress.com/2018/07/11/michael-mastlin-not-just-keplers-teacher/>

Figura 3 - BONECO 3: KEPLER NO CAVALO



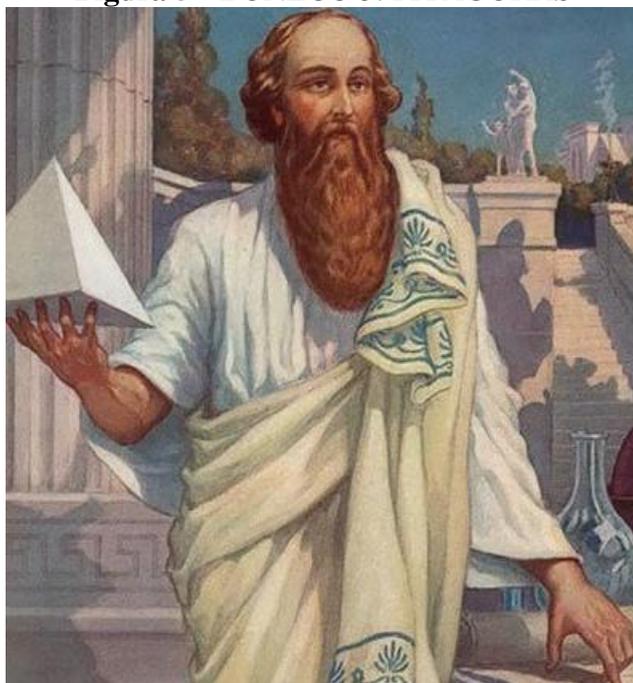
Fonte: <https://www.1zoom.me/pt/wallpaper/532256/z12912.2/>

Figura 4 - BONECO 4: TYCHO BRAHE



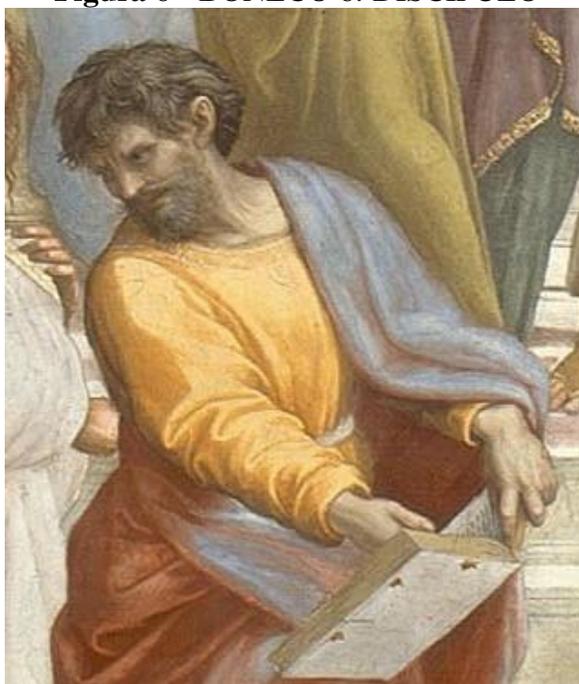
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Tycho_Brahe

Figura 5 - BONECO 5: PITÁGORAS



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/pitagoras/>

Figura 6 - BONECO 6: DISCÍPULO



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Pit%C3%A1goras>

Figura 7 - BONECO 7: ZARLINO



Fonte: <https://imagesofvenice.com/gioseffo-zarlino/>

Figura 8 - BONECO 8: CANTORES



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Pit%C3%A1goras>

Figura 9 - BONECO 9 – MÚSICO



Fonte: <https://musicanotempo.comunidades.net/musica-barroca>

Figura 10 - BONECO 10: VINCENZO



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Galileu_Galilei

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E VOZ

Pelo presente instrumento, o(a) titular do direito, abaixo identificado(a), AUTORIZA o uso de sua imagem e voz em material de divulgação, seja vídeo, áudio ou impresso, para fins educativos, técnicos, culturais e de divulgação científica, sem finalidade lucrativa, nas atividades de difusão, exibição, veiculação e campanhas institucionais da Universidade Estadual da Paraíba, autarquia estadual universitária, inscrita no CNPJ n.º 12.671.814/0001-37, concordando, para tanto, com os termos de divulgação expostos a seguir.

IDENTIFICAÇÃO DO TITULAR

Nome: _____

RG/ Órgão Emissor _____ CPF: _____

Endereço: _____

E-mail: _____ Telefone: _____

DOS TERMOS DE DIVULGAÇÃO

CLAUSULA 1ª. A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso da imagem e da voz em todo território nacional e no exterior, em todas as suas modalidades e, em destaque, das seguintes formas: (I) vídeo; (II) sítio eletrônico da Instituição (III) programas de televisão, rádio, reportagens para jornais e revistas; (IV) redes sociais (Facebook, Youtube, Instagram); entre outras peças de comunicação, por período indeterminado.

CLÁUSULA 2ª. Declaro, para todos os fins de direito, que assumo total responsabilidade pelo aporte ideológico e opiniões por mim externadas, isentando a Universidade Estadual da Paraíba de toda e qualquer responsabilidade acerca delas.

CLAUSULA 3ª. Para a solução de eventual litígio relativo ao uso de imagem e voz, fica eleito o Foro da cidade Campina Grande (PB), em detrimento de qualquer outro, por mais privilegiado que seja.

Por esta ser a expressão da minha vontade, declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização.

_____, (), _____ de _____ de _____.

Local

UF

Data

Assinatura