



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA**

**ANDERSON TERTULIANO FERREIRA**

**DIVULGANDO CIÊNCIA PELA ARTE: DA EXPLORAÇÃO DE UM TEXTO  
DRAMATÚRGICO AO OLHAR DOS ESTUDANTES**

**CAMPINA GRANDE  
2025**

ANDERSON TERTULIANO FERREIRA

**DIVULGANDO CIÊNCIA PELA ARTE: DA EXPLORAÇÃO DE UM TEXTO  
DRAMATÚRGICO AO OLHAR DOS ESTUDANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

**Orientador:** Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira

**CAMPINA GRANDE  
2025**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão 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.

F383d Ferreira, Anderson Tertuliano.

Divulgando ciência pela arte [manuscrito] : da exploração de um texto dramático ao olhar dos estudantes / Anderson Tertuliano Ferreira. - 2025.

64 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2025.

"Orientação : Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira, Departamento de Física - CCT".

1. Divulgação científica. 2. Arte científica. 3. Texto teatral. 4. Instrumento de divulgação científica. I. Título

21. ed. CDD 507

ANDERSON TERTULIANO FERREIRA

DIVULGANDO CIÊNCIA PELA ARTE: DA EXPLORAÇÃO DE UM TEXTO  
DRAMATÚRGICO AO OLHAR DOS ESTUDANTES

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso  
de Física da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à  
obtenção do título de Licenciado em  
Física

Aprovada em: 06/06/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Alessandro Frederico da Silveira** (\*\*\*.916.624-\*\*), em **16/06/2025 09:51:25** com chave **9cde333c4ab011f09fb41a7cc27eb1f9**.
- **José Antônio Ferreira Pinto** (\*\*\*.297.664-\*\*), em **16/06/2025 09:52:28** com chave **c26091e04ab011f0beac06adb0a3afce**.
- **Ana Raquel Pereira de Ataíde** (\*\*\*.970.704-\*\*), em **16/06/2025 09:55:13** com chave **2492ca184ab111f0b28a2618257239a1**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse [https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar\\_documento/](https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/) e informe os dados a seguir.

**Tipo de Documento:** Folha de Aprovação do Projeto Final

**Data da Emissão:** 16/06/2025

**Código de Autenticação:** 42d0ec



Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, em primeiro lugar, por me conceder saúde, paciência e discernimento para enfrentar os desafios e concluir mais esta etapa da minha vida.

Às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais, Rosilma Tertuliano e Faustino Ferreira, pelo amor, apoio incondicional, preocupação, cobranças, pelos inúmeros ensinamentos e conselhos, por sempre me mostrarem a importância dos estudos e por acreditarem em mim, mesmo nos momentos em que até eu duvidei das minhas próprias capacidades. Sem vocês, nada disso seria possível.

À minha eterna e querida avó materna, Rita Maria Gomes (in memoriam), Embora fisicamente ausente, senti sua presença ao meu lado, dando-me força.

À minha grande inspiração profissional, professora Geane Araújo, pelas aulas maravilhosas de Física, por ser exemplo de dedicação e amor à profissão, pelo carinho que tem por mim, por sempre me incentivar e acreditar no meu potencial, pelos “puxões de orelha” quando necessários e por me inspirar a seguir nesta carreira.

Aos meus amigos Amanda, Cris, Dijanilson, Elbes, Emanuel, Felipe, Hemilly, Iara, Jailson, Jean, Jéssica, Karla, Larissa, Lindalva, Lucia, Marília, Renali, Tamyres e Welton — por torcerem por mim, pelos conselhos, pelos momentos de alegria e desabafos, e por tornarem a caminhada mais leve.

Ao meu querido orientador, Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira, por ser uma grande inspiração para mim, por todos os ensinamentos e pelas inúmeras contribuições a este trabalho e à minha formação acadêmica; pela paciência, compreensão e por representar, a meu ver, a dose de humanidade que a jornada em nosso curso tanto necessita.

Aos professores examinadores, Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde e Prof. Dr. José Antonio Ferreira Pinto, por também serem fonte de inspiração, por aceitarem o convite para contribuir com este trabalho e pelas valiosas contribuições em suas aulas ao longo da minha formação.

Ao CNPq, pelo apoio concedido durante os dois anos de iniciação científica, fundamentais para a realização desta pesquisa.

E, por fim, aos estudantes sujeitos da pesquisa e todos aqueles que me ajudaram, direta ou indiretamente, ao longo dessa jornada, deixo meu sincero agradecimento pelo apoio e pela presença constante.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo central articular uma aproximação entre a ciência e a arte como possibilidade de divulgação da ciência. A pesquisa apresentada é de natureza qualitativa e envolve um estudo teórico, exploratório e empírico de uma narrativa histórica e texto dramático intitulado *Harmonices Mundi*, produzidos por uma mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática e por uma bolsista de PIBIC, cota (2020-2021) da UEPB, os quais apresentam informações de cunho científico sobre a relação entre ciência e música, a partir dos estudos de Johannes Kepler acerca da correlação entre o movimento dos planetas e a harmonia musical, fundamentados nas ideias de Pitágoras, até os albores do século XVI. Durante o processo, investigaram-se instrumentos que pudessem ser utilizados como elementos cênicos, de modo a contribuir com a divulgação científica do tema em estudo e com a produção de um material que viabilizasse o processo, bem como o olhar de estudantes do curso de Licenciatura em Física da UEPB em relação aos elementos cênicos selecionados, considerando que comporão uma peça teatral com fins de divulgação científica. Diante dos estudos realizados e com base na exploração investigativa da narrativa histórica e do texto dramático, foi possível compreender como se estabelece o elo entre ciência e música a partir dos estudos de Pitágoras e Kepler e selecionar os instrumentos para apresentar as relações estabelecidas pelos cientistas supracitados. Além disso, foi possível obter o olhar dos estudantes frente aos instrumentos apresentados, que, de modo geral, mostraram-se otimistas quanto ao uso dos três elementos cênicos selecionados (monocórdio, tubos vibrantes e orbes geométricos), tanto no que diz respeito à possível e futura montagem de uma peça de teatro quanto ao seu uso em sala de aula, por exemplo. Segundo eles, os instrumentos dão um caráter visual aos fenômenos abordados na narrativa, o que faz toda a diferença na compreensão da temática, principalmente nas partes do texto em que são trabalhadas relações matemáticas e/ou situações abstratas, que podem ser interpretadas de forma errônea com muita facilidade na ausência desses instrumentos.

**Palavras-Chave:** divulgação científica; arte científica; texto teatral; instrumento de divulgação científica

## ABSTRACT

This study aims to establish a connection between science and art as a means of promoting scientific dissemination. The research is qualitative in nature and involves a theoretical, exploratory, and empirical study of a historical narrative and a dramaturgical text entitled *Harmonices Mundi*, produced by a master's student from the Graduate Program in Science Teaching and Mathematics Education and a PIBIC scholarship holder (2020–2021 cohort) at the State University of Paraíba (UEPB). These works present scientific information on the relationship between science and music, based on Johannes Kepler's studies on the correlation between planetary motion and musical harmony, grounded in the ideas of Pythagoras up to the dawn of the 16th century. During the process, instruments were investigated that could be used as scenic elements to support both the dissemination of the scientific theme under study and the production of educational material. The study also explored the perspectives of students from the Physics Teacher Education Program at UEPB regarding the selected scenic elements, which are intended to be part of a theatrical performance aimed at science communication. Based on the investigative exploration of the historical narrative and the dramaturgical text, it was possible to understand the link between science and music through the studies of Pythagoras and Kepler, and to select instruments to represent the relationships established by these scientists. Furthermore, students expressed generally optimistic views about the use of the three selected scenic elements (monochord, vibrating tubes, and geometric orbs), both for a potential future theatrical production and for use in the classroom. According to them, these instruments provide a visual dimension to the phenomena addressed in the narrative, which greatly enhances understanding of the subject, especially in parts of the text involving mathematical relationships and/or abstract situations that can easily be misinterpreted in the absence of such instruments.

**Keywords:** scientific dissemination; scientific art; theatrical text; instrument of scientific dissemination

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	08
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
2.1	DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA .....	11
2.1.1	Divulgando ciência por meio da arte .....	15
2.1.2	O teatro como instrumento de divulgação científica .....	20
2.1.3	Harmonia do Mundo: Considerações sobre os estudos de Pitágoras e Kepler .....	25
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	32
3.1	NATUREZA DA PESQUISA .....	32
3.2	O ESTUDO TEÓRICO .....	32
3.2.1	Estudo da narrativa histórica .....	33
3.2.2	Exploração do texto dramático .....	33
3.2.3	Escolha dos elementos cênicos .....	34
3.3	O ESTUDO EMPÍRICO .....	35
3.3.1	A produção dos elementos cênicos .....	37
3.3.2	Descrição do campo de estudo (Lócus e os sujeitos) .....	39
3.3.3	A implementação na disciplina .....	40
3.3.4	A coleta de dados .....	41
3.3.5	A análise dos dados .....	42
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	43
4.1	SOBRE OS INSTRUMENTOS .....	43
4.1.1	O monocórdio.....	43
4.1.2	Tubos vibrantes.....	46
4.2.3	Orbes geométricos.....	50
4.2	SOBRE O OLHAR DOS LICENCIANDOS .....	54
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	58
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	60
	<b>APÊNDICE A - PERGUNTAS DA PESQUISA SEMIESTRUTURADA...</b>	64

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, mesmo com todos os avanços tecnológicos e científicos, ainda há uma carência considerável em relação à socialização do conhecimento, sobretudo, do conhecimento científico, que vai desde o âmbito escolar até a sociedade como um todo. Entretanto, em contrapartida a essa falta de comunicação da ciência, temos a divulgação científica, uma área que vem sendo bastante explorada e utilizada nas suas mais diversas atividades e espaços, que de modo geral, visa estabelecer uma interação entre a ciência e o público, ou seja, comunicá-la além dos espaços formais de ensino. A divulgação científica pode ser compreendida como as formas através das quais podemos difundir e/ou tornar público o conhecimento científico. Quanto aos meios para se divulgar Ciência, são diversos: jornais, revistas, televisão, rádio, internet etc. Sem contar que o processo pode ser realizado em diferentes espaços, como em museus, centros de ciências, feiras, instituições de ensino entre outros (Cunha, 2019).

Para além das várias formas e lugares onde se possa comunicar a ciência também é possível e extremamente importante explorar a relação entre diferentes áreas do conhecimento que venham a favorecer e contribuir para este processo de difusão. Morin (2000) menciona que é preciso pensar a educação como uma rede interligada, na qual as áreas do conhecimento se comunicam. Partindo dessa noção, uma relação que apresenta um alto potencial exploratório tanto para a divulgação científica, quanto para o contexto educacional em si é o elo entre ciência e arte, principalmente levando em consideração estudos que vêm sendo desenvolvidos nessa perspectiva e que apontam a utilização de recursos artísticos para a divulgação e o ensino de ciências a fim de uma melhor compreensão dela e sobre ela (Dörries, 2005; Massarani e Almeida, 2006; Matos, 2003; Reis, Guerra e Braga, 2005; Silveira, 2011; Zanetic, 2006). Porém, estas duas áreas nem sempre foram consideradas próximas e podem aparentar serem distintas a ponto de não serem consideradas enquanto possibilidade facilitadora do processo de ensino e/ou divulgação da ciência, um dos principais motivos é o fato da ciência atuar no campo da razão e a arte lidar com a subjetividade. Por isso, é necessário antes de qualquer tentativa de exploração desse elo, entendermos como se dá essa aproximação e de que forma ela pode ser explorada de modo a contribuir com o objetivo primordial que é tornar mais simples e até mesmo prazerosa a compreensão da ciência e sobre

ciência. Afinal de contas, entendemos que é preciso pensar o ensino contemporâneo em um viés interdisciplinar, articulando os saberes e entendendo a relação entre o homem e o conhecimento através de uma nova ótica.

Se, desde os gregos, o homem faz ciência é para, em última análise, compreender o mundo em que vive e compreender-se a si como habitante desse mundo. É também por essa razão que o homem faz filosofia, faz religião, faz literatura, faz arte. Ora, o que está em causa é, em todos os casos, a sua relação com um mesmo e único mundo. Um mundo que é um sistema coerente: as partes que o compõem não estão isoladas umas das outras; para as disciplinas particulares e para as especialidades, a própria ideia de Mundo deixa de ser útil. (Pombo, apud Cachapuz, 2014, p. 96)

Entendendo que mesmo com as pesquisas, como as citadas acima, afirmando a relevância de estabelecer uma aproximação entre essas duas áreas e apontando o potencial interdisciplinar que possuem juntas, ainda pode ser muito difícil concretizar essa aproximação na prática, sobretudo, se tratando do ensino de ciências no âmbito escolar, ou seja, nas salas de aula. Portanto, com o intuito de fortalecer esse vínculo, faz-se necessário um olhar para a relação ciência e arte desde a formação dos professores de ciências, para que desenvolvam um olhar aguçado no sentido interdisciplinar desde os primeiros momentos de formação, até suas práticas em sala de aula e para divulgação de ciências nos mais diversos espaços informais. Desse modo, tivemos como objetivo através deste trabalho monográfico, articular uma aproximação entre a ciência e a arte, duas áreas aparentemente distintas, com o intuito de explorar instrumentos e meios que possibilitem a divulgação da ciência envolvida na narrativa histórica e texto dramatúrgico produzidos anteriormente por uma mestranda do programa de pós-graduação em ensino de ciências e educação matemática da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e por uma bolsista de iniciação científica (PIBIC), cota (2020-2021) também da UEPB, e que trazem interpretações de estudiosos como Pitágoras e Kepler para a relação Ciência e Música, investigando a partir desses estudos e do processo de criação cênica o olhar de um grupo de estudantes para os materiais que compõem parte da cenografia de uma peça de teatro com fins de divulgação científica. Para tal, buscamos responder às seguintes questões norteadoras: Qual(is) instrumento(s), podemos usar para apresentar as relações estabelecidas por Pitágoras e Kepler entre Ciência e Música, de maneira a contribuir com o processo de divulgação do tema em estudo? Qual(is) o(s) olhar(es) do(os) estudante(s) para

os instrumentos, que compõem parte da encenação de uma peça de teatro, que será produzida a partir do texto dramático “Harmonices Mundi”?

Este trabalho monográfico está estruturado em cinco capítulos: O primeiro trata da introdução do trabalho, onde trazemos uma apresentação da proposta, justificativa, objetivos e perguntas de pesquisa. O segundo capítulo diz respeito à revisão bibliográfica que nos sustentamos para tratar da temática e está dividido nas seções 2.1. Divulgação científica; 2.1.1 Divulgando ciência por meio da arte; 2.1.2. O teatro como instrumento de divulgação científica; 2.1.3 Harmonia do mundo: Considerações sobre os estudos de Pitágoras e Kepler. O terceiro capítulo diz respeito à metodologia do trabalho, onde apresentamos o estudo que foi realizado de maneira teórica e empírica, ao longo de dois anos, enquanto estudante de iniciação científica. No quarto capítulo apresentamos os resultados que dizem respeito a nossa investigação a fim de responder às perguntas anteriormente mencionadas. Por fim, o quinto capítulo trata das considerações finais acerca da investigação que realizamos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Na sociedade atual, um dos maiores desafios a serem enfrentados é a crescente onda de desinformação e negacionismo. Isso evidencia que mesmo com o constante desenvolvimento tecnológico e científico, ainda há uma carência considerável na socialização do conhecimento, especialmente do conhecimento científico, que abrange desde o contexto escolar até a sociedade em geral. Silveira (2011) afirma que:

A contradição entre o atual desenvolvimento científico e tecnológico e o grau de desconhecimento da sociedade sobre o funcionamento da ciência tem constituído motivo de preocupação para muitos que consideram este fato um desafio a ser enfrentado (Silveira, 2011, p. 61).

Em contrapartida a essa limitação na comunicação da ciência, destaca-se a divulgação científica, uma área que tem ganhado cada vez mais espaço e sido amplamente explorada em diferentes contextos e formatos. A divulgação científica pode ser definida segundo Albagli (1996, p. 397) como: "o uso de processos e recursos técnicos para a comunicação da informação científica e tecnológica ao público em geral".

Portanto, a divulgação científica pode ser compreendida como uma forma de democratização do acesso ao conhecimento científico, tendo em vista que busca tornar acessíveis a um público mais amplo conhecimentos que, em geral, são produzidos de maneira mais restrita, o que é de extrema importância para a sociedade como um todo. Lordêlo e Porto (2012) comentam que:

O conhecimento sobre CT&I assume um papel fundamental para o indivíduo ter a compreensão do mundo em que vive em sua extensão e complexidade. Só através do conhecimento ele terá condições de compreender e tomar decisões que de alguma forma irão afetar as suas vidas. Entretanto, essas informações precisam alcançar a sociedade de alguma forma e é neste cenário que a divulgação científica deve atuar com intensidade (Lordêlo e Porto, 2012, p. 27).

De acordo com Caldas (2010), atualmente não se pode mais compreender a ciência como algo restrito à comunidade científica, nem sustentar a ideia de que os cientistas são autoridades incontestáveis e os únicos responsáveis por orientar ou decidir, junto aos governantes, questões relacionadas à ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Ainda segundo a autora, "a mudança na percepção sobre quem

deve tomar decisões quanto ao que será pesquisado e utilizado pela sociedade encontra na comunicação uma aliada fundamental" (Caldas, 2010, p. 34).

Nas últimas décadas, as atividades de divulgação científica no Brasil têm se intensificado, recebendo maior incentivo por parte dos poderes públicos e contando, inclusive, com o crescente envolvimento da comunidade científica, das universidades e das instituições de pesquisa (Massarani; Moreira, 2009). O período compreendido entre as últimas décadas do século XIX e as primeiras do século XX foi caracterizado por um entusiasmo crescente em relação à ciência pela crença no seu potencial para a promoção do progresso e resolução de problemas para a população (Silva, 2009). A partir disso, por sua vez, a divulgação científica começa a ocupar um maior espaço através do trabalho dos jornalistas e profissionais dessa área que desenvolvem o papel de informar ao público em geral as novidades da ciência, bem como seus frutos e benefícios (Valério; Pinheiro, 2008). Desde então, observa-se um interesse crescente do público por temas relacionados à ciência e, conseqüentemente, uma ampliação das iniciativas de divulgação científica.

Contudo, é importante destacar que, nos últimos anos, principalmente durante o período de 2019 à 2022, esse cenário foi impactado negativamente por cortes orçamentários, desvalorização das instituições científicas e falta de incentivo público à ciência e à sua divulgação, resultando na redução de iniciativas e na fragilização das políticas voltadas à popularização do conhecimento científico.

Desse modo, entendemos que ainda persistem diversas barreiras que dificultam a efetivação dessas ações. Nesse sentido, (Díaz, 1999 apud Marandino, 2005, p. 162) aponta que:

O processo de socialização do conhecimento científico é cercado de desafios, posições polêmicas e embates. Por um lado, se assume como necessidade ética a importância de levar as informações produzidas pela ciência e tecnologia a um público cada vez mais amplo, como instrumento de cidadania. Por outro, há quem postule que a divulgação científica teria o papel de manter o status quo daqueles envolvidos na produção do conhecimento, ou mesmo que a complexidade da ciência impossibilitaria seu domínio pelo público 'não-iniciado' (Díaz, 1999 apud Marandino, 2005, p. 162).

Seguindo essa perspectiva, é necessário manter uma preocupação constante com a forma como a ciência e o papel do cientista são apresentados à sociedade por meio da divulgação científica. Além disso, torna-se fundamental promover uma discussão crítica sobre o processo de produção científica, considerando seu contexto político, os investimentos realizados, bem como as influências e os

impactos econômicos e sociais envolvidos. Sendo assim, “a divulgação científica sem crítica, levando ao público a mitologia dos resultados, apresentando uma visão mágica da ciência, não conduz a democratização do conhecimento científico, mas abre espaço para ‘lobbies, ideologias e interesses excusos’” (Bueno, 2004, p. 37 apud Silveira, 2011).

Dessa forma, torna-se essencial, antes de qualquer iniciativa, compreender com profundidade o conceito de divulgação científica, bem como reconhecer as múltiplas possibilidades de atuação nesse campo, a fim de evitar que as ações realizadas produzam efeitos contrários aos desejados durante o processo comunicativo.

Quanto às questões conceituais acerca dessas atividades, Germano (2006) menciona que é comum observar certa confusão conceitual ao se tratar dos significados de termos como divulgação, vulgarização, alfabetização e popularização da ciência.

O termo divulgação científica, que é muito utilizado no Brasil e muitas vezes confundido ou usado como sinônimo de popularização da ciência. Segundo Sández Mora (2003, apud Germano, 2006), da busca por tornar acessível um conhecimento superespecializado, mas, não se trata de uma tradução, no sentido de verter de uma língua para outra, e sim, de criar uma ponte entre o mundo da ciência e os outros mundos. Já a popularização da ciência compreende estratégias mais amplas no sentido de garantir uma apropriação social da ciência, numa perspectiva mais educativa. Segundo Huergo (2001), a popularização da ciência não se limita a informar, mas busca também envolver os sujeitos em processos coletivos de construção do conhecimento, promovendo não apenas o acesso, mas também a apropriação das produções científicas e tecnológicas. Dessa forma, o conhecimento deixa de ser algo individual ou restrito, tornando-se coletivo.

Sobre a vulgarização da ciência, o termo surgiu na França no século XIX, assim como o termo popularização, mas encontrou dificuldades acerca da utilização devido ao tom pejorativo relacionado ao termo “vulgar”, mesmo que a expressão possa, por exemplo, estar relacionada a ideia de “tornar conhecido” (Massarani, 1998 apud Germano, 2006). Em relação ao conceito de alfabetização científica, que deriva da expressão inglesa *scientific literacy*, amplamente utilizada nos Estados Unidos, Cunha (2019) destaca que, sob uma perspectiva mais geral, esse conceito

se aproxima da pedagogia, uma vez que envolve processos de formação inicial voltados ao ensino e à aprendizagem. Germano (2006) afirma que:

“Com efeito, se o termo *alfabetizado* - ser capaz de ler e escrever - for levado às últimas consequências, a expressão *alfabetização científica* deve ser entendida como a “capacidade de ler, compreender e expressar opinião sobre assuntos de caráter científico” (Germano, 2006, p. 13).

Portanto, após a compreensão das bases conceituais relacionadas à divulgação científica e diante da sua relevância enquanto processo de democratização do conhecimento, é crucial entender em quais espaços ela se manifesta e se desenvolve e como essas práticas têm sido implementadas. Nos últimos anos, observa-se uma expansão significativa dessas atividades em diferentes contextos sociais e educacionais. De acordo com Caldas (2004, apud Silva, 2018) as atividades de divulgação científica têm crescido e se disseminando nos espaços formais e não formais de ensino, seja na mídia, na escola, nos museus, em manifestações lúdicas e artísticas. Albagli (1996) também comenta que essas atividades vêm evoluindo à medida que acompanham o próprio desenvolvimento da ciência e da tecnologia e podem se apresentar de variadas formas. Nessa perspectiva, a autora afirma que a divulgação científica pode estar direcionada para diferentes objetivos, tais como:

- Educacional, ou seja, a ampliação do conhecimento e da compreensão do público leigo a respeito do processo científico e sua lógica. Neste caso, trata-se de transmitir informação científica tanto com um caráter prático, com o objetivo de esclarecer os indivíduos sobre o desvendamento e a solução de problemas relacionados a fenômenos já cientificamente estudados, quanto com um caráter cultural, visando a estimular-lhes a curiosidade científica enquanto atributo humano. Nesse caso, divulgação científica pode-se confundir com educação científica.
- Cívico, isto é, o desenvolvimento de uma opinião pública informada sobre os impactos do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a sociedade, particularmente em áreas críticas do processo de tomada de decisões. Trata-se, portanto, de transmitir informação científica voltada para a ampliação da consciência do cidadão a respeito de questões sociais, econômicas e ambientais associadas ao desenvolvimento científico e tecnológico.
- Mobilização popular, quer dizer, ampliação da possibilidade e da qualidade de participação da sociedade na formulação de políticas públicas e na escolha de opções tecnológicas (por exemplo, no debate relativo às alternativas energéticas). Trata-se de transmitir informação científica que instrumentalize os atores a intervir melhor no processo decisório. (Albagli, 1996, p. 397).

Desse modo, além de poder ser conduzida de diferentes formas e com distintos objetivos, a divulgação científica também pode ser direcionada a públicos específicos, como crianças, estudantes, profissionais da educação, políticos, pessoas letradas ou iletradas, e até mesmo aos próprios cientistas e pesquisadores. Como mencionado anteriormente, diante do crescente interesse do público em geral por questões científicas, tem-se observado um aumento significativo de iniciativas de divulgação por meio de canais científicos, tanto físicos quanto virtuais, com a criação de espaços para a promoção de eventos, publicações em revistas especializadas e, principalmente, a utilização de sites e plataformas online.

Nesse contexto, percebe-se que a divulgação científica é um processo complexo que engloba dimensões políticas, sociais e pedagógicas e não apenas uma ferramenta de exposição de conteúdos científicos. Sendo assim, compreender esses aspectos é crucial na perspectiva deste trabalho monográfico. No entanto, como já foi mencionado, mesmo com o notável crescimento e a variedade de iniciativas voltadas a essas atividades, ainda se observa a falta de recursos para que ocorram de maneira mais eficiente. Diante disso, defendemos a exploração de articulações entre diferentes áreas do conhecimento que venham a favorecer e enriquecer esses processos de divulgação científica. Entre essas possibilidades, destaca-se a relação entre ciência e arte, que será abordada na seção seguinte.

### 2.1.1 Divulgando ciência por meio da arte

A perspectiva de divulgação científica através da arte surge como uma possibilidade de grande potencial diante das questões mencionadas na seção anterior, refletindo que embora as iniciativas de divulgação científica tenham se intensificado nos últimos anos, apresentando uma crescente diversidade de meios e possibilidades de execução, ainda se observam carências significativas quanto a recursos e estratégias adequadas para sua efetiva realização. Isso se torna ainda mais evidente ao considerar que a divulgação científica pode ser direcionada a diferentes objetivos e públicos, cada um demandando abordagens específicas quanto aos meios, linguagens e formatos utilizados para promover o acesso ao conhecimento científico. Maradino (2003) apud Silveira (2011), destaca que:

[...] é fundamental e necessário divulgar ciência, mas que, por outro lado, esta não é uma tarefa simples, a considerar a existência da problemática

relativa à adequação ou tradução do conhecimento científico quando este é transmitido [...] O saber científico produzido, ao ganhar os espaços sociais, sofre mudanças, os quais dependem também daqueles que interagem com ele, seja para divulgá-lo, seja para ensiná-lo, seja para compreendê-lo (Maradino, 2003, p. 170 apud Silveira, 2011, p. 63).

Nessa vertente, a exploração das possibilidades de articulação entre diferentes áreas do conhecimento torna-se especialmente relevante, e a divulgação científica por meio da arte, nesse contexto, configura-se como uma potencial e promissora estratégia para as práticas de socialização dos conhecimentos científicos. No entanto, antes de abordar esse elo entre as áreas mencionadas, faz-se necessário apresentar alguns aspectos conceituais sobre a arte.

Frias (2020, p. 13) diz que “uma questão básica e de relevância a ser posta inicialmente é a distinção entre os termos Arte e arte. Arte equivale à disciplina e arte, ao resultado dos processos culturais vivenciados e expostos por um indivíduo e/ou por uma coletividade”. Em um desenvolvimento mais complexo acerca da definição de arte, Almeida (2014) afirma que:

A pergunta ‘o que é arte?’ começa por ser ambígua, pois tanto podemos estar interessados em identificar as coisas que são arte, distinguindo-as das que não o são, como podemos estar interessados em saber se a arte constitui – e o que faz dela – uma categoria geral e unificada de coisas. No primeiro caso, o que está em causa é a identificação da arte, ou seja, o critério – ou critérios – que nos permite decidir a que objectos o termo ‘arte’ se aplica correctamente ou, mais precisamente, apurar se um dado objecto faz parte da extensão do termo ‘arte’. Esta é uma questão primariamente semântica. No segundo caso, o que se procura é a própria compreensão da natureza da arte *qua* arte, caso isso exista e a arte seja efectivamente uma categoria unificada de coisas. Esta é uma questão primariamente metafísica. (Almeida, 2014, p. 2)

Dessa forma, o autor entende que a tentativa de definir a arte está associada à busca por uma resposta clara para uma pergunta aparentemente simples: “o que é arte?”. No entanto, tanto a pergunta quanto a resposta envolvem múltiplas interpretações, o que dificulta a construção de uma definição única ou consensual (Almeida, 2014).

Já segundo Eickhoff e Santos (2017, apud Flor, 2019, p. 5), “a arte pode ser definida como toda atividade humana ligada às manifestações de ordem estética ou comunicativa”.

Considerando que este trabalho não pretende aprofundar-se nas discussões conceituais ou epistemológicas acerca da arte, adota-se aqui uma concepção ampla, pautada na ideia de arte como expressão cultural e comunicativa, capaz de dialogar com diferentes saberes e públicos. Nessa perspectiva, a relação com a ciência no

sentido de divulgá-la torna-se extremamente pertinente tendo em vista que ambas são atividades humanas e que compartilham do objetivo de tentar compreender o mundo. Silva; Suarez; Umpierre e Queiroz (2017) comentam que:

A Ciência como elemento cultural consiste em uma construção humana, uma forma simbólica criada pelo homem, contendo as contradições inerentes a essa perspectiva. Assim como a Arte e outras formas simbólicas de cultura, a Ciência possibilita ao homem interagir com o mundo e representar as imagens que estas formas lhe transmitem. (Silva; Suarez; Umpierre e Queiroz, 2017, p. 9)

Ou seja, a arte pode e deve ser utilizada como uma ferramenta ou meio de aproximação entre a ciência e o ser humano, algo que é objetivo da divulgação científica na perspectiva explorada neste trabalho. Isso porque, por se tratar de uma atividade humana e por meio de suas diversas manifestações, que, em geral, se comunicam com os mais variados públicos, a arte possui a capacidade de introduzir e até mesmo traduzir a ciência na realidade social do homem, de modo que cada indivíduo desenvolva subsídios para compreender seu papel e posicionamento na sociedade (Silva; Suarez; Umpierre; Queiroz, 2017). Por meio desses estímulos, o ser humano torna-se capaz de entender o ambiente no qual está inserido e autocompreender-se como parte constituinte dele, o que possibilita questionamentos, ações e transformações na própria realidade e nas relações socioculturais e ambientais vivenciadas (Silva; Suarez; Umpierre; Queiroz, 2017).

Nesse sentido, podemos afirmar que a arte não apenas comunica a ciência, mas também a humaniza. Ainda segundo Silva; Suarez; Umpierre; Queiroz (2017, p. 9):

Apesar da tentativa de desumanizar a Ciência e afastá-la da natureza irracional das Artes, características a elas atribuídas pelos grandes filósofos da antiguidade, essas duas formas de compreensão da vida surgem imbricadas de forma tão ajustada que praticamente não podemos indicar momentos distintos para o início de alguma delas. (Silva; Suarez; Umpierre e Queiroz, 2017, p. 9).

A ideia de ciência e arte como complementares pode ser encarada com duas ênfases: uma de independência e outra de interdependência - a arte é requisito para que a ciência exista ou prossiga (Braund e Reiss, 2019).

Para estes autores existem quatro premissas para o argumento de que a ciência se torna mais completa com a arte: A premissa dos limites das disciplinas; a premissa cognitiva; a premissa da neurociência; e a premissa econômica e colaborativa, e, por conseguinte uma quinta premissa, a pedagógica, por

considerarem que os métodos de ensino podem se modificar, a fim de tornar o aprendizado das ciências mais autêntico e envolvente, neste sentido a arte teria uma grande contribuição neste processo (Braund e Reiss, 2019).

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 uní-las de forma que, ao olhar esse elo (ciência e arte), não as reduzamos 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.

Portanto, precisamos quebrar as barreiras que delimitam os temas, e que os tornam tão opostos. Benedicto (2021, p. 113) diz 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.

Segundo 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 subjetivo, 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, 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, em que o homem tenta compreender e questionar o nosso mundo, de maneira a se conectar com ele, não isolando questões externas, que às vezes são fáceis, outras vezes são complexas, mas que tanto o artista como o cientista vão interpretar e representar por seus meios de produção de conteúdo, sempre desenvolvendo-as para que cheguem a um público (Benedicto, 2021).

No contexto educacional, de acordo com Oliveira e Queiroz (2013, apud Silva; Suarez; Umpierre; Queiroz, 2017, p. 12) :

A partir dos anos 2000, surge no cenário da Educação em Ciências a propensão em compreender a Ciência como atividade social, rompendo

com os vieses utilitaristas das décadas anteriores em que sua caracterização era delimitada por valores que a tornavam “neutra, impessoal, descontextualizada e ahistórica”.

Porém, ainda é muito comum que a ciência tanto na educação formal quanto nos espaços informais e na mídia seja apresentada de forma distante, descontextualizada do caráter social que a molda e isolada dos aspectos emocionais e históricos, o que a afasta de sua natureza como expressão cultural (Silva; Suarez; Umpierre; Queiroz 2017).

De acordo com os PCN+ (Brasil, 2002) as competências em Ciência se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnados de outros conhecimentos, dentre as quais, a arte é referenciada, nesses documentos.

Tratando-se do ensino de Física, em especial dos elementos necessários ao ensino de Física, encontramos em documento adicional dos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+ que:

O ensino de Física tem enfatizado a expressão do conhecimento através da resolução de problemas e da linguagem matemática. No entanto, para o desenvolvimento das competências sinalizadas, esses instrumentos seriam insuficientes e limitados, devendo ser buscadas novas e diferentes formas de expressão do saber da Física, desde a escrita, (...), até a linguagem corporal e artística (Brasil, 2002, p. 84).

Morin (2000) menciona que é preciso pensar a educação como uma rede interligada, na qual as áreas do conhecimento se comunicam. Partindo dessa noção, a relação entre ciência e arte apresenta-se, mais uma vez, como uma alternativa especialmente frutífera, tanto para a divulgação científica quanto para o contexto educacional em si.

Apesar de iniciativas nessa perspectiva estarem sendo cada vez mais exploradas, à medida que a linha que separa essas duas áreas do conhecimento se torna cada vez mais tênue, nem sempre arte e ciência foram consideradas próximas; no entanto, na Música, durante um longo período, essa relação foi bastante relevante. Por conta dos estudos de Pitágoras com o monocórdio, a Música, na Grécia antiga, era considerada como um dos quatro ramos da Matemática, assim como a Aritmética, a Geometria e a Astronomia, tais ciências formavam o Quadrivium (Bromberg, 2014; Urreiztieta, 2013, Grillo, Marques e Baptista, 2012).

No período do Renascimento (séc. XVI), a Música polifônica começa a apresentar problemas entre a teoria e a prática musical. Cria-se uma incongruência entre os pressupostos pitagóricos e a teoria musical.

A Revolução Científica, iniciada no Renascimento, induzira novas ideias no âmbito musical, “a descoberta de instrumentos antigos e de manuscritos com músicas, assim como o desenvolvimento de instrumentos modernos, com registros mais extensos e a prática de conjuntos cada vez mais heterogêneos, demandaram mudanças teóricas” (Bromberg, 2014, p.15).

“E neste contexto Vincenzo Galilei pai de Galileu, músico, compositor e teórico musical seria um dos precursores de uma nova maneira de enxergar os fenômenos musicais.” (Prado, 2010, apud Grillo, Marques e Baptista, 2012, p.13).

Ainda nesse contexto, com o passar do tempo, algumas rupturas de pensamento se mostram presentes nesta relação da Ciência com a Música, e encontra-se referências aos estudos de Johannes Kepler (1531-1630), em especial a obra *Harmonices Mundi* (1619), livro em que Kepler apresenta a relação matemática existente entre os períodos de revolução dos planetas e suas respectivas distâncias em relação ao Sol, a conhecida lei harmônica (Urreiztieta, 2013; Casemiro, 2007), que também faz referência a relação entre ciência e arte, bem como com a narrativa histórica explorada neste trabalho. Na seção 2.1.3, essas interpretações realizadas por Pitágoras e Kepler em seus estudos, e que relacionam ciência e música serão melhor abordadas.

Portanto, ao tratarmos da divulgação científica por meio da arte, diversas possibilidades de representação podem ser exploradas a partir dessa relação, seja na literatura, com as poesias e cordéis, nas artes plásticas, músicas e filmes, e no teatro. Este último, foco deste trabalho, constitui uma forma de expressão artística capaz de levar o espectador a reflexões éticas sobre a ciência e seu papel transformador dentro da sociedade. A próxima seção aborda, especificamente, o teatro enquanto estratégia de divulgação científica.

### 2.1.2. O teatro como instrumento de divulgação científica

Alguns 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, e algumas pesquisas que focam nesta relação, entre a ciência e a arte, 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, por meio do teatro também buscamos uma comunicação da ciência para o público em geral, permitindo a quem o assiste uma possibilidade de reflexão sobre a ciência (Silva, 2018).

“A palavra teatro abrange ao menos duas acepções fundamentais: o imóvel em que se realizam espetáculos e uma arte específica, transmitida ao público por intermédio do ator” (Magaldi, 1965, p. 1). De acordo com Silveira (2011, p. 51):

O teatro em seu sentido etimológico estabelece “o lugar onde se vê”. Entretanto é o lugar onde atores e espectadores podem representar ou ver representados seus dramas, suas comédias, suas tragédias... sua humanidade. Nele o homem expressa seus pensamentos, sonhos, sentimentos e formas de compreensão e apreensão do mundo. (Silveira, 2011, p. 51).

No Brasil, o teatro surgiu no decorrer do século XVI, trazido da Europa para a América Latina no contexto das grandes expansões marítimas (Leite, 2022). A sua introdução e disseminação, conforme apontam a maioria dos estudos sobre a história cênica nacional, ocorreram por meio da atuação dos Jesuítas, membros da Companhia de Jesus, ordem religiosa ligada à Igreja Católica, que consolidaram o teatro como ferramenta de propagação da fé cristã, utilizando-o com fins catequéticos voltados aos povos originários e, de modo geral, aos não europeus, recorrendo ao teatro como instrumento didático e pedagógico (Leite, 2022).

Ainda nessa perspectiva de doutrinação por meio do teatro, voltada à imposição de crenças e valores religiosos, após os povos indígenas, os negros escravizados também se tornaram alvo dessa prática. Os colonizadores europeus recorreram a elementos de representatividade simbólica, bem como às linguagens e expressões espetaculares desses dois grupos, com o objetivo de manipulá-los e submetê-los às normas culturais e religiosas europeias (Leite, 2022). Segundo Nuñez (1994, apud Silveira, 2011, p. 51):

O teatro sempre esteve presente no contexto das representações religiosas das mais antigas civilizações, sejam as ocidentais ou as orientais. Na Grécia Antiga, consolida-se como espetáculo, em função das manifestações em homenagem ao deus do vinho, Dionísio. (Nuñez, 1994, apud Silveira, 2011, p. 51)

Depois disso, o teatro começa a perder esse caráter religioso, isto é, passa a ter uma representação mais “profana”, e torna-se uma modalidade formalmente mais organizada. Ainda assim, por volta do século XVII, sua prática passou a ser

considerada indecente por segmentos mais conservadores da sociedade, que zelavam pela preservação da moral e dos costumes então vigentes (Leite, 2022) .

Na perspectiva tratada neste trabalho, o teatro apresenta-se como uma das mais ricas possibilidades de aproximação entre a ciência e a arte em uma ótica de divulgação da ciência, pois, nessa forma de manifestação artística, integram-se diversas outras linguagens, como, por exemplo, a poesia, a música, a dança e as artes visuais. Nesse sentido, a exploração desse elo, especialmente por meio do teatro, facilita a compreensão e possibilita novas reflexões acerca da ciência, da função social do cientista, bem como das questões éticas envolvidas no desenvolvimento científico e nas relações sociopolíticas a ele atreladas, contribuindo para a humanização tanto da ciência quanto da figura do cientista (Silveira, 2011). Zehelein (2011, p. 19) comenta que:

Carl Djerassi criou a designação muito útil de “ciência no teatro”, que inclui quatro elementos constitutivos: primeiro, uma fina descrição e representação da ideia ou assunto científico; segundo, uma representação realista da cultura tribal dos cientistas; terceiro, um enredo que esteja firmemente enraizado em questões e/ou contextos científicos; por fim, um elemento didático. (Zehelein, 2011, p. 19).

A partir das designações mencionadas, destaca-se a abordagem da História da Ciência em peças teatrais, o que se revela extremamente relevante por constituir uma alternativa fundamental para a compreensão da ciência como um processo humano, marcado por influências históricas, políticas, sociais e culturais. Segundo Zehelein (2011, p. 20):

Uma forma especial de “peça sobre a ciência”, a peça de “história da ciência no teatro” olha retrospectivamente para o tempo, os factos históricos e os cientistas reais, questiona o seu papel, bem como a sua representação e imagem nos media. Aqui destaca-se o discurso meta-dramático da escrita da História e as peças confrontam o passado para nos guiarem para o futuro. Um dos aspectos mais relevantes da “história da ciência no teatro” é a tentativa de os historiadores da ciência - cientistas e/ou dramaturgos - captarem a atenção de um público ou leitor para a vida de um cientista esquecido e desaparecido [...] (Zehelein, 2011, p. 20).

Dessa forma, o teatro, enquanto manifestação artística, não apenas favorece a aproximação entre o público e o conhecimento científico por meio de suas múltiplas linguagens, como também permite um diálogo com a História da Ciência, potencializando a compreensão da ciência como uma construção humana e histórica. Ainda nessa linha, conforme Silveira (2011, p. 58):

A História e a Filosofia da Ciência 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, p. 58).

Portanto, a apropriação do teatro enquanto meio de unificação da ciência com arte para fins de divulgação científica é extremamente oportuna. Principalmente tendo em vista que desde suas origens mais antigas, aqueles que desempenhavam papéis teatrais eram, em geral, indivíduos com maior compreensão de sua época e de sua sociedade, utilizando a encenação como forma de expressar uma leitura crítica da realidade e estimular a reflexão no público (Silveira, 2011).

Nesse sentido, no campo da educação em ciências, a relevância do teatro como instrumento de divulgação científica está exatamente na roupagem mais humanizada que ele proporciona à ciência, indo além de conceitos e experimentos e explorando uma contextualização social de tudo que envolve o processo científico (Moreira; Junior, 2015).

Medina e Braga (2010 apud Silva, 2019, p. 30) afirmam que:

A história nos mostra que diversos cientistas conseguiram expor suas ideias através da teatralidade, Platão em seus diálogos, Galileu Galilei através de seus personagens. Em contrapartida, outros cientistas foram transformados em personagens de Teatro, como (Einstein, 1998), Niels Bohr e Heisenberg (Copenhague, 2001), Richard P. Feynman (E agora Sr. Feynman?, 2004), Kepler e Galileu (Dança do Universo, 2005), Newton e Leibniz (Calculus, 2003) e Lavoisier (Oxigênio, 2006). (Medina e Braga, 2010 apud Silva, 2019, p. 30)

De acordo com Palma (apud Massarani; Almeida, 2006), o conhecimento científico pode efetivamente ser evidenciado por meio de processos artísticos, considerando conhecimentos que sejam pertinentes e de relevância para a realidade do homem, da natureza e da vida para a arte, isto é, por fazer parte da cultura do homem, a ciência caminha junto a tudo que se faz na arte.

Ainda segundo as ideias apresentadas pelo autor, não há dificuldade em representar a ciência no contexto artístico, pois a própria produção artística, seja no teatro, cinema ou literatura, envolve tecnologias que carregam avanços científicos, o que abre a possibilidade não apenas de utilizar essas tecnologias, mas também de abordá-las enquanto conhecimento científico, promovendo reflexões e gerando discussões acerca do desenvolvimento do conhecimento humano (Palma 2006 apud Massarani; Almeida, 2006).

Em uma montagem teatral, desde os primeiros passos até a configuração da apresentação, deve-se considerar o público alvo ao qual deseja-se transmitir ou comunicar uma mensagem, ou seja, o teatro deve sempre ser compreendido como um canal entre a mensagem apresentada e público que irá recebê-la, tendo em vista que espera-se por parte do indivíduo que se propõe a assistir uma peça conhecer uma narrativa ou ideia que os atores irão apresentar.

Em uma montagem teatral, desde os primeiros passos até a configuração da apresentação final, é fundamental levar em consideração o público-alvo ao qual se deseja transmitir uma mensagem, pois o teatro deve ser compreendido como um canal de comunicação entre o conteúdo apresentado e os espectadores, já que, por outro lado, espera-se, por parte do público ou do indivíduo que se propõe a assistir a uma peça de teatro, conhecer uma narrativa ou a ideia que os atores irão representar (Guimarães, 2021)

Tratando-se especialmente do teatro científico, que pode ser definido, de acordo com Guimarães (2021, p. 11), como “a prática teatral capaz de relacionar a Ciência e as Artes Cênicas”, é necessário levar em consideração aspectos característicos desse tipo de teatro. Por exemplo, é crucial que haja uma preocupação com o conteúdo científico abordado por meio da prática teatral, o que deve ir além da produção artística (Moreira, 2013 apud Guimarães, 2021). Seguindo nessa linha, Guimarães (2021, p. 36) pontua que:

Se o objetivo da peça teatral for a Divulgação Científica, a mesma deve ser montada com o intuito de um facilitador comunicacional, onde o público, ou seja, o receptor final da informação científica deve recebê-la de forma clara, que por fim acabará despertando curiosidade e construindo o conhecimento no espectador. (Guimarães, 2021, p. 36)

No que diz respeito ao ensino de modo geral, Silva (2019) defende que a utilização do teatro deve começar a fazer parte enquanto estratégia pedagógica, a partir educação infantil, pois possui o potencial de beneficiar o desenvolvimento intelectual dos estudantes, ao mesmo tempo em que os aproxima dessa linguagem artística e cultural, estimulando sua criatividade, despertando a curiosidade e favorecendo a construção de novos saberes. Para Palma (apud Massarani; Almeida, 2006), especialmente no caso das crianças, o uso da ludicidade é indispensável, pois está intrinsecamente ligado à realidade delas e, embora seja essencial para todos nós, para as crianças assume um significado ainda mais profundo.

Oliveira e Zanetic (2004, apud Silveira, 2011) também abordam os benefícios da utilização do teatro no ensino ao indicarem a atividade teatral como uma alternativa para motivar a busca pelo conhecimento de forma prazerosa, tornando a sala de aula um ambiente confortável, de participação e desejo de estar. Ainda segundo esses autores:

A atividade teatral ao trabalhar a sensibilidade, a percepção, a intuição, as emoções, pode permitir ao aluno fazer relações entre conteúdos, relações entre ciência e questões sociais, como também proporcionar a coragem para se arriscar, descobrir e enunciar a sua crítica, expor sua forma diferente de pensar. E o mais importante pode levar à reflexão (Oliveira; Zanetic, 2004, p. 26-27).

Nessa perspectiva, algumas instituições de ensino superior já desenvolvem ações voltadas para a divulgação científica e para o ensino de ciências por meio de atividades teatrais. A Universidade Estadual da Paraíba, por exemplo, por meio do curso de Licenciatura em Física, já desenvolveu algumas peças teatrais com esse objetivo, como: *A Trupe da Magia*; *O Ciclo da Água*; *O mundo encantado da luz*; *Conversa com a Natureza*; *Escolinha da Ciência: uma aula de Astronomia* (Silveira, 2011). Todas essas iniciativas foram desenvolvidas por estudantes do curso de Física com o objetivo de abordar conteúdos científicos por meio da ludicidade, despertando o interesse pela ciência e ampliando as possibilidades de compreensão do mundo a partir dela (Silveira, 2011).

Dessa forma, o teatro não apenas se consolida como uma alternativa promissora para promover o diálogo entre ciência e arte, como também se mostra uma valiosa ferramenta de humanização no processo de divulgação científica, ao aproximar saberes científicos, muitas vezes considerados “fechados”, da realidade e da sensibilidade humanas.

### 2.1.3. Harmonia do Mundo: Considerações sobre os estudos de Pitágoras e Kepler

Pitágoras, que viveu entre aproximadamente 569 e 470 a.C., é reconhecido como um dos pioneiros da matemática ocidental e teve grande influência no surgimento da teoria musical. Ele realizou um trabalho extremamente relevante e fez descobertas importantes nos campos da matemática, da astronomia e da teoria musical. Apesar de não ter deixado registros escritos, sua trajetória foi documentada por outros autores (Prado, 2010). Entre as contribuições mais conhecidas de

Pitágoras está o uso do monocórdio, por meio do qual apresentou pela primeira vez a conexão entre os sons musicais e princípios matemáticos e físicos (Pereira, 2010; Prado, 2010 apud Silva, 2023). Segundo Prado (2010, p. 40):

Diz a lenda que um certo dia, Pitágoras estava passando em frente a oficina de um ferreiro, quando de repente sua atenção é surpreendida por alguns sons que vinham do interior desta oficina. O bater de diversos martelos produzia uma cacofonia desordenada e intensa, mas que às vezes produzia um som metálico que parecia dissolver-se e se fundir em um único som agradável. Pitágoras decide então descobrir a razão deste fenômeno e entra na oficina (Prado, 2010, p. 40)

Prado (2010) afirma que embora não se possa confirmar a veracidade dessa lenda, é comum atribuir a ela o início de uma série de estudos e investigação de Pitágoras sobre os sons musicais. Ele teria explorado diversas maneiras de produzir sons, dedicando atenção especial àqueles emitidos por cordas em vibração. Entre essas explorações, o experimento com o monocórdio ganhou destaque e entrou para a história.

De acordo com Pereira (2010, p. 23): “O experimento do monocórdio consiste em esticar uma corda e ao variar seu comprimento pode-se associar intervalos musicais ao comprimento da corda.” Prado (2010, p. 42) também descreve que:

[...] o monocórdio é um instrumento 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).

A partir da realização do experimento com o monocórdio, foi possível identificar que certas proporções no comprimento das cordas, como 1:2, 2:3 e 3:4, correspondiam diretamente aos intervalos musicais da oitava, quinta e quarta. A experiência também reforçava a concepção pitagórica de que a ordem natural do universo poderia ser explicada por princípios numéricos simples, especialmente com base nos quatro primeiros números inteiros: 1, 2, 3 e 4 (Pereira, 2010).

Ao observar a diferença entre o som emitido por uma corda solta e aquele gerado ao pressioná-la em um determinado ponto, Pitágoras identificou a existência de uma distância sonora entre o mais grave e o mais agudo, a que deu o nome de intervalo. Com isso, notou também que a combinação sequencial desses intervalos poderia formar uma melodia (Silva, 2023). Segundo Silva (2023) “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, apud Silva, 2023, p. 27):

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, apud Silva, 2023, p. 27).

Segundo Prado (2010), ao investigar os diferentes intervalos sonoros gerados por cordas de comprimentos variados, Pitágoras observou que certos sons, considerados por ele mais agradáveis ou até perfeitos, eram produzidos por razões simples entre números inteiros. Quando duas cordas vibram simultaneamente, seja em um bi-córdio ou em dois monocórdios, e uma delas vibra exatamente ao dobro da frequência da outra, é possível perceber que os sons emitidos se harmonizam de forma tão precisa que parecem pertencer um ao outro. Esse intervalo, cuja razão entre os comprimentos das cordas é de 2:1, foi denominado por Vincenzo Galilei como a “rainha das consonâncias”, sendo reconhecido como o mais naturalmente perfeito. Nesse caso, a corda mais curta vibra duas vezes mais rápido que a mais longa, representando a proporção 1:2 em termos de frequência (Prado, 2010).

Nesse contexto, sobre os intervalos musicais observados no experimento, Pitágoras associou razões na divisão da corda, 1:2, 2:3, 3:4 correspondentes, respectivamente, à oitava, à quinta e à quarta, consideradas por ele como consonâncias perfeitas (Silva, 2023). Seguindo nessa linha, Prado (2010) aponta que:

Em seu experimento, Pitágoras observou que pressionando um ponto situado a  $\frac{3}{4}$  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  $\frac{2}{3}$  do tamanho da 28 corda, ouvia-se uma quinta acima e a  $\frac{1}{2}$  obtinha-se a oitava do som original (Prado, 2010, p. 44).

Pitágoras também atribuiu outras razões numéricas às chamadas consonâncias "imperfeitas", como a sexta maior ( $\frac{5}{3}$ ), a terça maior ( $\frac{5}{4}$ ), a terça menor ( $\frac{6}{5}$ ) e a sexta menor ( $\frac{8}{5}$ ). No entanto, por rejeitar o uso de números irracionais na representação dos intervalos musicais, o sistema musical pitagórico apresentava certas limitações. A primeira delas consistia na exigência de que os intervalos fossem expressos exclusivamente por razões comensuráveis entre

números inteiros, o que acentuava a separação entre consonâncias e dissonâncias. A segunda limitação era o fato de que os resultados obtidos com o experimento do monocórdio podiam ser estendidos a qualquer outro sistema físico gerador de som (Pereira, 2010; Prado, 2010, apud Silva, 2023). Sobre as limitações do sistema musical pitagórico, Pereira (2010, p. 25) diz que:

1. A rígida distinção entre consonância e dissonância, a utilização somente de razões comensuráveis, ou anacronicamente, números racionais na expressão de intervalos musicais.
  - i. A interferência de que os resultados encontrados para a corda valiam em qualquer outro sistema físico que emitisse som (copos com água, sinos, etc..) (Pereira, 2010, p. 25).

Segundo o autor, “tais limitações são fortemente representativas da doutrina pitagórica segundo a qual todo o conhecimento reduzir-se-ia a relações numéricas, onde número nesse contexto significa número inteiro” (Pereira, 2010, p. 25).

Portanto, em síntese, os experimentos realizados por Pitágoras com o monocórdio demonstraram a relação entre o comprimento de uma corda vibrante e a altura musical do som produzido (ou altura tonal). Seguindo os fundamentos de sua escola, ele investigou proporções de comprimento que resultassem em intervalos sonoros específicos (Prado, 2010).

Alguns séculos depois, Kepler vai sistematizar o som dos planetas reforçando a importância da doutrina pitagórica no universo científico. Johannes Kepler nasceu em 1571 na cidade de Weil, Alemanha, e faleceu em 1630, em Regensburg. Estudou na Universidade de Tübingen, onde teve contato com diversas áreas do conhecimento, como matemática, lógica, teologia e astronomia. Lá, foi influenciado por Michael Maestlin, que o apresentou ao modelo heliocêntrico de Copérnico. (Casemiro, 2007).

Inicialmente, Kepler pretendia seguir carreira na teologia, mas acabou sendo indicado para lecionar matemática em uma universidade luterana, o que impulsionou sua carreira acadêmica. No entanto, Kepler enfrentou dificuldades em suas primeiras aulas, uma vez que lecionava conteúdos mais complexos e pouco populares entre os alunos. Para contornar essa situação e atrair o interesse dos estudantes, propôs um curso introdutório abordando, entre outros temas, aritmética e astronomia (Casemiro, 2007).

Durante essas aulas, Kepler observou um padrão nas conjunções de Saturno e Júpiter, percebendo que “cada conjunção ocorre oito signos zodiacais distante da

anterior e num intervalo de tempo de aproximadamente 20 anos” (Casemiro, 2007, p. 65). A partir dessa análise, produziu representações gráficas no quadro, relacionando os raios de círculos com triângulos inscritos e circunscritos às órbitas dos planetas Júpiter e Saturno (Silva, 2023). Essa ideia serviu de base teórica para seu primeiro trabalho, intitulado *Mysterium Cosmographicum*.

Nessa obra, Kepler buscou reorganizar informações que fundamentassem sua teoria, relacionando as razões e proporções entre as órbitas dos planetas e procurando compreender as divergências e semelhanças em relação ao modelo proposto por Copérnico. Tal feito só foi possível ao considerar o Sol como o centro do universo e, a partir dessa premissa, desenvolver suas pesquisas. Com resultados satisfatórios, Kepler publicou *Mysterium Cosmographicum*, contribuindo significativamente para a astronomia (Casemiro, 2007).

Por conta de seus estudos e posicionamentos que contrariavam as premissas da Igreja Católica, Kepler sentiu-se pressionado a continuar suas pesquisas em outro ambiente. Foi então que passou a atuar como assistente do astrônomo Tycho Brahe, matemático imperial de Praga. Brahe faleceu um ano após o início da parceria, deixando um vasto acervo de dados e documentos que serviriam como base para os estudos futuros de Kepler. Contudo, nenhum dos dois conseguiu, até aquele momento, explicar com precisão o movimento orbital de Marte a partir dos modelos existentes (Silva, 2023).

Kepler, então, atribuiu ao Sol a centralização das órbitas planetárias, afirmando que suas velocidades estavam relacionadas à distância que mantinham dele. Posteriormente, em estudos sobre propriedades magnéticas, identificou que a força magnética era responsável pelo movimento orbital dos planetas, estabelecendo conexões com a soma das distâncias — fundamento que originaria sua Primeira Lei, segundo a qual “os planetas descrevem trajetórias elípticas tendo o Sol em um dos focos” (Casemiro, 2007, p. 85), conhecida como Primeira Lei de Kepler.

A partir desses avanços, Kepler iniciou a obra *Harmonices Mundi*, publicada em 1619, com o objetivo de dar continuidade aos estudos iniciados em sua obra anterior. O livro é dividido da seguinte forma:

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).

Dentre essas divisões, destaca-se o quinto livro, que articula astronomia e metafísica ao explorar as proporções harmônicas. Nesse contexto, Kepler estabelece relações harmônicas a partir da ideia de gêneros, classificando os cinco sólidos regulares em duas categorias: primária (cubo, tetraedro e dodecaedro) e secundária (octaedro e icosaedro). Ele denomina essas combinações de casamentos notáveis e relações hermafroditas, das quais surgem novos poliedros. A partir dessas interações, Kepler descobre um novo tipo de poliedro, denominado estrela sólida, resultado da junção entre um dodecaedro e um icosaedro (Silva, 2023).

Para alcançar proporções harmônicas, Kepler aplicou diversas razões aos sólidos e às esferas inscritas e circunscritas, definindo quatro graus distintos de relação entre os poliedros e as esferas: O primeiro grau considera as relações de semelhança entre as figuras, agrupando aquelas com características conceituais semelhantes (como número de faces e lados); O segundo grau aborda a origem e o processo de construção dos sólidos; O terceiro grau analisa fatores comuns entre as figuras já estabelecidas, buscando padrões recorrentes; Por fim, Kepler identifica relações harmônicas nos sólidos regulares, ainda sem associá-las diretamente às órbitas planetárias (Casemiro, 2007).

Em consonância com isso, Kepler aprofunda o estudo das harmonias celestes, apresentando treze argumentos baseados na cosmologia, excluindo os referenciais ptolomaicos. Entre essas treze condições, destacam-se noções de velocidade, posição, movimento, trajetórias, excentricidade e parâmetros matemáticos, todos desenvolvidos a partir da análise dos dados observacionais.

Com isso, Kepler procurou mensurar matematicamente uma estrutura harmônica do universo, seguindo os ideais filosóficos de Pitágoras, unificando seus estudos sobre o cosmo, as órbitas planetárias e suas proporções. Observou que os

planetas aceleram e desaceleram conforme sua proximidade ao Sol, considerando a excentricidade de suas órbitas elípticas (Primeira Lei). Além disso, associou essas variações de velocidade a notas musicais, calculando a razão entre as velocidades angulares mínimas e máximas dos planetas e tentando traduzir esses valores em intervalos musicais (Silva, 2007).

Nesse cenário, os períodos dos planetas são considerados como os elementos mais importantes no estudo das proporções harmônicas, embora ainda não oferecessem os resultados esperados. Contudo, na busca por padrões mensuráveis, o desenvolvimento de uma matemática centrada na demonstração da relação entre o período e a distância de dois corpos celestes serviu como base para a formulação da Terceira Lei de Kepler (Casemiro, 2007).

Portanto, através de suas investigações, Kepler foi capaz de associar notas musicais aos movimentos dos planetas, formulando o conceito da harmonia do mundo. No entanto, ele não conseguiu ouvir ou reproduzir essa melodia, que só seria compreendida posteriormente com o desenvolvimento de estudos astronômicos mais avançados (Silva, 2023).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1. NATUREZA DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida foi de natureza qualitativa e envolveu um estudo teórico, exploratório e empírico da narrativa histórica e texto dramático intitulado *Harmonices Mundi*, produzidos por uma mestrandia do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática e por uma bolsista de PIBIC, cota (2020-2021) da UEPB, o qual apresenta informações de cunho científico sobre a relação entre ciência e música, a partir dos estudos de Johannes Kepler acerca da correlação entre o movimento dos planetas e a harmonia musical, fundamentados nas ideias de Pitágoras, até os albores do século XVI.

A pesquisa de natureza qualitativa, adotada neste trabalho, caracteriza-se por uma abordagem interpretativa e naturalista da realidade, sendo desenvolvida em contextos e cenários naturais. Nessa perspectiva, o pesquisador busca compreender os significados que os indivíduos atribuem às suas experiências, ações e interações dentro de seu ambiente social e cultural. Segundo Denzin e Lincoln (2006), a investigação qualitativa posiciona o pesquisador no mundo, permitindo-lhe interpretar os fenômenos com base na perspectiva dos sujeitos envolvidos, ou seja, a realidade é percebida como construída socialmente e mediada pela linguagem, pela cultura e pelas relações humanas.

Essa abordagem não se baseia na objetividade estrita ou na mensuração numérica, mas sim na compreensão profunda dos sentidos subjetivos, na análise de narrativas e nos significados emergentes dos discursos e comportamentos. Conforme destaca Creswell (2007, p. 189) “os passos da coleta de dados incluem estabelecer as fronteiras para o estudo, coletar informações através de observações e entrevistas desestruturadas (ou semi-estruturadas), documentos e materiais visuais, bem como estabelecer o protocolo para registrar informações.” A coleta e a análise de dados, portanto, são moldadas pela interação entre o pesquisador e o contexto investigado, considerando as diversas dimensões do fenômeno estudado.

#### 3.2. O ESTUDO TEÓRICO

Inicialmente, foi realizado o estudo teórico com foco no aprofundamento da narrativa histórica, a partir de leituras e discussões sobre o texto dramático

mencionado, com o objetivo de reunir subsídios suficientes para responder à primeira questão norteadora da pesquisa: como Pitágoras e Kepler estabeleceram em seus estudos as relações entre a música e a ciência. Em seguida, deu-se início à exploração de possíveis instrumentos (aparatos experimentais) que poderiam ser utilizados como elementos cênicos na elaboração de um material voltado à divulgação científica. O propósito foi pensar e estudar esses instrumentos, de modo a apresentar as interpretações de Pitágoras e Johannes Kepler sobre a relação supracitada, identificadas e discutidas no estudo teórico, com atenção especial à busca por uma linguagem acessível e eficaz na comunicação dos conceitos científicos presentes na narrativa e nos próprios instrumentos, de maneira a contribuir com o processo de divulgação do tema em estudo e também vislumbrando intenções futuras de produzir uma montagem teatral a partir deste material.

### 3.2.1. Estudo da narrativa histórica

Durante o estudo da narrativa histórica foram realizadas diversas leituras analíticas e discussões interpretativas acerca das ideias apresentadas pelos cientistas mencionados, em especial Pitágoras e Johannes Kepler. O objetivo foi não somente aprofundar-se nos conteúdos presentes na narrativa, mas também compreender de que modo as ideias desses estudiosos se relacionavam dentro da narrativa histórica, desde a ligação entre matemática e música apresentada por Pitágoras, até a correlação da harmonia musical com o movimento dos planetas proposta por Kepler, percebendo o olhar apresentado por eles, em suas respectivas épocas e estudos, para a relação principal desta pesquisa, que é o elo entre a ciência e a arte.

### 3.2.2. Exploração do texto dramatúrgico

A exploração do texto dramatúrgico se deu, da mesma forma, a partir de discussões e leituras analíticas, mas também de leituras dramatizadas, buscando, desta vez, compreender as informações apresentadas sob uma ótica de divulgação da temática em estudo. O principal intuito da exploração foi analisar a maneira como os conteúdos científicos, as ideias e as interações entre os cientistas eram descritos no texto, e identificar as possíveis necessidades de desenvolvimento de estratégias que contribuíssem para uma comunicação mais acessível e eficaz da ciência

envolvida na narrativa. A partir dessa investigação, foram propostos os elementos cênicos: materiais concretos compreendidos, dentro do estudo realizado, como aparatos experimentais, que têm a finalidade de facilitar a compreensão de momentos e ideias científicas específicas do texto, nos quais a descrição apresentada pode ser um tanto abstrata ou até mesmo de difícil entendimento.

### 3.2.3. Escolha dos elementos cênicos

Como mencionado no subtópico anterior, a partir da exploração do texto dramatúrgico percebeu-se a necessidade de criar elementos cênicos com a finalidade de tornar a divulgação de algumas partes da narrativa mais eficaz. A partir das diversas leituras e discussões realizadas nas etapas anteriores concluiu-se que esses elementos cênicos deveriam aparecer em três momentos distintos da narrativa.

O primeiro momento ocorre no *3º Ato – Cena 1: A Lenda do Martelo*, em que é apresentada a relação estabelecida por Pitágoras entre ciência e música. Nesse trecho, menciona-se que Pitágoras realizou diversos experimentos envolvendo a produção e a reprodução do som, o que o levou a construir um instrumento para estudos simples, de uma única corda, presa entre dois cavaletes fixados em um pedaço de madeira, dividido em 12 espaços iguais. Esse instrumento, que foi chamado de monocórdio, foi utilizado por ele para observar o comportamento do tom e da vibração, além de ter sido fundamental para que Pitágoras chegasse ao tratamento matemático que relaciona a música e a ciência em seus estudos. O segundo momento é descrito no *Momento 2 – Cena 2* do texto dramatúrgico. Nele, é descrito um experimento inicialmente realizado por Pitágoras e posteriormente desenvolvido por Vincenzo Galilei, utilizando tubos de ar. Nesse experimento, Vincenzo se questiona sobre os sons obtidos a partir de alterações nos tubos, como o comprimento, a largura e o fato de estarem fechados ou abertos, e faz uma analogia entre o movimento das ondas na água e o movimento oscilatório do som, chegando a conclusão que os sons produzidos são diferentes e que, por exemplo, a relação da altura da nota varia inversamente ao volume cúbico do tubo. O terceiro momento é descrito no *4º Ato: Harmonices Mundi*, onde Johannes Kepler apresenta seu modelo de cosmos com base nos sólidos geométricos. Buscando compreender as relações entre os raios das órbitas dos planetas; Kepler notou que certas figuras

geométricas planas proporcionavam exatamente as razões que ele buscava para cada planeta. Depois, considerou um encaixe em orbes tridimensionais para essas figuras considerando que o número de planetas, têm relações com os cinco sólidos regulares, o cubo, tetraedro, dodecaedro, octaedro e icosaedro de modo que cada sólido corresponde a um planeta.

Portanto, entendendo que essas partes do texto dramaturgico necessitavam de mecanismos mais visuais e, até mesmo, táteis para uma melhor compreensão da ciência envolvida, foram selecionados, respectivamente, o monocórdio, os tubos vibrantes e os orbes geométricos como elementos cênicos, de modo a contribuir para a divulgação da temática em estudo. Após a idealização dos instrumentos como componentes de um possível cenário teatral, iniciou-se o processo de criação de uma linguagem cênica para esses instrumentos, ou seja, compreender de que forma seriam apresentados dentro da perspectiva de uma montagem.

### 3.3. O ESTUDO EMPÍRICO

Realizado o estudo teórico, a exploração do texto dramaturgico e concluída a escolha dos elementos cênicos, sentiu-se a necessidade de produzir um material que explorasse esses instrumentos, no sentido de descrevê-los a partir do objetivo principal: apresentar as interpretações de Pitágoras, Johannes Kepler e demais estudiosos sobre o vínculo entre a música e a ciência. A partir dessa descrição mais detalhada, buscou-se estudar sua forma de apresentação, atentando-se à busca por uma linguagem que melhor comunique a ciência envolvida nos instrumentos e no contexto da narrativa em que estão inseridos.

A descrição dos instrumentos foi estruturada em três partes principais: (1) contexto histórico do instrumento, de modo que fosse possível compreender como o mesmo relaciona-se com as interpretações dos cientistas mencionados para a relação ciência e música; (2) a pergunta “o que é esse instrumento?”, a abordagem das características físicas e composição dos elementos cênicos; e (3) “com qual finalidade este instrumento será apresentado?”, para que seja possível visualizar previamente o futuro elemento cênico como constituinte de uma linguagem cênica que facilite a compreensão da temática em estudo e contribua com o processo de divulgação da ciência.

Após a produção do material descritivo e a compreensão do papel de cada elemento cênico dentro da narrativa apresentada, iniciou-se a confecção desses

instrumentos para uma nova análise exploratória, desta vez considerando o olhar de um grupo de estudantes do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba – Campus I, que cursaram o componente curricular "Ciência e Arte no Ensino", ofertado pelo Departamento de Física - Campus I - UEPB.

Após a confecção dos elementos cênicos, iniciaram-se os encontros para o estudo empírico com os estudantes, que foi estruturado em três partes: o estudo da narrativa histórica e do texto dramático; a exploração dos instrumentos confeccionados; e a coleta dos dados por meio de uma entrevista semiestruturada.

Na primeira etapa do estudo empírico, aconteceram as leituras dramatizadas e interpretativas do texto dramático com os estudantes participantes. Essas leituras ocorreram ao longo de alguns encontros e foram organizadas em blocos, considerando a divisão estrutural do próprio texto, que possui diferentes atos. Além do aprofundamento na narrativa e nos conceitos científicos trazidos no texto, a realização das leituras dramatizadas favoreceu o engajamento dos estudantes e possibilitou um ambiente propício para discussões e interpretações coletivas acerca da temática abordada. Além disso, o estudo prévio do texto dramático com os estudantes confirmou a percepção obtida no estudo teórico anterior de que algumas partes do texto poderiam ser abstratas e de difícil compreensão, necessitando dos recursos cênicos pensados.

Em seguida, no segundo momento do estudo, deu-se início à exploração dos instrumentos, cuja intenção foi apresentar as interpretações dos estudiosos, sobretudo Pitágoras e Johannes Kepler, sobre a relação entre a música e a ciência. A exploração dos instrumentos também foi dividida em alguns encontros apresentados de acordo com a ordem em que o elemento é mencionado na narrativa histórica ou a discussão relacionada e cada instrumento foi introduzido e contextualizado com base no seu contexto histórico, descrição física e localização no texto dramático. Durante esse processo, buscou-se principalmente verificar como os estudantes, sujeitos da pesquisa, percebiam e compreendiam os conhecimentos científicos representados por meio desses instrumentos e como eles, enquanto futuros professores, os enxergavam no que diz respeito ao potencial de comunicação e divulgação da ciência tratada.

Finalmente, no terceiro momento, a coleta dos dados foi realizada por meio de registros de áudios, sendo norteadas por uma entrevista semiestruturada composta por quatro perguntas principais: (1) Os elementos apresentados

estabelecem alguma relação com a narrativa histórica? (2) De que forma os elementos apresentados contribuem para a assimilação da ciência envolvida na narrativa? (3) O manuseio e a interação com os elementos cênicos favorecem a comunicação e a compreensão dos conceitos científicos abordados? e (4) Como futuros professores, vocês consideram viável a utilização desses elementos?. Para a realização da entrevista, os estudantes foram organizados em semicírculo, e as perguntas foram feitas individualmente, uma de cada vez, permitindo que cada participante apresentasse suas contribuições com base nas experiências vivenciadas ao longo dos encontros. Em seguida, os áudios foram transcritos, e as respostas fornecidas pelos estudantes foram analisadas de maneira qualitativa.

### 3.3.1. A produção dos elementos cênicos

O processo de criação dos elementos cênicos (aparatos experimentais) surgiu da necessidade de tornar mais clara e acessível a comunicação de determinadas passagens do texto dramático, especialmente aquelas que abordam conceitos científicos. Esses elementos foram propostos e testados com foco em seu potencial para a divulgação científica, considerando que futuramente integrarão a cenografia de uma montagem teatral baseada na narrativa trabalhada.

O monocórdio, o primeiro instrumento utilizado, faz parte de um conjunto de experimentos históricos organizado pelo Grupo de História da Ciência e Ensino (GHCEN) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). O monocórdio é composto basicamente por uma caixa de madeira oca, sobre a qual estão fixados dois cavaletes nas extremidades. Entre esses cavaletes, é esticada uma corda, e a superfície da caixa é marcada com divisões que indicam pontos específicos onde a corda pode ser pressionada ou dividida. Para ajustar a tensão da corda e, assim, produzir diferentes sons, o monocórdio conta com um terceiro cavalete móvel, que é usado para modificar o comprimento vibrante da corda. O instrumento também é acompanhado por uma vareta de madeira, com aproximadamente 30 centímetros, utilizada para dedilhar e produzir o som.

Os tubos vibrantes, que representam o experimento desenvolvido por Pitágoras e posteriormente por Vincenzo Galilei; foram adaptados para cinco tubos de vidro com uma das extremidades abertas, contendo diferentes quantidades de líquidos com diferentes colorações. A intenção foi atribuir ao elemento cênico um caráter visual e lúdico, tendo em vista que esses aspectos contribuem para o

processo de divulgação científica. Acompanhando os tubos, foi utilizada uma vareta de madeira com aproximadamente trinta centímetros de comprimento (a mesma do monocórdio), utilizada para “bater” nos tubos e produzir diferentes sons, conforme a quantidade de líquido presente em cada recipiente.

No contexto da abordagem dramatúrgica, a variação das cores foi pensada como um estímulo à curiosidade do público, talvez levando-o a questionar-se o que de fato provoca as diferenças sonoras observadas. De modo que caso o fato fosse atribuído às diferentes colorações, poderiam ser incentivados a testar a hipótese por meio da manipulação do elemento cênico, utilizando, por exemplo, líquidos da mesma cor em quantidades diferentes, ou líquidos da mesma quantidade com cores distintas. Essa proposta atribui ao instrumento um caráter interativo, favorecendo a construção de conceitos científicos presentes na narrativa.

Por fim, os orbes geométricos foram o elemento cênico mais desafiador tanto em termos de concepção quanto de confecção. A proposta era representar o modelo de cosmos baseado nos sólidos geométricos, proposto por Johannes Kepler. Inicialmente, a intenção era confeccionar a taça cósmica: um encaixe de figuras tridimensionais e as órbitas, representando a relação proposta por Kepler entre os seis planetas conhecidos em sua época e os cinco sólidos platônicos. No entanto, essa ideia foi reconsiderada, pois, uma vez construída, a estrutura se tornaria inviável para, por exemplo, uma desmontagem com fins de exploração cênica ou experimental.

Além disso, as primeiras figuras circunscritas acabariam ficando com dimensões muito reduzidas, dificultando a visualização adequada. Como a proposta era representar exatamente o modo como Kepler associou os planetas às figuras geométricas e, considerando que ele realizou inicialmente essa associação por meio de figuras planas, que proporcionavam exatamente as razões que buscava para cada planeta, optou-se pela confecção bidimensional dessas formas. O material principal utilizado para a confecção foi o isopor, por ser leve e de fácil recorte, facilitando o transporte. Também foram utilizados tubos de cola, palitos para fixação das arestas, papel higiênico com cola para reforçar a estrutura e papel crepom de diferentes cores para diferenciar visualmente as figuras.

Contudo, devido à dificuldade de manter a estrutura estável e bem colada, as órbitas planetárias não foram confeccionadas.

Após a confecção de todas as figuras, percebeu-se a inviabilidade do material confeccionado. Além de não apresentar uma estrutura firme, nos encontros das arestas, o isopor mesmo colado e fixado com palitos ficou extremamente frágil e quebradiço. O material também atingiu proporções muito grandes, uma vez que as figuras foram projetadas para serem circunscritas umas dentro das outras. Como a primeira figura precisava ter um tamanho considerável para garantir a visualização adequada, as demais acabaram ficando muito grandes, o que dificultava a manipulação. Somado a isso, as órbitas dos planetas não haviam sido confeccionadas, tornando o elemento cênico incompleto.

Portanto, diante de todas as dificuldades apresentadas, optou-se por produzir uma simulação digital, para exposição por meio de projeção, possibilitando a visualização dos encaixes dos sólidos de forma individual e conjunta. Considera-se, ainda, a possibilidade de confeccionar futuramente a taça cósmica em sua forma tridimensional, com o objetivo de compor a cenografia da peça, representando o modelo final proposto por Johannes Kepler

### 3.3.2. Descrição do campo de estudo (Lócus e os sujeitos)

A pesquisa foi desenvolvida no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), e teve como lócus escolhido a sala 106 do Bloco C do Centro de Ciência e Tecnologia da referida Universidade, localizado na Rua Juvêncio Arruda, s/n, Bodocongó, na cidade de Campina Grande - PB.

A sala onde os encontros foram realizados é equipada com lousa, birô, cadeiras, projetor multimídia, iluminação adequada e janelas, além de contar com um espaço físico razoavelmente propício para a interação e discussões, o que proporcionou um ambiente confortável e bem estruturado para o desenvolvimento do estudo empírico com os estudantes.

Como já mencionado, o estudo foi realizado dentro do componente curricular 'Ciência e Arte no Ensino', uma disciplina eletiva ofertada pelo Departamento de Física, Campus I - UEPB. Os sujeitos da pesquisa foram estudantes regularmente matriculados no curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), e que efetuaram matrícula no referido componente eletivo para o semestre letivo de 2024.1.

A escolha do grupo, composto por aproximadamente doze estudantes, foi motivada pelo entendimento de que a escolha do componente eletivo refletia uma

sensibilidade dos participantes em relação às diferentes formas de ensinar e comunicar a ciência, além de demonstrar interesse na principal temática desta pesquisa: a relação entre ciência e arte. Alguns dos estudantes encontravam-se em diferentes períodos do curso de Licenciatura em Física, mas todos possuíam uma bagagem notável sobre as metodologias de ensino estudadas ao longo da graduação e o próprio processo de ensino e aprendizagem. O estudo empírico foi realizado em uma fase avançada do componente, o que garantiu aos participantes um conhecimento prévio significativo acerca da divulgação científica e das diferentes relações que poderiam ser exploradas nesse processo. Esses fatores contribuíram para que tanto o grupo quanto o contexto se configurassem como adequados e pertinentes para o desenvolvimento da presente pesquisa.

### 3.3.3. A implementação na disciplina

Os estudos com os sujeitos da pesquisa foram realizados ao longo de duas semanas, totalizando quatro encontros. Os dois primeiros encontros foram destinados à leitura dramatizada e interpretativa do texto, enquanto os dois últimos focaram na exploração dos elementos cênicos e na coleta de dados, por meio da entrevista semiestruturada.

No primeiro encontro, foi realizada uma breve apresentação da pesquisa ainda em desenvolvimento, bem como uma contextualização sobre a autoria e o surgimento do texto dramático que seria trabalhado ao longo dos encontros. Em seguida, o texto foi distribuído aos estudantes participantes e foi realizada uma descrição da sua estrutura, abordando desde o título e a divisão em atos até as cenas que o compunham. Após essa familiarização inicial com o texto, iniciaram-se as leituras com o objetivo de compreender tanto a narrativa histórica quanto os conceitos científicos nela presentes.

No segundo encontro, deu-se continuidade às leituras interpretativas, seguidas por discussões acerca da forma como as informações científicas eram apresentadas no texto e sobre a necessidade de incluir mecanismos cênicos ou realizar adaptações na escrita para uma melhor compreensão dessas informações.

No terceiro encontro, iniciou-se a exploração dos elementos cênicos, com a utilização do monocórdio e dos tubos vibrantes, instrumentos que, dentro da narrativa histórica, representam os diferentes experimentos realizados relacionados à produção do som e à compreensão de sua propagação e características.

Inicialmente, foi realizada uma exposição sobre o contexto histórico desses instrumentos e sua constituição física, situando-os dentro da narrativa e apresentando os respectivos atos e cenas em que aparecem. Em seguida, foi feita a leitura dos trechos correspondentes aos elementos, mas desta vez com os estudantes manuseando e interagindo com os instrumentos. Essa abordagem permitiu não apenas a verificação prática das ideias apresentadas na narrativa, mas também proporcionou liberdade para que os participantes experimentassem e realizassem diferentes testes, com base no que havia sido lido e discutido.

No quarto e último encontro, adotou-se o mesmo procedimento inicial mencionado anteriormente, e os estudantes realizaram a exploração dos orbes geométricos, apresentados por meio de uma simulação, em virtude das dificuldades previamente expostas no tópico 3.3.1, relacionadas à confecção do instrumento físico. Em um segundo momento, os estudantes foram organizados em semicírculo e participaram de uma entrevista sobre toda a experiência vivenciada ao longo dos encontros e levando em consideração os questionamentos já mencionados da pesquisa semiestruturada. As perguntas, que se encontram no apêndice 1 deste trabalho, foram realizadas uma de cada vez, de modo que os participantes tivessem um tempo para discussão, caso julgassem necessário, e apresentassem suas respostas de forma livre e espontânea. A coleta dos dados foi realizada por meio do registro das falas, utilizando o aparelho celular do entrevistador.

#### 3.3.4. A coleta de dados

Como já mencionado, a coleta de dados foi realizada por meio das discussões e leituras analíticas no estudo teórico e através do registro das falas, utilizando o aparelho celular do entrevistador, no estudo empírico. Inicialmente, os estudantes participantes foram informados sobre a finalidade das gravações, sendo solicitada a devida autorização. Todos concordaram em ter suas falas gravadas e, durante a entrevista, o aparelho foi posicionado sobre uma mesa próxima ao semicírculo onde a atividade estava sendo conduzida, de modo a captar o áudio com clareza e o mínimo de ruídos possíveis. Em alguns momentos, a gravação era interrompida e reiniciada, a fim de evitar arquivos excessivamente longos e facilitar a transcrição posterior. Além dos registros de áudio, também foram consideradas as informações e interpretações obtidas durante as discussões realizadas ao longo dos

encontros, o que contribuiu para enriquecer o conjunto de dados conseguido sobre o olhar dos estudantes em relação aos elementos cênicos e ao texto dramático.

### 3.3.5. A análise dos dados

Após a coleta dos dados, foi realizada a transcrição dos arquivos de áudio gravados durante as entrevistas. Esse processo consistiu na escuta atenta de cada gravação, com o objetivo de reproduzir fielmente as falas dos estudantes participantes. Para garantir a confidencialidade dos sujeitos envolvidos, os nomes reais foram substituídos por identificações genéricas, como 'Estudante A', 'Estudante B', e assim por diante de acordo com o número de falas. Além das transcrições, também foram consideradas as anotações e observações feitas ao longo dos encontros, referentes às interações, comentários e sugestões em relação aos elementos cênicos e à forma como os estudantes perceberam esses instrumentos dentro da proposta dramática. A análise dos dados seguiu uma abordagem qualitativa, buscando identificar percepções, compreensões e interpretações dos participantes em relação à experiência vivenciada, especialmente no que diz respeito ao uso dos elementos cênicos como recurso pedagógico e à apropriação dos conceitos científicos abordados no texto dramático. A partir da análise dos dados obtidos, buscou-se reunir subsídios suficientes para responder a segunda principal questão norteadora deste trabalho que trata exatamente do(s) olhar(es) desse(s) estudante(s) para os instrumentos, que compõem parte da encenação de uma peça de teatro, que será produzida a partir do texto dramático "*Harmonices Mundi*".

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. SOBRE OS INSTRUMENTOS

A partir dos estudos realizados na primeira etapa desta pesquisa, com o objetivo de aprofundamento teórico da narrativa apresentada por meio do texto dramático, foi possível reunir informações suficientes para compreender como Pitágoras e Kepler estabeleceram, em seus estudos, as relações entre a música e a ciência. A partir dessa compreensão, tornou-se possível responder à primeira pergunta motivadora deste trabalho: quais instrumentos podemos usar para apresentar as relações estabelecidas por Pitágoras e Kepler entre ciência e música, de maneira a contribuir com o processo de divulgação do tema em estudo?

Como já mencionado, os instrumentos ou aparatos experimentais escolhidos foram: o monocórdio, os tubos vibrantes e os orbes geométricos. Todos foram pensados com o intuito de viabilizar a apresentação das relações estabelecidas por tais estudiosos em um contexto de divulgação científica por meio do teatro. Contudo, sentiu-se a necessidade da produção desses instrumentos, no sentido de descrevê-los e situá-los dentro do texto dramático, para que, a partir dessa descrição mais detalhada, fosse possível estudar a elaboração da linguagem cênica a ser utilizada durante a exploração dos mesmos.

Essa descrição foi estruturada em três partes principais: (1) contexto histórico do instrumento, de modo que fosse possível compreender como o mesmo relaciona-se com as interpretações dos cientistas mencionados para a relação ciência e música; (2) a pergunta “o que é esse instrumento?”, a abordagem das características físicas e composição dos elementos cênicos; e (3) “com qual finalidade este instrumento será apresentado?”, para que fosse possível visualizar previamente o futuro elemento cênico como constituinte de uma linguagem cênica que facilite a compreensão da temática em estudo e contribua com o processo de divulgação da ciência. Nos subtópicos a seguir, é apresentada a descrição dos elementos na ordem em que foram mencionados anteriormente.

#### 4.1.1. O Monocórdio

Pitágoras acreditava que os números eram a essência de todas as coisas, ou seja, ele tinha uma crença de que tudo poderia ser explicado através deles. A partir dessa crença, ele passou a querer compreender os sons que existiam na natureza

por meio da matemática, bem como de quais formas poderia combiná-los e quais combinações eram mais agradáveis de ouvir-se.

De acordo com a lenda, a inspiração para a criação do monocórdio veio de uma situação vivenciada por Pitágoras, na cidade de Samos, ao passar por uma serralheria. A seguir, é apresentado um recorte do texto dramático “harmonices mundi”, onde essa situação específica é apresentada:

### **3° ATO - CENA 1: A Lenda do Martelo [Cenário de uma rua da cidade de Samos com a serralheria]**

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.

**PITÁGORAS:** Olha para isto meu caro! Ouça os sons desses martelos!!!

**DISCÍPULO:** O que há mestre?! com os 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...hahahahaha... (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!

*[Pitágoras e seu discípulo vão até a escola de Samos.]*

Após a situação apresentada acima por meio do recorte do texto dramático, Pitágoras construiu um instrumento para estudos simples, de uma corda só que ficava presa entre dois cavaletes fixados a um pedaço de madeira que era dividido em 12 espaços iguais o qual chamou de monocórdio.

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

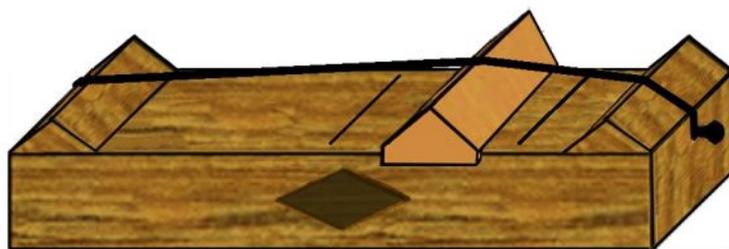
**PITÁGORAS:** Isto meu caro, é instrumento musical para estudo. Ele é feito de madeira com uma corda tensionada por cavaletes, daí o nome, monocórdio, “mono” uma, “cordio” corda. Caso eu queira acrescentar mais uma corda poderei

chamá-lo de Dicórdio, e assim até quantas cordas eu queira, mas este é um monocórdio!

- O que é esse instrumento?

O monocórdio nada mais é do que um instrumento que, como o próprio nome sugere, é composto por uma única corda. Ele é formado por uma caixa de ressonância, originalmente de madeira, sobre a qual essa corda única é esticada, presa a dois cavaletes localizados nas extremidades da caixa. Sob a corda, é adicionado também um cavalete móvel, permitindo tensioná-la no ponto desejado. Na Figura 1, abaixo, é possível observar a estrutura do monocórdio aqui descrita.

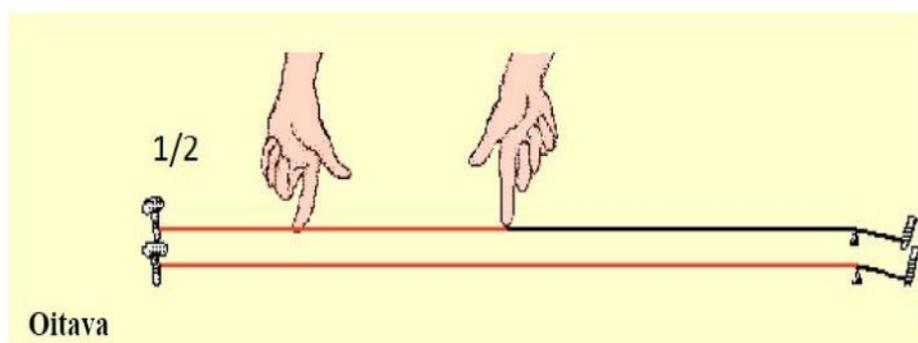
**Figura 1:** Monocórdio de Pitágoras



**Fonte:** <http://clubes.obmep.org.br/blog/aplicando-a-matematica-basica-construcao-de-um-monocordio/>

O monocórdio pode ser utilizado para ilustrar a relação entre a matemática e a música, especialmente no que diz respeito à vibração musical. Observe, a seguir, na Figura 2, uma representação da utilização desse experimento.

**Figura 2:** Representação do experimento realizado por Pitágoras ao tensionar a corda dividindo-a ao meio e sem seguida tocando-a.



**Fonte:** <https://estudiodarezzo.blogspot.com/2015/01/a-matematica-dos-acordes-musicais.html>

Quando a corda está esticada, ela vibra em uma frequência específica. Ao utilizar o cavalete para dividi-la ao meio e, em seguida, tocá-la, o tom produzido é uma oitava mais alto, pois a frequência da vibração é o dobro da original. Se a corda for dividida novamente, obtendo-se um quarto do comprimento inicial, o som gerado será duas oitavas acima do original, ou seja, com frequência quadruplicada. Essa relação entre frações do comprimento da corda e a altura do som exemplifica os princípios matemáticos da harmonia musical.

- Com qual finalidade este instrumento será apresentado?

O monocórdio é um instrumento e, dentro da presente proposta, também um elemento cênico com grande potencial para a comunicação da ciência. O objetivo principal, ao trazê-lo para a exposição, é possibilitar a compreensão de como Pitágoras estabeleceu a relação entre ciência e música. Além disso, entende-se que o instrumento é fundamental para que se compreenda como Pitágoras observou o comportamento do tom e da vibração em diferentes experimentos com o monocórdio, bem como todo o tratamento matemático envolvido nesse processo, até justificar a música sob uma perspectiva científica, ou mais especificamente, matemática, culminando na criação da primeira escala tônica musical da história ocidental.

A proposta inicial é apresentar o monocórdio como elemento cênico, reproduzindo o experimento realizado por Pitágoras, de modo que o público possa observar tanto a cena em seu contexto geral quanto os procedimentos realizados no instrumento, nos mínimos detalhes, por meio de uma projeção. Ou seja, além do monocórdio compor o cenário, sua manipulação será apresentada por meio de uma projeção facilitando a visualização e compreensão do experimento.

#### 4.1.2. Tubos vibrantes

Ainda considerando a situação vivenciada por Pitágoras na serralheria, apresentada anteriormente, ao tratarmos do contexto histórico da criação do monocórdio, é possível notar que ele desenvolveu um grande interesse pelos sons, especialmente pela sua produção e reprodução. Esse interesse o levou a experimentar diversas formas de gerar e reproduzir sons, sendo a mais conhecida o uso de cordas vibrantes, o que resultou na criação do monocórdio. No entanto, como mencionado, seus experimentos não se limitaram ao uso de cordas. Pitágoras

também fez uso de tubos e sinos para produzir diferentes sons, tocando-os com uma espécie de vareta. Na Figura 3, é possível observar representações de alguns desses experimentos atribuídos a Pitágoras, entre eles, o uso de tubos.

**Figura 3:** Representação dos experimentos onde Pitágoras estudava diferentes sons e formas de produzi-los.



**Fonte:** Figura extraída do livro *Theorica Musicae* de Franchino Gaffurius (1492), apud Prado, 2010, página 41.

A partir dos estudos e experimentos realizados por Pitágoras, Vincenzo Galilei, também interessado nas questões relacionadas à harmonia musical e à investigação dos princípios da produção sonora, realizou posteriormente experiências com tubos de ar. A seguir, apresenta-se uma representação dos tubos vibrantes, por meio de um recorte do texto dramático *Harmonices Mundi*.

## **MOMENTO 2 – CENA 2: [EM SUA SALA SE ESTUDOS ZARLINO VÊ A NOTÍCIA DA OBRA DE VINCENZO]**

**ZARLINO:** Este livro de Vincenzo nada diz de relevante a respeito de teoria musical... e também nunca ouvi falar sobre esse tempo igual das notas! Pitágoras já dizia que não era possível chegar a uma média geométrica com a aritmética tradicional!

*[VINCENZO NÃO SE INTIMIDA COM O DESMERCIMENTO DE ZARLINO 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! (Silêncio)

**VINCENZO:** 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?

**VINCENZO:** Hum... deixe-me ver, Aristóteles já pensava que por meio de uma analogia ao movimento das ondas na água, existisse 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.

Manipulando os tubos, percebo que o som que sai de cada um deles possuem sons diferentes, e isto quer dizer que: tubos abertos e fechados podem produzir intervalos diferentes, portanto a relação da altura da nota varia inversamente ao volume cúbico do tubo!

- O que é esse instrumento?

Dentro da perspectiva de divulgação e apresentação desses instrumentos que, neste trabalho, são considerados também como elementos cênicos, foi realizada a nomeação dos tubos cilíndricos com base no objetivo atribuído ao instrumento. Assim, o nome “tubos vibrantes” foi adotado com a intenção de identificar esse elemento a partir de uma ou mais características que o descrevem de forma significativa.

Os tubos vibrantes, dentro da proposta de apresentação, são tubos cilíndricos inicialmente ocos, feitos de vidro, com uma de suas extremidades fechadas, de modo que o ar fique impedido de sair por essa extremidade, mas livre para mover-se pelo interior do cilindro. Essa estrutura, de forma generalizada, está presente em diversos instrumentos de sopro. Além disso, os tubos possuem seus comprimentos variados com diferentes quantidades de água, a fim de limitar o espaço vazio em cada um deles. Também são adicionados corantes de cores distintas à água presente em cada tubo. Acompanhando os tubos, também utiliza-se uma vareta de madeira e uma régua ou fita métrica para verificar o comprimento que será analisado

em cada tubo. Na Figura 4, abaixo, é possível observar como será apresentada essa experiência com os tubos vibrantes.

**Figura 4:** Apresentação dos tubos vibrantes



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2023

- Com qual finalidade este instrumento será apresentado?

Os tubos vibrantes serão apresentados com o intuito de provocar/questionar o público e promover um momento de interação entre os atores e a plateia, pois, como mencionado anteriormente, serão adicionados à água corantes de diferentes cores, não apenas para provocar um efeito visual mais atraente, mas para gerar inquietação no público e motivar auto-questionamentos, como por exemplo: “Será que o som é diferente por causa da cor?”; “O que será que a cor tem a ver com o som?”. Por mais que não sejam expostos, esses questionamentos surgirão naturalmente à medida que os experimentos forem sendo reproduzidos e apresentados. A ideia científica por trás desse experimento é muito parecida com a do monocórdio; é justamente o que Pitágoras fez ao utilizar diferentes materiais e experimentos para produzir, analisar e tentar interpretar os sons obtidos. O diferencial, e o que torna, neste trabalho, esse experimento relevante para apresentação é exatamente o seu potencial para exploração por parte dos atores, provocar a inquietação, participação e a compreensão do que realmente foi observado na cena, chegando o mais próximo possível do que tenha realmente sido a visão de Pitágoras ao realizar tais experiências.

A ordem dos procedimentos será a seguinte: primeiro, adiciona-se água aos tubos, limitando os seus respectivos comprimentos em relação ao espaço onde o ar

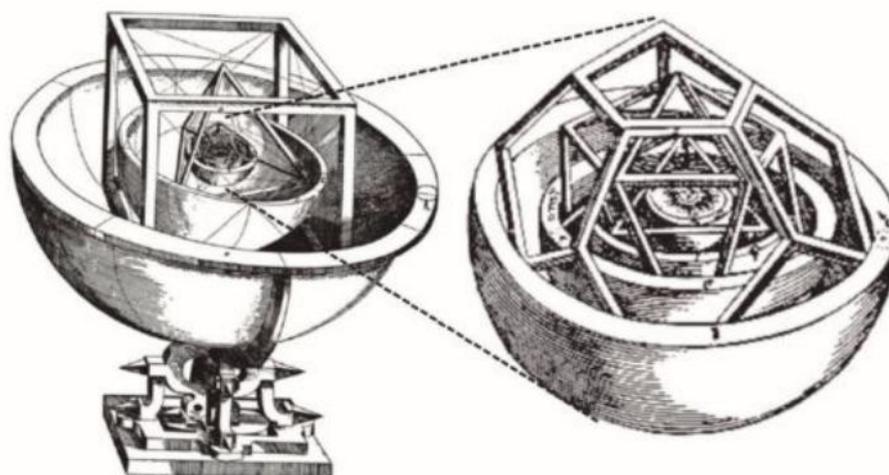
poderá se mover. Nesse momento, a água já estará colorida, e já está definido qual comprimento do tubo ela irá ocupar. Em seguida, executa-se a parte principal do experimento, que consiste em utilizar a vareta para “dar toques” em cada um dos tubos e discutir-se os resultados obtidos juntamente com o público, questionando-os e, inclusive, incitando a participação de alguns na prática do experimento. Após essa observação e discussão, é importante realizar uma simples medição com relação ao comprimento de cada tubo no momento da apresentação, apenas para fins demonstrativos, garantindo uma melhor compreensão do que estamos realizando. Outro ponto interessante, é que dependendo das interpretações ou questionamentos que surgirem, como os mencionados inicialmente, podem ser adotadas diferentes estratégias para verificar tais ideias corroborando para o objetivo final que é a aproximação entre o público e os conceitos científicos envolvidos na prática apresentada.

#### 4.1.3. Orbes geométricos

Buscando compreender as relações entre os raios dos orbes dos planetas, Kepler notou que algumas figuras geométricas planas proporcionavam exatamente a razão que ele buscava para cada planeta e depois considerou um encaixe em orbes tridimensionais para essas figuras. Então, após vários estudos Kepler se propõe a apresentar a sua visão do universo e, para isso, parte do modelo heliocêntrico, ou seja, que a Terra e os demais planetas giram ao redor do sol. Além disso, baseado na sua primeira publicação *Mysterium Cosmographicum*, o número de órbitas ao redor do sol, isto é, o número de planetas, têm relações com os cinco sólidos regulares, o cubo, tetraedro, dodecaedro, octaedro e icosaedro de modo que os sólidos eram encaixados intercalando-se entre esferas que representavam as órbitas dos planetas, o que fazia todo sentido levando em consideração que para Kepler existiam apenas seis planetas (Urreiztieta, 2013).

Na figura 5, podemos observar o modelo do cosmos, proposto por Kepler no *Mysterium Cosmographicum*.

**Figura 5:** Modelo do cosmos de acordo com os sólidos geométricos



**Fonte:** Figura extraída de Kepler, 1621: 24-25, apud Urreiztieta, 2013, página 116.

No modelo apresentado na figura 5 é possível observar os sólidos platônicos encaixados um dentro do outro, o que para Kepler servia como uma forma de explicar e justificar geometricamente a quantidade de planetas, por exemplo, bem como uma determinada distância que cada um mantinha do sol. Kepler acreditava que a sequência dos sólidos e das esferas onde cada um estava contido possuíam diâmetros que coincidiam com as órbitas circulares dos planetas e apesar dele não ter conseguido demonstrar de forma exata o que enxergava com relação a esse modelo de cosmos estático, ele nunca o abandonou totalmente, mas sim o tornou na obra *Harmonices Mundi* como um complemento para um novo modelo, dessa vez dinâmico e que estava baseado na excentricidade das órbitas, nos movimentos acelerados e desacelerados e que era justificado pelos intervalos musicais da harmonia (Urreiztieta, 2013, p. 116.).

A seguir, apresenta-se mais um trecho do texto dramático onde os orbes geométricos são representados.

#### **4º ATO: HARMONICES MUNDI**

**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.

**KEPLER:** 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...

**KEPLER:** E baseando na conclusão da minha primeira publicação do *Mysterium Cosmographicum*, o número de planetas, ou o número de órbitas em torno do Sol, foi tirada pelo mais sábio Criador, dos cinco sólidos regulares, o cubo, tetraedro, dodecaedro, octaedro e icosaedro, e que correspondem a um planeta do Universo, e só existem 6 planetas: Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Vênus e Mercúrio. Veja como se encaixa perfeitamente...

A princípio, quando Kepler descobriu a relação entre os raios dos orbes de Saturno e Júpiter e partiu em busca das figuras que representassem os demais orbes, ele estava considerando figuras planas que proporcionassem as razões desejadas por ele e só depois ele passou a encaixar essas figuras em orbes tridimensionais. Portanto, os orbes geométricos serão apresentados com o objetivo de demonstrar como Kepler associou as órbitas dos planetas aos sólidos geométricos e organizou um modelo de representação do cosmos com base nos seus estudos.

- O que é esse instrumento?

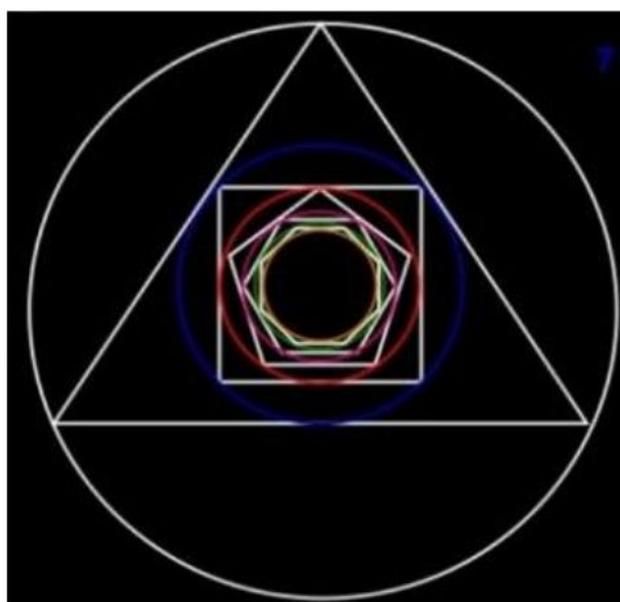
Os orbes geométricos nada mais são do que a representação planificada do que seria o modelo do cosmos apresentado por Kepler no *Mysterium Cosmographicum*, que, inclusive, também foi pensado inicialmente considerando figuras planas. Dentro da perspectiva da apresentação teatral, deve-se levar em consideração o fator visual, isto é, a visualização, por parte dos espectadores, dos elementos cênicos que estão sendo apresentados. Por isso, compreende-se que há a necessidade de adaptar o modelo, de modo que não interfira na compreensão do que foi discutido por Kepler enquanto realizava seus estudos. A ideia é fazer essa adaptação por meio da reprodução de uma das faces de cada sólido, de modo que esta represente a órbita de um determinado planeta, o planeta ao qual foi associado por Kepler em sua obra.

A intenção inicial era que essas representações fossem feitas em madeira e em tamanhos diferentes, para que fosse possível encaixá-las umas sobre as outras, assim como acontece no modelo original. Esse encaixe seria realizado com o

suporte de uma estrutura móvel, de fundo preto, que permitiria o manuseio desse modelo no palco durante a apresentação. Mas, como mencionado anteriormente neste trabalho, durante a confecção prévia do elemento, utilizando materiais mais simples como o isopor no lugar da madeira, notou-se que as peças do instrumento atingiram proporções muito grandes, uma vez que as figuras foram projetadas para serem circunscritas umas dentro das outras. Como a primeira figura precisava ter um tamanho considerável para garantir a visualização adequada, as demais acabaram ficando muito grandes, o que favorece a visualização por parte do público a depender do espaço, mas dificulta a manipulação. Levando tudo isso em consideração, a proposta final para este elemento cênico é que ele seja apresentado no formato de uma simulação digital, para exposição por meio de projeção, possibilitando a visualização dos encaixes dos sólidos de forma individual e conjunta. Além da projeção, considera-se a possibilidade de confeccionar futuramente a taça cósmica em sua forma tridimensional, com o objetivo de compor a cenografia da peça, representando o modelo proposto por Johannes Kepler.

A seguir, na Figura 6, é possível entender como será essa representação por meio de um esboço.

**Figura 6:** Esboço representando as orbes geométricas.



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2023

- Com qual finalidade este instrumento será apresentado?

Como já mencionado anteriormente, os orbes geométricos serão apresentados com o objetivo de demonstrar como Kepler associou as órbitas dos planetas aos sólidos geométricos e organizou um modelo de representação do cosmos com base em seus estudos. A intenção principal é reproduzir essa montagem dos orbes, uma dentro da outra, assim como Kepler realizou, e, no processo de montagem, discutir como ele, ao buscar compreender melhor a órbita de Marte, chegou à conclusão de que a trajetória dos planetas não era perfeitamente circular, como se imaginava, mas sim elíptica.

A apresentação dos orbes será a ponte entre as discussões e teorias descritas nas obras *Mysterium Cosmographicum* e *Astronomia Nova*, que levaram Kepler a, diante da perfeição do cosmos, questionar-se sobre a existência de uma harmonia no universo, fruto das harmonias individuais de cada planeta, ou seja, considerar o universo como um instrumento musical.

#### 4.2. SOBRE O OLHAR DOS LICENCIANDOS

A proposta de explorar os instrumentos (aparatos experimentais) teve como objetivo apresentar, por meio deles, as interpretações de estudiosos como Pitágoras e Johannes Kepler sobre a relação entre música e ciência e, durante esse processo, analisar também como os estudantes, sujeitos da pesquisa, percebiam e compreendiam os conhecimentos científicos mediados por esses instrumentos. A princípio, foram apresentados o monocórdio e os tubos vibrantes, instrumentos com os quais os estudantes não apenas puderam verificar as ideias abordadas na narrativa, como também tiveram liberdade para experimentar e realizar diferentes testes, considerando o que foi lido e discutido previamente.

Segundo os próprios estudantes, além de os instrumentos apresentarem relação com a narrativa histórica, pois remetem a experimentos descritos no texto dramático, eles também contribuíram significativamente para a compreensão da ciência envolvida, assim como da própria linguagem utilizada no texto. Dessa forma, os instrumentos apresentaram-se como excelentes mediadores de comunicação científica da temática em estudo. É possível identificar essa percepção na fala de um dos estudantes, apresentada a seguir:

**ESTUDANTE A:** “Acaba que isso dá um caráter visual e experimental para aquilo que, de certa forma, a gente acaba só imaginando. Se a gente lê o texto sem ver nenhuma imagem, a gente fica se perguntando: ‘Como é um monocórdio?’, ‘Como é que essa corda está presa?’, ‘Como exatamente é esse cavalete que ele está variando para dividir a corda?’. E, vendo esse experimento, podendo mexer como foi aqui, a gente pode ter essa visualização e pensar: ‘Ah, ele fez dessa forma’. A mesma coisa para os tubos, aqui a gente pode realmente replicar e tentar, pensando no que a gente viu no texto, fazer igual e se perguntar: ‘Será que a gente tá chegando à mesma conclusão?’, ‘Será que a gente tá fazendo certo?’. Então, acho que dá um caráter visual e um caráter realmente de viver novamente esse momento que a gente tá vendo no texto escrito”.

Esse relato evidencia como a manipulação dos elementos cênicos pode complementar e enriquecer a compreensão do texto dramaturgico, sobretudo, no que diz respeito às ideias científicas trazidas nele e na narrativa histórica como um todo. Durante a exposição dos instrumentos, os estudantes também apontaram como os formalismos matemáticos trazidos em partes específicas do texto, tornavam-se menos abstratas quando a leitura era feita junto a manipulação do elemento cênico. Ou seja, ao possibilitar a interação visual e/ou prática do público com os instrumentos, cria-se um ambiente propício para uma melhor compreensão da ciência presente na narrativa, uma compreensão que ultrapassa a leitura abstrata e teórica, proporcionando uma vivência concreta dos conceitos abordados, tornando o processo de divulgação científica mais eficaz.

Além de reconhecerem e indicarem o potencial comunicativo dos elementos cênicos apresentados inicialmente, os estudantes também destacaram que a interação prática com os instrumentos é o que torna tudo mais interessante. Segundo eles, esse contato direto não apenas contribui para a assimilação dos conceitos científicos envolvidos, mas também desperta no público uma maior imersão na narrativa, bem como o surgimento de novas dúvidas e questionamentos sobre os experimentos, o que foi apontado pelos participantes como um aspecto muito positivo do processo. A seguir, apresenta-se os comentários de mais dois estudantes acerca do envolvimento na manipulação dos elementos cênicos.

**ESTUDANTE B:** “Eu como aluno, professor, se fosse só experimento visual eu ficaria só concordando, a partir do momento que foi pra prática aí surgiu as dúvidas e os questionamentos e principalmente o interesse.”

**ESTUDANTE C:** “Você acaba tirando até a dúvida que você tinha ao toque que você dá e cria mais dúvidas também, porque a gente começa a pensar: ‘por que isso acontece?’, ‘E se fosse outra corda?’, ‘E se fossem duas?’.

Um outro aspecto relevante observado na exploração desses aparatos experimentais refere-se ao olhar dos participantes enquanto futuros docentes. Ao serem questionados sobre a viabilidade de utilização desses instrumentos, eles afirmaram que os utilizariam tanto em um contexto mais amplo de divulgação científica da temática em estudo quanto em uma abordagem em sala de aula, por meio do teatro ou, simplesmente, trabalhando a narrativa histórica em questão.

No segundo encontro, realizou-se a exploração dos orbes geométricos, que foram apresentados por meio de uma simulação, devido a algumas dificuldades envolvendo a confecção do instrumento físico. Assim como ocorreu com o monocórdio e os tubos vibrantes, segundo os estudantes, os orbes geométricos também apresentam relação com a narrativa histórica e contribuem para a comunicação da temática envolvida. No entanto, diferentemente dos demais instrumentos que foram apresentados, os orbes não permitem uma manipulação mais livre, limitando, assim, a compreensão em comparação aos demais.

Os participantes afirmaram que a apresentação dos orbes geométricos no modelo tridimensional seria uma boa opção para representar como Kepler pensou seu modelo de cosmos e a proposta do elemento enquanto simulação, para entender como foram relacionadas as órbitas dos planetas aos sólidos platônicos, de modo a entender como eles eram circunscritos. Ao tratar-se da confecção desse elemento cênico, os estudantes apresentaram possíveis dificuldades quase idênticas às encontradas na etapa anterior desta pesquisa, principalmente com relação à manipulação.

**ESTUDANTE D:** “Eu só acho que ficaria complicado construir devido às dimensões e ao material”

De acordo com os estudantes, pensando em diferentes contextos para a exploração deste elemento, talvez a sua confecção física, da forma como é representada na narrativa, se torne inviável; portanto, o uso da simulação apresentase como uma alternativa com potencial considerável para contornar essa dificuldade sem perder a característica principal do elemento, que é a de facilitar o processo de comunicação da ciência envolvida.

Além das contribuições sobre os aparatos experimentais apresentados, os estudantes também sugeriram a implementação de outros recursos, como, por exemplo, a utilização dos sólidos geométricos mencionados enquanto instrumentos para contextualizar e facilitar a compreensão dessa parte da narrativa, contribuindo, assim, para uma melhor assimilação da própria simulação.

**ESTUDANTE E:** “Eu levaria os sólidos geométricos separados para fazer a comparação com a órbita dos planetas”

A proposta de implementação dos sólidos geométricos enquanto elementos cênicos surgiu, principalmente, levando em consideração que, em um viés de divulgação científica, o público poderia não se lembrar ou mesmo não conhecer os sólidos platônicos mencionados na narrativa, e que sua visualização e manipulação poderiam tornar as ideias apresentadas mais acessíveis.

De forma geral, os estudantes demonstraram otimismo em relação ao uso dos três instrumentos tal como foram apresentados, tanto no contexto da montagem de uma peça de teatro quanto para utilização em sala de aula, por exemplo. Para eles, esses instrumentos oferecem um caráter visual essencial para a compreensão dos fenômenos abordados na narrativa, especialmente nas partes em que são discutidas relações matemáticas e/ou conceitos abstratos. Sem esses instrumentos, essas partes poderiam facilmente ser interpretadas de forma equivocada. É importante ressaltar que nem todos os estudantes apresentaram respostas aos questionamentos realizados durante a discussão guiada a partir da entrevista semiestruturada; apenas os cinco cujas falas foram expostas acima.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho monográfico teve como objetivo principal articular uma aproximação entre a ciência e a arte, duas áreas aparentemente distintas, através da exploração de instrumentos e meios que viabilizassem a divulgação efetiva da ciência envolvida na narrativa histórica apresentada por meio do texto dramatúrgico *Harmonices Mundi*, que traz interpretações sobretudo de Pitágoras e Kepler para a relação Ciência e Música, investigando a partir dessa exploração e do processo de criação cênica o olhar de um grupo de estudantes para os materiais utilizados no processo de comunicação da temática e que comporão parte da cenografia de uma peça de teatro com fins de divulgação científica.

Sobre a primeira etapa da pesquisa, levando em consideração o que foi apresentado acerca das considerações e estudos realizados por Pitágoras, Kepler e os demais cientistas mencionados, é importante ressaltar que, apesar de esta etapa possuir um enfoque mais prático e objetivo no sentido da descrição dos elementos cênicos, os contextos relacionados às criações e inspirações para tais instrumentos são caracterizados por um processo não tão rápido quanto aparenta ser, tendo como base muitos estudos, experimentações e interpretações desses experimentos.

Afinal de contas, é de nosso conhecimento, por meio da história da ciência, que tanto o processo científico quanto o indivíduo que está a fazer ciência, ou seja, desenvolver seus estudos, estão imersos em um contexto histórico e social que influencia, de forma direta ou indireta, o seu trabalho.

Diante de tudo que foi estudado e discutido, e com base na exploração investigativa da narrativa histórica e do roteiro dramatúrgico, foi satisfatoriamente possível compreender como se estabelece o elo entre ciência e música a partir dos estudos de Pitágoras e Kepler, bem como atender a primeira pergunta motivadora da pesquisa, isto é, selecionar os instrumentos (aparatos experimentais) para apresentar as relações estabelecidas pelos cientistas supracitados, contribuindo com o processo de divulgação do tema em estudo e identificando maneiras de viabilizar o uso desses instrumentos, por meio de uma descrição detalhada, atentando-se à produção de uma linguagem cênica com fins de divulgação da ciência.

Finalmente, na segunda etapa da pesquisa, foi possível obter o olhar dos estudantes frente aos instrumentos apresentados, bem como suas considerações

sobre o potencial de comunicação que estes carregam acerca da ciência presente na narrativa histórica trabalhada.

De modo geral, mostraram-se otimistas quanto ao uso dos três instrumentos da forma como foram apresentados e enquanto elementos cênicos com finalidade de divulgação científica, tanto no que diz respeito à possível e futura montagem de uma peça de teatro quanto ao seu uso em sala de aula, por exemplo.

Segundo eles, os instrumentos trazem um caráter visual para os fenômenos abordados na narrativa, o que faz toda a diferença na compreensão da temática, principalmente nas partes do texto em que são trabalhadas relações matemáticas e/ou situações abstratas, que podem ser interpretadas de forma errônea com muita facilidade na ausência desses instrumentos.

A partir da percepção da carência de trabalhos que estabeleçam pontes e fortaleçam o elo entre ciência e arte, levando em consideração essa escassez de literatura evidenciada ao longo da trajetória da pesquisa nesta perspectiva, espera-se que nossos resultados contribuam para futuros projetos nessa linha.

Portanto, a partir do olhar dos estudantes para os elementos selecionados e apresentados, temos reforçada a ideia de que o elo entre a ciência e a arte pode ser utilizado para fortalecer e facilitar o ensino e aprendizagem de temáticas científicas, além da validação do potencial dos instrumentos trabalhados para a divulgação científica. Sendo assim, considerando as perguntas que nortearam esta pesquisa, os resultados obtidos são considerados satisfatórios e evidenciam a importância de dar-se continuidade a este trabalho, agora com a montagem da peça teatral.

## REFERÊNCIAS

- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? *Ciência da Informação*, Brasília, v. 25, n. 3, p. 396–404, set./dez. 1996.
- ALMEIDA, A. Definição de arte. In: BRANQUINHO, João; SANTOS, Ricardo (orgs.). *Compêndio em linha de problemas de filosofia analítica*. Lisboa: Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa, 2014.
- BENEDICTO, E. C. P. *Ciência e Arte: discutindo conceitos e tecendo relações*. Curitiba, Appris, 2021.
- 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.
- BRAUND, M., REISS, M.J., The “Great Divide”: How the Arts Contribute to Science as Science Education, *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 19, p. 219-236, 2019.
- 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, n. 1, p. 9-30, Jan./Abr., 2014.
- CACHAPUZ, A. F. Arte e ciência no ensino das ciências. *Revista IENCI – Investigação em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 1, p. 7–22, 2015. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/20-1/cachapuz.pdf>. Acesso em: 5 dezembro 2023.
- CALDAS, G. Divulgação científica e relações de poder. *Informação & Informação*, Londrina, v. 15, n. 1, p. 31–42, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5433/1981-8920.2010v15n1espp31>.
- 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. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007).
- CLUBES DE MATEMÁTICA OBMEP. **Aplicando a matemática básica – Construção de um Monocórdio**. Clube de Matemática OBMEP. Disponível em: <http://clubes.obmep.org.br/blog/aplicando-a-matematica-basica-construcao-de-um-monocordio/>. Acesso em: 15 agosto 2024.
- CUNHA, M. B. da. **Divulgação científica: diálogos com o ensino de ciências**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2019. 189 p.
- DAREZZO, Estúdio. **A matemática dos acordes musicais**. Estúdio Darezzo, 19 jan. 2015. Disponível em: <https://estudiodarezzo.blogspot.com/2015/01/a-matematica-dos-acordes-musicais.html>. Acesso em: 15 agosto 2024.

DÖRRIES, M (ed), *Michael Frayn's Copenhagen in Debate: Historical Essays and Documents on the 1941 Meeting between Niels Bohr and Werner Heisenberg*. Berkeley Papers in History of Science Vol. 20. Berkeley, CA: Office for History of Science and Technology, 2005.

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.

FLOR, T. de O. **Uma revisão integrativa sobre ciência e arte no ensino de ciências e saúde**. 2019. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino em Biociências e Saúde) – Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2019.

FRIAS, D. F. R. **Arte por arte**. 2020. Monografia (Especialização em Ensino de Artes Visuais e Tecnologias Contemporâneas) – Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

GERMANO, M. G.; KULESZA, W. A. Popularização da ciência: uma revisão conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1, p. 7-25, 2006.

GRILLO, M.L.N., MARQUES, A.J., BAPTISTA, L.R.P.L. A acústica musical no renascimento da música. **Anais do 13 snhct**, USP. São Paulo, 2012

GUIMARÃES, R. S. **As contribuições do teatro científico para a divulgação científica mediante a abordagem do tema Lua**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

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

HUERGO, J. A. La popularización de la Ciencia y la Tecnología. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO SOBRE ESTRATÉGIAS PARA A FORMAÇÃO DE POPULARIZADORES EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2001, La Plata. Anais [...]. La Plata: RedPOP/UNESCO, 2001.

LEITE, R. M. História do teatro no Brasil e na Bahia: das primeiras ações teatrais jesuíticas ao Pré-Modernismo. Salvador: UFBA, Escola de Teatro; Superintendência de Educação a Distância, 2022.

LORDÉLO, F. S.; PORTO, C. M.. Divulgação científica e cultura científica: conceito e aplicabilidade. *Revista Ciência em Extensão*, Bauru, v. 8, n. 1, p. 18–34, 2012.

MAGALDI, S. *Iniciação ao Teatro*. São Paulo: Editora Ática, 1965.

MARANDINO, M.: A pesquisa educacional e a produção de saberes nos museus de ciência. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, v. 12 (suplemento), p. 161-81, 2005.

MASSARANI, L.; ALMEIDA, C. Arte e Ciência no palco. *Historia, Ciência e Saúde-Manguinhos*, v.13(suplemento), 233-246, outubro, 2006.

MASSARANI, L. M.; MOREIRA, Ildeu de Castro. Ciência e público: reflexões sobre o Brasil. *Redes: Revista de Estudos Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, Buenos Aires, v. 15, n. 30, p. 105-124, dez. 2009.

MATOS, C.(org.) *Ciência e Arte: imaginário e descoberta*. São Paulo: Terceira margem, 2003.

MEDINA, M., BRAGA, M.. 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.

MOREIRA, L. M.; LOPES JUNIOR, M. A. A. CIÊNICA: divulgação da ciência e tecnologia por meio do teatro. *Revista Ciência em Extensão*, v. 11, n. 2, p. 140–150, 2015.

MOREIRA, L. M.; LOPES JÚNIOR, M. A. A. CIÊNICA: divulgação da ciência e tecnologia por meio do teatro. *Rev. Ciênc. Ext.* v.11, n.2, p.140-150, 2015.

MORIN, E. Trad. Silva, C. E. F. e Sawaya, J.. Os sete saberes necessários à educação do futuro, 2ª Ed. São Paulo: Cortez, Brasília, DF, 2000.

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.

PALMA, C.: Arte e ciência no palco. (Entrevista concedida a Luisa Massarani e Carla Almeida). *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 13 (suplemento), p. 233-46, outubro 2006.

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., Física e arte: a construção do mundo com tintas, palavras e equações, *Ciência e Cultura*, vol. 57, n. 3, São Paulo, 2005.

SILVA, A. M. T. B. da; SUAREZ, A. P. M. de S.; UMPIERRE, A. B.; QUEIROZ, G. R. P. C.. Ciência e arte: um caminho de múltiplos encontros. *Interacções*, v. 13, n. 44, p. 7-18, 2017.

SILVA, C. C.. **O mundo científico ao alcance de todos: a revista Ciência Popular e a divulgação científica no Brasil (1948-1960)**. 2009. 161 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

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. **Harmonices mundi: A relação entre ciência e música através do teatro de bonecos.** 2023. 107 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática – PPGECEM) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2023.

SILVA, I. L.S. **Teatro e Astronomia: Uma Possibilidade para um Ensino de Ciências Interdisciplinar.** 2019, 154 f. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Educação para a Ciências e a Matemática), do Centro de Ciências Exatas, UEM, Maringá, 2019.

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.

URREIZTIETA, C.C. Experiencia estética y formulación científica: el caso del *harmonices mundi* de Johannes Kepler. ANUARIO MUSICAL, N.º 68, enero-diciembre 2013, 81-132. ISSN: 0211-3538

VALÉRIO, P. M.; PINHEIRO, L. V. R.. Da comunicação científica à divulgação. *Transinformação*, Campinas, v. 20, n. 2, p. 159–169, maio/ago. 2008.

ZANETIC, J. *Física e Arte: uma ponte entre duas culturas.* Campinas: Pro-posições, v. 17, n. 1, p. 39-58, 2006.

ZEHELEIN, E.. Ciência e teatro: a situação presente. *Sinais de Cena*, v. 16, p. 17–23, dez. 2011.

## **APÊNDICE A - PERGUNTAS DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA**

- (1) Os elementos apresentados estabelecem alguma relação com a narrativa histórica?
- (2) De que forma os elementos apresentados contribuem para a assimilação da ciência envolvida na narrativa?
- (3) O manuseio e a interação com os elementos cênicos favorecem a comunicação e a compreensão dos conceitos científicos abordados?
- (4) Como futuros professores, vocês consideram viável a utilização desses elementos?