

Campus Nilópolis

Programa de Pós-graduação *Stricto
Sensu* em Ensino de Ciências

Emerson de Souza Queiroz

**ATELIÊ DO SOM:
proposta de uma estratégia
baseada na Educação STEAM**

Nilópolis
2022

EMERSON DE SOUZA QUEIROZ

ATELIÊ DO SOM:
proposta de uma estratégia baseada na Educação STEAM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, modalidade profissional, do Campus Nilópolis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius da Silva Pereira

Nilópolis – RJ
2022

CIP - Catalogação na Publicação

Q3a Queiroz, Emerson de Souza
Ateliê do som : proposta de uma estratégia baseada na
Educação STEAM / Emerson de Souza Queiroz - Nilópolis, 2022.
100 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Marcus Vinicius Pereira.

Dissertação - (mestrado), Mestrado Profissional em Ensino de
Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Rio de Janeiro, Campus Nilópolis, 2022.

1. Ciência - Estudo e ensino. 2. Música. 3. Ondas sonoras. 4.
Práticas pedagógicas. I. Pereira, Marcus Vinicius, **orient.** II.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de
Janeiro. III. Título

EMERSON DE SOUZA QUEIROZ

**ATELIÊ DO SOM:
PROPOSTA DE UMA ESTRATÉGIA BASEADA NA EDUCAÇÃO STEAM**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Aprovada em: 16/11/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcus Vinicius da Silva Pereira (orientador)
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)

Prof.^a Dra. Grazielle Rodrigues Pereira
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)

Prof.^a Dra. Denise Figueira de Oliveira
Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO)

Ao meu filho, à minha esposa,
meus pais e incentivadores.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, que é digno de honra e glória, centro da minha força. Sem Ele nada posso fazer, sempre está comigo nos momentos de tristeza e alegria, me sustentando na caminhada da vida.

Agradeço a minha esposa, Lilian Cristier e filho Victor Cristier, pela paciência, compreensão, parceria e porto seguro nos dias maus. Incentivadores dos meus projetos e protagonistas nas minhas conquistas, sem eles a motivação não seria a mesma.

Agradeço a minha mãe, Marta Queiroz, que foi recolhida para o jardim de Deus durante o curso de mestrado. Quando criança investiu tempo e carinho na minha formação, me apresentando a opção da carreira no magistério, deixando saudades e lembranças inesquecíveis.

Ao meu pai, José Dias, irmão Anderson Queiroz e amigos Diego Dutra e Leandro Sales, que acreditaram que seria possível me aperfeiçoar e trilhar caminhos de sucesso.

A minha sogra Carolina Oliveira e marido Paulo Oliveira, que sempre me apoiaram e participaram da minha jornada em busca de aperfeiçoamento profissional.

Aos meus colegas de turma e professores do Mestrado Profissional do PROPEC 2019, que durante o programa compartilharam conhecimento, histórias de vida e fizeram parte do processo de amadurecimento acadêmico e profissional.

Ao meu amigo Arthur Resende, irmão de mestrado, que sempre agregou valor com conhecimentos científicos, bons conselhos e exemplo cristão.

Ao professor Dr. Marcus Vinicius Pereira, que acreditou na minha proposta, investiu tempo, recursos financeiros e orientações que sustentaram todo percurso de formação e pesquisa. Meus sinceros agradecimentos pelo profissionalismo, companheirismo e a forma excelente como conduziu nossa caminhada.

Aos docentes que contribuíram nas bancas de seminário de projeto, exame de qualificação e defesa desta dissertação, especialmente à professora Dra. Grazielle Rodrigues Pereira que acompanha desde a etapa inicial.

Muito Obrigado!

Que darei ao Senhor, por todos
os benefícios que me tem feito?

Davi, salmista

QUEIROZ, Emerson de Souza. Ateliê do Som: proposta de uma estratégia baseada na Educação STEAM. 2022. 97f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto Federal do Rio de Janeiro, Nilópolis, 2022.

RESUMO

O estudo das ondas sonoras possui relevância na educação científica, mas ainda são incipientes aplicações práticas considerando a abstração do tema. Esta pesquisa tem por objetivo propor uma estratégia didática para o ensino de ondas sonoras por meio da educação com abordagem STEAM na montagem de um instrumento musical, que resultou no produto educacional em formato audiovisual para apresentar o Ateliê do Som – um ambiente de aprendizagem colaborativa para o uso pedagógico do instrumento musical de 14 cordas – uma cítara em formato de quebra-cabeças. Além desse instrumento, seis artefatos textuais foram também confeccionados – manual de montagem da cítara quebra-cabeças, itinerário pedagógico e quatro dinâmicas de aprendizagem – tendo por base a Educação STEAM, a aprendizagem baseada em problemas e o sociointeracionismo, por meio da proposta de desafios e trabalho em grupo. O vídeo como produto educacional foi aplicado remotamente com 23 professores da Educação Básica das áreas de Matemática e Ciências da Natureza. Como resultado, podemos afirmar que o produto atendeu às expectativas para apresentar o potencial da estratégia pedagógica Ateliê do Som, tornando viável e aplicável os artefatos associados, conforme evidenciaram as respostas dos docentes participantes desta pesquisa. Pretendemos, assim, incentivar outros estudos sobre ondas sonoras, preconizando o uso da música no processo de ensino e aprendizagem de forma dinâmica, atrativa e criativa, bem como aplicar o Ateliê do Som em condições reais de sala de aula com estudantes.

Palavras-chave: ensino de ciências, música; ondas sonoras; STEAM.

QUEIROZ, Emerson de Souza. Ateliê do som: proposta de uma estratégia baseada na Educação STEAM. 2022. 97f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto Federal do Rio de Janeiro, Nilópolis, 2022.

ABSTRACT

The study of sound waves has relevance in scientific education, but practical applications are still incipient given the abstraction required by this theme. This research aims to propose a didactic strategy for the teaching of sound waves through education with a STEAM approach in the assembly of a musical instrument, which resulted in the educational product in audiovisual format to present the Sound Atelier – a collaborative learning environment for the pedagogical use of the 14-string musical instrument – a jigsaw-shaped zither. In addition to this instrument, six textual artifacts were also made – assembly manual for the zither puzzle, pedagogical itinerary and four learning dynamics – based on STEAM Education, problem-based learning and socio-interactionism, through the proposal of challenges and group work. The video as an educational product was applied remotely with 23 Basic Education teachers in the areas of Mathematics and Natural Sciences. As a result, we can say that the product met the expectations to present the potential of the pedagogical strategy Sound Atelier, making the associated artifacts viable and applicable, as evidenced by the responses of the teachers participating in this research. We therefore intend to encourage further studies on sound waves, advocating the use of music in the teaching and learning process in a dynamic, attractive and creative way, as well as applying the Sound Atelier in real classroom conditions with students.

Keywords: science education, music; sound waves; STEAM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Panorama da Educação STEM	29
Figura 2	Diagrama do STEAM	30
Figura 3	Monocórdio de Pitágoras	39
Figura 4	Construção da cítara com material reciclável	45
Figura 5	Instrumentos musicais fabricados	45
Figura 6	Etapa 1 da fabricação da cítara quebra-cabeças	47
Figura 7	Etapa 2 da fabricação da cítara quebra-cabeças	47
Figura 8	Etapa 3 da fabricação da cítara quebra-cabeças	47
Figura 9	Etapa 4 da fabricação da cítara quebra-cabeças	48
Figura 10	Etapa 5 da fabricação da cítara quebra-cabeças	48
Figura 11	Etapa 6 da fabricação da cítara quebra-cabeças	48
Figura 12	Etapa 7 da fabricação da cítara quebra-cabeças	49
Figura 13	Etapa 8 da fabricação da cítara quebra-cabeças	49
Figura 14	Peças de encaixe da cítara quebra-cabeças	49
Figura 15	Peças da tarraxa de afinação	50
Figura 16	Jogo de tarraxas	50
Figura 17	Encaixe lateral	50
Figura 18	Encaixe superior	51
Figura 19	Kit de ferramentas 1	51
Figura 20	Kit de ferramentas 2	52
Figura 21	Cítaras quebra-cabeças confeccionadas	52
Figura 22	Manual de montagem da cítara quebra-cabeças	53
Figura 23	Itinerário pedagógico	55
Figura 24	Dinâmica 1 – Capa	58
Figura 25	Dinâmica 1 – Contracapa	59

Figura 26	Dinâmica 1 – Mensagem ao estudante	60
Figura 27	Dinâmica 1 – Escolha dos times	61
Figura 28	Dinâmica 1 – Inserção da Arte com a Música	62
Figura 29	Dinâmica 1 – As propriedades do som	63
Figura 30	Dinâmica 1 – Desafio 1: Noções rítmicas	64
Figura 31	Dinâmica 1 – Apresentação da cítara quebra-cabeças	65
Figura 32	Dinâmica 1 – Apresentação das ferramentas	66
Figura 33	Dinâmica 1 - Desafio 2 – Montagem da cítara	67
Figura 34	Dinâmica 1 – Momento de reflexão e pesquisa	68
Figura 35	Dinâmica 1 – Referências bibliográficas	69
Figura 36	Vídeo – Abertura	71
Figura 37	Vídeo – Itinerário pedagógico	72
Figura 38	Vídeo – Metodologia das dinâmicas de aprendizagem	73
Figura 39	Vídeo – Dinâmica 1	73
Figura 40	Vídeo – Dinâmica 2	74
Figura 41	Vídeo – Dinâmica 3	74
Figura 42	Vídeo – Dinâmica 4	75
Figura 43	Vídeo – Manual de montagem	75
Figura 44	Vídeo – Ferramentas e peças da linha de montagem	76
Figura 45	Vídeo – Montagem da cítara quebra-cabeças	76
Figura 46	Vídeo – Suportes frisados direito e esquerdo no encaixe 1	77
Figura 47	Vídeo – Tampa superior, inferior e suporte do encaixe 2	77
Figura 48	Vídeo – Instalação das tarraxas	78
Figura 49	Vídeo – Instalação das cordas	78
Figura 50	Vídeo – Execução da 9ª sinfonia de Beethoven	79

Figura 51	Vídeo – Créditos	79
Figura 52	Questionário enviado aos docentes	81-83
Figura 53	Respostas da pergunta 1 do questionário	84
Figura 54	Respostas da pergunta 2 do questionário	84
Figura 55	Respostas da pergunta 3 do questionário	85
Figura 56	Respostas da pergunta 4 do questionário	85
Figura 57	Respostas da pergunta 5 do questionário	86
Figura 58	Respostas da pergunta 6 do questionário	86
Figura 59	Respostas da pergunta 7 do questionário	87
Figura 60	Respostas da pergunta 8 do questionário	87
Figura 61	Respostas da pergunta 9 do questionário	88
Figura 62	Comentários de usuários do Youtube	89

LISTA DE SIGLAS

ABEM	Associação Brasileira de Educação Musical
ACARA	<i>Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority</i>
ANPPOM	Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música
ABP	Aprendizagem Baseada e Projetos
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CALTHECH	<i>California Institute of Technology</i>
CGPM	<i>Conférence Générale des Poids e Mesures</i>
EUA	Estados Unidos da América
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IFRJ	Instituto Federal do Rio de Janeiro
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NSF	<i>National Science Foundation</i>
OCDE	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
PROPEC	Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências
RISD	Rhode Island School of Design
STEAM	<i>Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics</i>
STEM	<i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	APRESENTAÇÃO	15
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	EDUCAÇÃO <i>STEAM</i>	25
2.2	APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS EM UMA CONCEPÇÃO SOCIOINTERACIONISTA	32
2.3	MÚSICA, MATEMÁTICA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA	34
3	PERCURSO METODOLÓGICO	44
3.1	CÍTARA QUEBRA-CABEÇAS	46
3.2	MANUAL DE MONTAGEM	53
3.3	ITINERÁRIO PEDAGÓGICO	54
3.4	DINÂMICAS DE APRENDIZAGEM	55
4	PRODUTO EDUCACIONAL	71
5	RESULTADOS	80
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
	REFERÊNCIAS	94
	APÊNDICE – PRODUÇÃO CIENTÍFICA	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Ao longo da história, as discussões sobre o que ensinar e como ensinar Ciências da Natureza permeiam as salas de aula da Educação Básica. Qual a melhor forma de trabalhar conceitos científicos na escola? Será que há relação entre as Ciências da Natureza e outras áreas do conhecimento como a Matemática e as Artes? Nesse contexto, apesar de haver estudos sobre o ensino e a aprendizagem de ondas sonoras na literatura científica, não são muitos os que estabelecem conexões com outras áreas do conhecimento além das Ciências da Natureza. Como ilustração inicial dessa afirmativa, trazemos trabalhos que serão apresentados posteriormente, como o de Santos *et al.* (2020) que apresenta atividades lúdicas e experimentais com ondas sonoras na fabricação de instrumentos musicais. Já Alves *et al.* (2020), em concordância com Corrêa (2016) e Bleicher *et al.* (2002), utilizam o aporte tecnológico nos estudos de ondas sonoras, enquanto Coelho e Machado (2015) se preocupam com o processo de ensino na investigação de fenômenos acústicos.

Recentemente, Silva (2020), em sua pesquisa de mestrado em Artes, apontou que, em publicações das revistas científicas e anais de eventos brasileiros da Associação Brasileira de Educação Musical (ABEM) e da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música (ANPPOM) no período de 1992 a 2018 no campo da educação musical, foram encontrados 42 artigos referentes ao ensino da música no espaço escolar na Educação Básica. Apenas 14 dessas publicações discutiam educação sonora, sendo duas dessas usando construção de instrumentos musicais. Assim, consideramos importante o desenvolvimento de pesquisas que retratem estudos das ondas sonoras com a manipulação de instrumentos musicais (como os de corda) para o aprendizado de conceitos científicos em diferentes áreas do conhecimento.

Como musicista, vislumbrei uma oportunidade de utilizar a música em minhas práticas pedagógicas nesta pesquisa de mestrado e, assim, contribuir com a comunidade acadêmica. Ao longo da minha trajetória como docente, ministrei aulas de Matemática e de Física, idealizei e desenvolvi projetos na educação pública e

privada, realizando conexões entre música, Matemática e Física. Esse percurso proporcionou em minha carreira profissional cinco menções honrosas nas Câmaras Municipais de Japeri e de Nova Iguaçu, sendo agraciado com três prêmios em educação. O mais expressivo deles foi o Prêmio Shell de Educação Científica e, como parte da premiação, realizei um curso de aperfeiçoamento profissional no campo da Educação Científica em Londres (Inglaterra), com trocas de experiências nas escolas e universidades inglesas.

A partir dessa caminhada realizei reflexões sobre minha prática docente e inquietações em meu percurso profissional. Constatei, nessa última formação em Londres, que meus projetos educacionais estavam alinhados com uma abordagem denominada *STEAM Education*, que pode ser traduzida como Educação STEAM. A sigla STEAM corresponde, em inglês, a *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*, que traduzida equivale à Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (BACICH e HOLANDA, 2020). Ao conhecer essa abordagem, identifiquei pilares pedagógicos comuns à minha prática profissional. Sem ingenuidade, sei que existe um viés ideológico de empresas, fundações e governos que lucram com o mercado educacional ao adotarem o STEAM como um “rótulo” para produtos e estratégias didáticas, porém, como veremos a seguir, nossa proposta incorpora a base teórica e metodológica da Educação STEAM e visa atender ao perfil dos estudantes do século XXI.

No Brasil, pode-se dizer que as possibilidades dessa abordagem em alcançar estudantes de baixa renda, infelizmente, são mínimas. Porém, como professor da rede pública de ensino, acredito que é possível trabalhar o STEAM em projetos e oportunizar aos estudantes os benefícios dessa proposta. Como aponta Yakman (2020), ao terem contato com a Educação STEAM, os alunos produzem habilidades e práticas, tornando-se capazes de identificar, gerenciar e solucionar problemas na vida escolar, extrapolando esses aprendizados para a vida e auxiliando nas ações de planejamento, organização, tomada de decisão, ação integrada e foco.

Esse posicionamento também tem por base o projeto intitulado “Música e Matemática se reciclam com Arte”, iniciado em 2011 com estudantes da Escola Vila Conceição na Rede Municipal de Educação de Japeri, município que integra a Baixada Fluminense do Rio de Janeiro (RJ). Desenvolvido no contraturno escolar, o projeto revelou alcançar bons resultados e chegou à mídia como boa prática de ensino. Nesse período, a escola alcançou o Índice de Desenvolvimento da

Educação Básica (IDEB)¹ mais alto na rede e recebeu menção honrosa da Secretaria Municipal de Educação. Vale ressaltar que os estudantes que realizaram o exame da Prova Brasil faziam parte do projeto.

Essas experiências me conduziram ao curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências (PROPEC) do Campus Nilópolis do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) na busca pelo conhecimento científico e necessidade de diálogo com a literatura acadêmica. No intuito de fundamentar e aprimorar minhas práticas educacionais, surgiu o intento do professor se tornar também pesquisador para que pudesse melhor contribuir com a educação pública.

Nesse sentido, apresentamos esta dissertação de mestrado associada à pesquisa qualitativa intitulada “Ateliê do Som: proposta de uma estratégia baseada na Educação STEAM”, contendo sugestões de trabalho nas diferentes áreas do conhecimento da sigla STEAM nos estudos de ondas sonoras com fundamento metodológico na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) em uma concepção sociointeracionista de Vygotsky.

O produto educacional associado a esta dissertação assume a forma de áudio e vídeo, utilizado para apresentar a proposta pedagógica associada ao Ateliê do Som. Trata-se de um vídeo contendo cenas da montagem e manipulação de uma cítara como quebra-cabeças fabricada pelo autor desse trabalho, que, por sua vez, se associa a sete (7) artefatos: a própria cítara quebra-cabeças, um manual de montagem do instrumento musical, um itinerário pedagógico e quatro (4) dinâmicas de aprendizagem desenvolvidas por meio de desafios. A fim de romper com as barreiras epistemológicas no campo da transdisciplinaridade², objetivamos apresentar propostas para um aprendizado dinâmico, prazeroso e desafiador que sugerisse a aplicação prática dos conhecimentos científicos.

¹ No IDEB citado ocorreu um crescimento no período de 2011 a 2013, em que o IDEB 2013 nos anos iniciais da rede municipal atingiu a meta e cresceu, alcançando a marca de 5,4 - acima da média estabelecida de 4,6 para a escola. Fonte: INEP (2013).

² A transdisciplinaridade é complementar à aproximação disciplinar: faz emergir da confrontação das disciplinas dados novos que as articulam entre si; oferece-nos uma visão da natureza e da realidade. A transdisciplinaridade não procura o domínio sobre as várias outras disciplinas, mas a abertura de todas elas àquilo que as atravessa e as ultrapassa. (MORAN; FREITAS; NICOLESCU, 1994, p. 2).

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

Geralmente, em sala de aula, o professor é o maior protagonista do processo de ensino e aprendizagem, mas a rotina do dia-a-dia acaba se tornando desmotivadora tanto para ele como para seus estudantes. Assim, o conteúdo é explicado, são mostrados exemplos, resolvidos exercícios e, em seguida, aplicadas as provas. A inquietação com esse processo centrado quase que exclusivamente no docente deu origem à busca de possíveis soluções para sair da zona de conforto e contribuir para mudanças nesse cenário.

Trabalhar conceitos relacionados às Ciências Naturais requer uma leitura do mundo e estratégias que conduzam a um ensino voltado às competências e habilidades do estudante na sociedade atual. Dessa forma, algumas indagações permeiam essa pesquisa: será possível estudar ondas sonoras de uma forma prática? Como trabalhar a Matemática e a Física ao tocar um instrumento musical de cordas? A tecnologia pode ser aliada a esse processo? A Arte pode ser elemento motivador para criatividade? Portanto, as investigações presentes nesta pesquisa nortearão conexões entre teoria e prática, uma vez que consideramos que o estudo das ondas sonoras envolvendo a manipulação de um instrumento musical de cordas pode despertar o processo investigativo associado a diferentes conhecimentos científicos ao tocar uma canção.

É possível encontrar estudos sobre ondas sonoras em diferentes aspectos com objetivo de contribuir no processo de ensino e aprendizagem. Podemos citar, por exemplo, Moura e Bernardes Neto (2011) que fabricaram instrumentos musicais no intuito de estudar os princípios físicos dos fenômenos acústicos no Ensino Médio de uma escola pública e concluíram que atividades pedagógicas com materiais de baixo custo oportunizam os estudantes vivenciar práticas de ensino inovadoras que geralmente são realizadas em instituições privadas. Esses autores perceberam também o desenvolvimento da criatividade dos alunos na fabricação dos instrumentos, o interesse nos conceitos de acústica e a empolgação ao tocar uma canção. Por fim, eles sinalizaram a importância de novas pesquisas para aprofundar o ensino da Física da música em diferentes níveis de escolaridade.

Já Makuch e Martins (2018) recorreram ao uso de simuladores nos estudos de ondas sonoras mecânicas e revelaram em seus estudos obstáculos encontrados em sala de aula devido à abstração do tema. Contudo, concluíram que os

simuladores utilizados com base na metodologia de resolução de problemas e mídias tecnológicas têm um grande potencial para trabalho em sala de aula. Eles sinalizaram que os estudantes vivenciaram um ambiente de experimentação, interação, colaboração e validação dos resultados nas investigações dos problemas propostos.

Ao analisarem os conteúdos de acústica nos livros didáticos recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), Monteiro Junior e Carvalho (2011) concluíram que ocorreu pouca evolução nos textos desde a última análise em 1998 e apontaram distorções nas ligações entre a Física e o mundo do som na música. Eles enfatizaram a importância da evolução social dos aportes tecnológicos para o estudo da acústica e fizeram a sugestão da confecção de materiais didáticos mais críticos, interativos e abertos à investigação.

Em concordância com esse estudo no que diz respeito aos aportes tecnológicos, Coelho e Machado (2015) realizaram uma oficina de montagem de instrumentos musicas com estudantes do curso de graduação em Física. Utilizaram afinadores digitais e virtuais para fazer a comparação dos sons obtidos e chegaram à conclusão que o experimento didático permitiu um confronto entre teoria e prática. Esses autores relataram que a forma de trabalho interdisciplinar com o uso da tecnologia despertou o interesse dos estudantes pela música e a curiosidade em aprender um instrumento musical, o que possibilitou também a motivação no aprendizado dos conhecimentos científicos relacionados à prática da oficina ligados a música.

Também com o auxílio de novas tecnologias, Vaz e Pinho (2011) propuseram um minicurso para estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental. Em forma de oficinas, eles realizaram estudos de elementos básicos da música, da Matemática e alguns princípios físicos de ondas sonoras, concluindo que algumas crianças não possuíam aptidões claras para a música ou a Matemática, mas que podem ser estimuladas a desenvolver essas habilidades com atividades interativas.

Brady (2014) e Bacich e Holanda (2020) afirmam que a música tem um potencial no campo da Arte a partir de seus estudos ao fazerem apontamentos diretamente ligados à criatividade e discutirem possibilidades de uso na educação além do entretenimento. Para esses autores, a Arte no STEAM não é apenas um embelezamento da sigla ou um passatempo para o estudante, mas sim uma área do conhecimento responsável por estimular a criatividade e a inovação nos projetos

educacionais. Brady (2014) relatou que estudantes que participaram de programas de música desempenharam melhores habilidades na resolução de problemas e possuem potencial de inventores, se alinhando ao atual mundo do trabalho.

Na literatura, são escassas as possibilidades de encontrar em um único trabalho estudos de ondas sonoras que utilizam elementos da música, Matemática, Física e Tecnologia ao manusear um instrumento musical de cordas. Nessa perspectiva, apresentamos, nesta pesquisa, sugestões de uso dessas diferentes áreas do conhecimento para estudar ondas sonoras por meio da Educação STEAM.

Segundo Bacich e Holanda (2020, p. 17), o STEAM se configura como uma abordagem promissora para trabalhar conexões amplas entre as diferentes áreas do conhecimento,

articulando o científico cognitivo e o construtivismo educacional, de forma a compor aquisição de repertório conceitual e pelos estudantes com seu protagonismo prático. [...] com sua ênfase na intenção de formação integral, ou seja, uma formação que transcenda o mero domínio cognitivo, a fim de envolver aspectos sociais e valores humanos.

O processo de ensino precisa de um olhar diferenciado para fugir apenas da exposição dos conceitos com o uso de quadro e giz. Com isso, é preciso estabelecer conexões com a realidade do estudante na busca da apreensão de significados. O docente nesse processo deve estar atento às indagações dos discentes, despertar suas curiosidades a fim de construir um ambiente de reflexão, possibilitar conhecer a Ciência de forma agradável e prazerosa e não apenas por meio da simples transmissão do conhecimento sem qualquer relação com o mundo e a sociedade.

Refletindo sobre a possibilidade de estudar ondas sonoras com o uso da Engenharia, Tecnologia, Música e Matemática, a Educação com abordagem STEAM nesta pesquisa de dissertação de mestrado se configura como uma sugestão para responder aos questionamentos levantados anteriormente e desenvolver práticas pedagógicas que contribuam no processo de ensino e aprendizagem. Essa abordagem com foco nos estudantes por meio de desafios propostos pode conectar os conceitos de ondas sonoras estudados em sala de aula ao mundo real. A possibilidade de encontrar um aluno que tem contato com a música, ou que pretende ter, não é rara. Assim, pretendemos apresentar significado nas aplicações práticas na compreensão do fenômeno natural relacionado à música por meio de um vídeo como produto educacional e os artefatos associados a ele.

Temos como objetivo geral propor uma estratégia didática para o ensino de ondas sonoras por meio da educação com abordagem STEAM na montagem do instrumento musical cítara quebra-cabeças que se desdobra nos seguintes objetivos específicos:

- a) Construir o instrumento musical cítara quebra-cabeça para uso didático como primeiro artefato do produto educacional;
- b) Confeccionar seis artefatos textuais associados ao produto educacional – manual de montagem da cítara quebra-cabeças, itinerário pedagógico e quatro dinâmicas de aprendizagem;
- c) Produzir um vídeo “Ateliê do Som” como produto educacional endereçado a professores, apresentando o uso pedagógico da cítara quebra-cabeça e os materiais didáticos (artefatos elaborados com base da Educação STEAM, a aprendizagem baseada em problemas e o sociointeracionismo) que acompanham o instrumento musical;
- d) Aplicar o produto educacional junto a professores de Matemática e Ciências da Educação Básica para verificar a possibilidade de uso da estratégia Ateliê do Som.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O processo de desenvolvimento da Ciência causa impactos na sociedade que são refletidos diretamente nas escolas influenciando o processo de ensino e aprendizagem. O estudante do século XXI está imerso nesse contexto dinâmico, e é preciso uma quebra de paradigma no sistema de ensino para romper com práticas educacionais centradas apenas no professor e sem conexão com o mundo real, que não atendem mais ao perfil desse aluno. Apesar desse controverso debate, e como esta dissertação não versa sobre currículo, nos restringiremos ao cenário atual posto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento curricular oficial do governo federal que propõe mudanças no sistema de ensino na Educação Básica. A segunda competência geral encontrada nesse documento propõe ao estudante:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (BRASIL, 2017, p. 3)

As características citadas acima apontam para um estudante ativo, capaz de tomar decisões frente aos problemas reais do dia-a-dia. Hoje, com os avanços tecnológicos, mercados econômicos globalizados e diretrizes políticas ousadas, os problemas do cotidiano tomam proporções cada vez mais transdisciplinares. Segundo Bacich e Holanda (2020, p. 79), a transdisciplinaridade usa problemas reais ou projetos em que os estudantes aplicam conceitos e habilidades em duas ou mais disciplinas que contribuem para moldar experiências de aprendizagem e desencadear reflexões para o Ensino de Ciências nas escolas.

A busca por novas práticas de ensino pode ser um caminho para promoção da transdisciplinaridade, permitindo compreender que o estudante está inserido em um processo de transformação social e a escola é uma das instituições que contribui de forma significativa na formação de um cidadão crítico, capaz de resolver problemas que surgem ao longo da vida.

Krasilchik (2007, p. 6) relata que

é preciso que os cidadãos sejam capazes de participar das decisões que afetam sua vida com base em informações e análises bem fundamentadas organizando um conjunto de valores mediado na consciência da importância de sua função no aperfeiçoamento individual e das relações sociais.

O ensino proposto pela escola deve estar presente na realidade do aluno e auxiliá-lo na tomada de decisões, mesmo em simples projetos que proporcionem a iniciativa para resolver um problema real de aplicação prática. Na vida, a resolução de problemas requer, muitas vezes, aplicações de diferentes áreas do conhecimento, e um exemplo pode ser encontrado na engenharia civil. Para realizar uma edificação, o engenheiro precisa de conhecimentos de cálculos matemáticos estruturais, conceitos físicos sobre dilatação, conceitos químicos de produtos de revestimentos, conceitos artísticos relacionados à estética e design, políticas de habitação com as normas vigentes, tecnologias com *softwares* eficientes, entre outras áreas de conhecimento.

Segundo Root-Bernstein e Root-Bernstein (2001), os professores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e do *California Institute of Technology* (Caltech), e diretores de pesquisas de empresas renomadas de engenharia, perceberam a diferença entre cientistas e engenheiros bem sucedidos, afirmando que

o que acaba distinguindo cientistas e engenheiros de sucesso dos outros alunos de suas classes é a capacidade de perceber ou ver o que as equações significam. Nas aulas de Física, todo estudante tem a capacidade matemática de resolver as equações de Einstein que descrevem a teoria da relatividade, mas só alguns conseguem dar vida as equações. (ROOT-BERNSTEIN; ROOT-BERNSTEIN, 2001, p. 28)

E por que em grande parte das escolas as áreas do conhecimento são apresentadas aos estudantes de forma tão separadas? Segundo Krasilchik (2007, p. 4)

a organização da escola e dos elementos que compõem os seus currículos levam as subdivisões das áreas de conhecimento criando disciplinas estanques as quais muitas vezes impedem que os estudantes vejam como estas se relacionam e quais suas conexões com a vida.

Essas necessidades de ajuste curricular ocasionaram diversas reformas no ensino de Ciências e foram inclusas em documentos norteadores da educação brasileira ao longo do tempo, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Em suas diretrizes aos educadores, esse documento orienta que

os alunos se apropriem do conhecimento científico e desenvolvam uma autonomia no pensar e no agir, [...] é importante conceber a relação de ensino e aprendizagem como uma relação entre sujeitos, em que cada um, a seu modo e com determinado papel, está envolvido na construção de uma compreensão dos fenômenos naturais e suas transformações, na formação de atitudes e valores humanos. (BRASIL, 1998, p. 28)

Já a BNCC regulamenta as aprendizagens essenciais que devem ser trabalhadas nas escolas e propõe que a

área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências. (BRASIL, 2017, p. 321).

Os conhecimentos científicos estudados na escola estão presentes no cotidiano das mais simples rotinas como compreender uma receita para cozinhar, acompanhar a tabela de competição do campeonato de futebol, numa simples brincadeira de criança ou até mesmo ao tocar um instrumento musical. Esse tipo de relação vai além das longas listas de exercícios envolvendo cálculos sem propósito, e pode despertar no estudante o interesse na busca pelo conhecimento para a melhor compreensão do mundo.

Como citado anteriormente acerca do instrumento musical, a música é uma arte que tende a encantar as pessoas em todas as partes do mundo e tem potencial para estabelecer conexões entre os conhecimentos científicos apresentados na escola e o cotidiano. Essa possibilidade de uso da música no processo de ensino e aprendizagem está presente nesta dissertação por meio do estudo das ondas sonoras, e encontramos algumas pesquisas que apontam a relevância dos estudos e seu lugar de importância no ensino de Ciências Naturais. Santos *et al.* (2020, p. 3) relataram experiências docentes com estudantes do Ensino Médio na fabricação de instrumentos musicais com material reciclável, abarcando componentes curriculares de Física e das Artes, nos estudos das ondas sonoras e técnicas de confecções artísticas na criação dos instrumentos.

Já Alves *et al.* (2020) trabalharam atividades lúdicas com música, experimentos com corda e aporte tecnológico com aplicativo de *smartphone*, relatando experiências para ensinar ondas sonoras. Nesse estudo, os autores desenvolveram um guia prático como produto educacional em forma de sequência didática para auxiliar professores de Física em suas aulas. Corrêa (2016) trouxe em sua pesquisa de mestrado uma proposta de modelagem matemática nos estudos de ondas sonoras ao fazer uso da música e do *software* Geogebra como aporte tecnológico para relacionar os conceitos de onda sonora aos gráficos da função seno nos estudos de Matemática.

Tanto Coelho e Machado (2015) como Moura e Bernardes Neto (2011) realizaram a confecção e a montagem de instrumentos musicais para investigar o processo de ensino nos estudos dos princípios físicos envolvidos nos fenômenos acústicos, enquanto Bleicher *et al.* (2002) apresentaram um estudo com *software* baseado em análise matemática para investigar fenômenos físicos em efeitos de pedais de guitarra usados por músicos. Por meio de modelos matemáticos, eles relataram que

é possível verificar as relações de frequências numa escala musical e o efeito do batimento, através de análise matemática e reprodução sonora via computador. Para fins ilustrativos e pedagógicos, são simulados no computador efeitos sonoros comumente utilizados por músicos, como Tremolo, Phaser e Auto-Wah. Estes são modelados matematicamente de forma simplificada, tomando-se como base uma onda sonora padrão, cujos parâmetros associados foram obtidos experimentalmente. Ressalta-se a possibilidade do aprendizado autônomo (Bleicher *et al.*, 2002, p. 2).

Em concordância com esses autores, as pesquisas de Behar *et al.* (2008), Behar, Bernardi e Souza (2007) e Tuyarot e Tesseroli (2016) endossam a importância de acesso aos recursos digitais no processo de ensino e aprendizagem, recursos que também são propostos nos artefatos que compõem nosso produto educacional para melhor compreensão das ondas sonoras.

Assim é possível constatar a relevância desta pesquisa e a contribuição que pode ser deixada para quem deseja estudar ondas sonoras e conhecer elementos científicos por trás dos sons de um instrumento musical de cordas. Os conceitos pertinentes nesse estudo serão trabalhados por meio de uma base teórica ancorada na Educação STEAM e desenho metodológico da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) em uma perspectiva sociointeracionista, e, por isso, apresentamos, nas subseções a seguir, esses aportes.

2.1 EDUCAÇÃO STEAM

Para compreensão do movimento STEAM é preciso conhecer um breve histórico do cenário escolar norte-americano desde 1920. A abordagem STEAM surge com reformas que ocorreram ao longo do tempo, movimentos na sociedade acadêmica com novas perspectivas impulsionadas pelos avanços no campo da Ciência e Tecnologia. Krasilchik (2000, p.1) afirma que

na medida em que a Ciência e a Tecnologia foram reconhecidas como essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis, foi também crescendo de importância, sendo objeto de inúmeros movimentos de transformação do ensino, podendo servir de ilustração para tentativas e efeitos das reformas educacionais.

No mesmo ano em que a autora publica o trecho acima, o movimento educacional STEM ganha forças nos Estados Unidos da América (EUA) e, nos anos seguintes, alcança outros países e chega ao Brasil com pouca intensidade. Segundo Silva (2010, p. 21), provavelmente o currículo aparece pela primeira vez como objeto específico de estudo e pesquisa nos EUA nos anos de 1920. Esse país passava por um processo de industrialização e os movimentos de imigrantes eram acentuados, fatores que intensificavam a massificação da escolarização. As ideias que norteavam os administradores educacionais eram fundamentadas nos princípios de Bobbitt, pedagogo norte-americano que se inspirou em Taylor, engenheiro mecânico que escreveu o livro “Os princípios da administração científica”. Nessa ótica, o modelo de currículo era visto como uma fábrica, em que os estudantes eram processados como produtos, e os resultados na escola eram rigorosamente medidos e testados. Uma referência marcante que aborda essas ideias é o clássico filme de Charlie Chaplin “Tempos Modernos” de 1936.

De acordo com Silva (2010, p. 23),

o sistema educacional deveria começar por estabelecer de forma precisa quais são seus objetivos. Esses objetivos, por sua vez, deveriam se basear num exame daquelas habilidades necessárias para exercer com eficiência as ocupações profissionais da vida adulta. O modelo de Bobbitt estava claramente voltado para economia.

Nessa perspectiva, a escola deveria formar o estudante para as demandas do mercado de trabalho, assim o currículo escolar era pensado de forma mecânica. O impacto esperado era a mão de obra especializada para alavancar a economia do país. Silva (2010) complementa que esse conceito de currículo escolar dominaria a literatura estadunidense até os anos 1980 para atender às exigências profissionais da vida adulta.

Segundo Santos (2017), até o término da Segunda Guerra Mundial, o ensino das Ciências da Natureza evoluía de forma tímida com acréscimos de conhecimentos adquiridos nas pesquisas científicas ao plano didático, mas não apresentou sobressalto significativo com a participação da comunidade escolar. Essa perspectiva começa a mudar em outubro de 1957 com o lançamento do satélite Sputnik pela (inexistente) União Soviética, dando início à corrida espacial

com os EUA. A resposta norte-americana foi realizar enormes investimentos para reformar o ensino de Ciências. Santos (2007, p. 1) afirma que

em plena Guerra Fria, o mundo foi surpreendido pelo lançamento do satélite artificial Sputnik, os norte-americanos entraram em choque. Uma verdadeira comoção nacional se instalou, com o sentimento de que os Estados Unidos estavam cientificamente, tecnologicamente e militarmente atrasados em relação à União Soviética. Foi o suficiente para educadores, cientistas e matemáticos alargarem e acelerarem as reformas educacionais que vinham elaborando, com amplo apoio da sociedade e do governo federal.

Movimentos educacionais surgem após esse período, entre eles o *The Nation at Risk* em 1983, que traduzido significa uma nação em risco, e se configurou em um relatório da Comissão Nacional de Excelência em Educação dos EUA, sendo sua publicação considerada um marco na história educacional americana moderna. Gesser e DiBell (2016, p. 87) afirmam que movimentos como esse resultaram em largos impactos nos currículos escolares, particularmente na área de Ciências Naturais e Matemática, além de amplos investimentos nas áreas associadas ao desenvolvimento profissional de modo a manter o controle e o poder na corrida pela economia e política global.

Mesmo com o fim da Guerra Fria na década de 1990, a disputa pela hegemonia ainda é perceptível no mundo e os norte-americanos continuam no páreo. Nesse período, foi constatado o desinteresse dos jovens americanos pelas carreiras que envolvem Ciência e Tecnologia. Assim, surgiram políticas educacionais estabelecidas com propósito maior que refletiram em grandes investimentos financeiros nas escolas. O governo percebe que, no século XXI, com os grandes avanços científicos e tecnológicos e as novas exigências do mundo do trabalho, os EUA necessitavam de profissionais cada vez mais qualificados, ativos e capazes de resolver problemas.

É justamente em meio a esse cenário que surge o STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) com características parecidas aos movimentos anteriores. Segundo Breiner *et al.* (2012, p. 3, tradução nossa),

o termo STEM surgiu, na verdade, de SMET, quando este começou a ser utilizado pela *National Science Foundation* (NSF), dos Estados Unidos, nos anos de 1990, para designar as quatro áreas juntas, sem ênfase ou militância: ciências, tecnologia, engenharia e matemática, do acrônimo para *Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Todavia, no ano de 2001, STEM foi cunhado pela então diretora da NSF, Judith Ramaley, e daí em diante se espalhou pelo mundo. Curiosamente, o termo ganhou muito mais adesão nessa nova ordem das letras.

Assim, a Educação STEM alcançou grandes proporções com investimentos do governo e de empresas privadas com o objetivo de melhorar a quantidade e a qualidade de profissionais a fim de garantir o progresso econômico e social dos EUA. No governo do Presidente Barack Obama, foi lançado o Plano Federal para Educação STEM: plano estratégico para 5 anos. Gesser e DiBello (2016, p. 84) relatam que

investir em educação para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática é fundamental para o futuro dos Estados Unidos e sua economia, pelas seguintes razões: a) os postos de trabalho do futuro serão trabalhos voltados a STEM; b) o sistema educacional da Educação Básica Americana está abaixo da média dos 33 países que fazem parte da OCDE (*Organization for Economic Cooperation and Development*) que recentemente participaram do estudo PISA (*Programme for International Student Assessment*). Doze (12) desses países têm melhores scores que os Estados Unidos em Ciências e 17 deles têm melhores scores em matemática; c) progresso em relação ao Plano STEM é crítico no sentido de construir uma sociedade justa e inclusiva.

A intenção do plano era alcançar impactos significativos com foco em pontos específicos que contemplassem a educação básica, o incentivo a carreira STEM entre os jovens, a qualidade dos programas de graduação em STEM, a inclusão dos grupos historicamente mal representados socialmente e a criação de programas de pós-graduação para a força de trabalho STEM.

Em meio às novas tendências sociais e disputas no mercado econômico mundial, a educação com abordagem STEM é apresentada como uma das soluções para trabalhar competências e desenvolver habilidades no estudante que poderá se tornar um profissional qualificado e competitivo no futuro.

Baseado nesse histórico, Bacich e Holanda (2020, p. 16) traçam no fluxograma a seguir (Figura 1) um panorama com os efeitos primários e secundários do STEM.

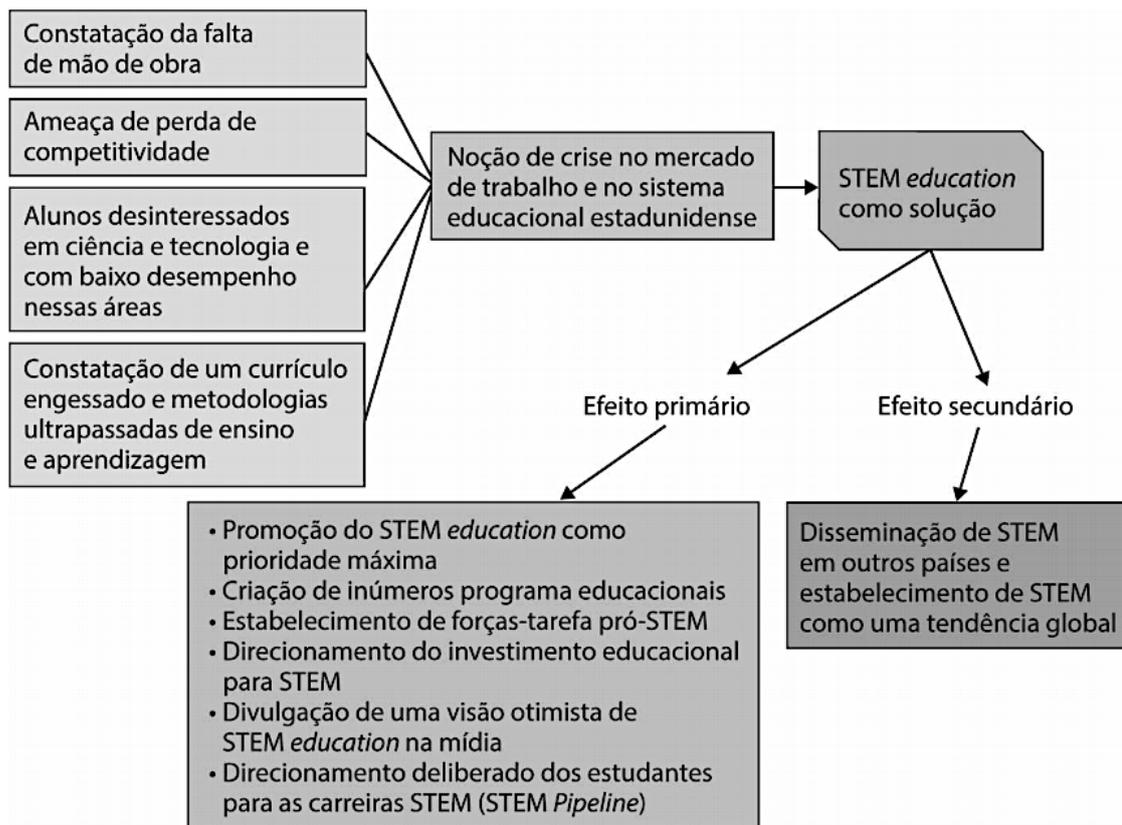


Figura 1: Panorama da Educação STEM.
Fonte: Bacich e Holanda (2020).

Essa tendência global, apresentada como efeito secundário no fluxograma acima, se concretiza e tem alcançado vários países. Segundo a plataforma de informação GETChina Insights (2022), o Ministério da Educação da China anunciou, em 2017, a inclusão do STEM no currículo do país e, em 2018, em Pequim, lançou um plano de ação para educação STEM com metas até 2029. O plano inclui equipamentos para as escolas, cooperação de cientistas, empresas em parceria com o governo chinês com objetivo de promover inovação científica e tecnológica, entre outros.

De acordo com a Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (Autoridade Australiana de Currículo, Avaliação e Relatório – ACARA), em 2016, a Austrália lançou o programa denominado *National STEM School Education Strategy* (Estratégia de Educação Escolar STEM) com duração até 2026. O programa tem como objetivo preparar os estudantes na carreira STEM para construir uma Austrália forte e competitiva no mercado econômico mundial. No Reino Unido, segundo a plataforma de assuntos parlamentares *Parlament UK*, o governo publicou um relatório, em 2018, que esclareceu a preocupação nas duas últimas décadas em

melhorar nos estudantes britânicos habilidades em STEM para aprimorar a força de trabalho, crescimento econômico no país, além de enfatizar a valorização das mulheres na carreira STEM.

Segundo Shin *et al.* (2018), depois da crise financeira asiática de 1997, o governo coreano iniciou uma política nacional de investimentos em carreiras STEM, no intuito de melhorar a motivação acadêmica e profissional dos estudantes nessa área do conhecimento. Um exemplo foi o *Bain Korean 21* (BK21), um projeto nacional coreano que visava ao apoio de estudantes de graduação em Ciência e Tecnologia que resultou no aumento do número de cotas para os que desejam ingressar nessas áreas.

Em 2008, no Instituto Politécnico e Universidade Estadual da Virgínia (*Virginia Tech*) nos EUA, surgiu a proposta de Georgette Yakman da inclusão da letra “A” na sigla STEM, representando Arte e Design, uma proposta que defende a aprendizagem conectada à formação cognitiva, social e emocional do estudante. A Figura 2 mostra o diagrama do STEAM proposto por Yakman (2018).

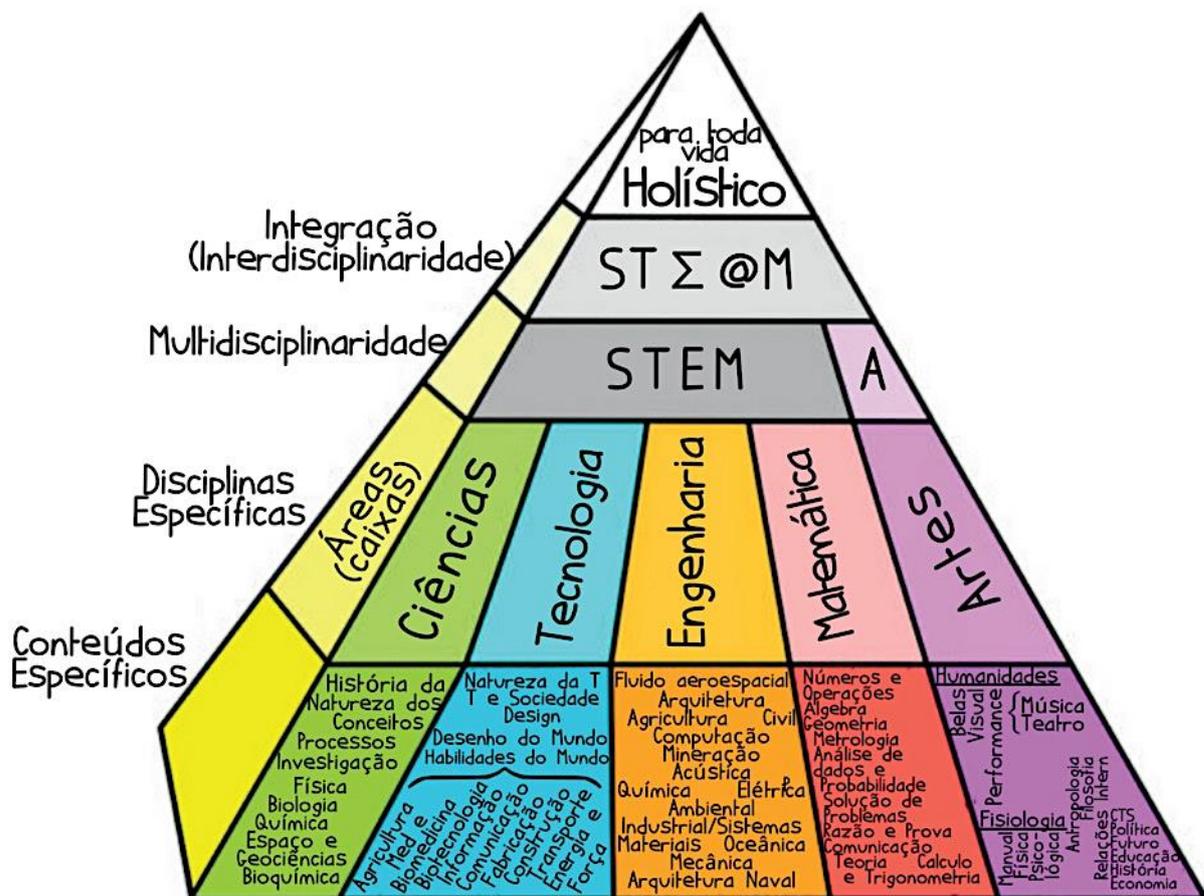


Figura 2: Diagrama do STEAM.
Fonte: Resende e Pereira (2022, p.15) adaptada de Yakman (2018).

Essa aprendizagem holística no topo da pirâmide que ilustra a Figura 2 apresenta conhecimentos estimulados por procedimentos educacionais que tenham significado para o estudante, em que a conexão das áreas do conhecimento na base da pirâmide ultrapasse a visão multidisciplinar³. O movimento STEAM chega, então, ao Brasil com objetivos diferentes dos outros países relatados anteriormente, uma vez que em âmbito internacional existia interesse dos governos nas áreas do conhecimento abrangidas pela sigla. A percepção que a educação na escola está ligada aos avanços científicos, tecnológicos, políticos e econômicos é bem nítida com os planos desses governos voltados para um projeto de educação.

Em nosso país, o movimento não surge apenas da vontade política, pois emerge da escola e da academia, com educadores antenados na busca por inovações no ensino e na aprendizagem. Um dos fatores associados ao fato de o movimento STEAM chegar de forma tardia ao Brasil decorre da economia baseada na exportação de *commodities* (matérias-primas essenciais que possuem baixo nível de industrialização) e a escassez de qualificação na área STEAM não impactar, em um primeiro momento, o mercado de trabalho, pois em relação aos outros países o Brasil produz pouca tecnologia e consome muitos dispositivos tecnológicos.

Não se percebe, na educação básica pública, investimentos para desenvolver a educação STEAM, mas sim apenas tentativas isoladas por meio de projetos com educadores que pesquisam sobre a proposta. Algumas instituições privadas de ensino já investem na criação de programas STEAM, com, por exemplo, a troca dos laboratórios de informática por ambientes de aprendizagem *maker* (ambiente escolar com objetivo de promover criação, investigação e resolução de problemas), inclusão de robótica e ações relacionadas à formação de professores. Além das escolas privadas, surgem algumas *startups* (empresas emergentes) na educação com propostas de produtos para atender a essa nova realidade.

Mesmo com todo o cenário brasileiro desfavorável em relação aos outros países, o STEAM apresenta propostas também alinhadas ao perfil do estudante brasileiro do século XXI e à BNCC, e começamos a encontrar, tanto na escola como na academia, ações para a promoção da Educação STEAM.

³ Multidisciplinaridade: organização de conteúdos mais tradicional. Os conteúdos escolares apresentam-se por matérias independentes uma das outras. As cadeiras ou disciplinas são propostas simultaneamente sem que se manifestem explicitamente as relações que possam existir entre elas (FAZENDA, 2008, p.114).

2.2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS EM UMA CONCEPÇÃO SOCIOINTERACIONISTA

A abordagem STEAM promove o uso das diferentes áreas do conhecimento para encontrar soluções para desafios propostos que muitas das vezes retratam problemas reais. Bacich e Holanda (2020) afirmam que é comum o equívoco de chamar o STEAM de metodologia. Da mesma forma, tanto o STEM como o STEAM também não são considerados um currículo a ser seguido. Sua dinâmica de abordagem é baseada em projetos transdisciplinares com foco no estudante. Os repertórios conceituais possuem aplicações práticas de forma cooperativa que conectam o currículo aos projetos, buscando contemplar problemas reais.

Os desafios enfrentados pelos estudantes de forma investigativa no decorrer do processo pode promover uma aprendizagem com significado aos conceitos estudados. Henriksen (2019, p. 5) afirma que,

os alunos aprendem o conteúdo de forma mais envolvente e significativa, enquanto também reforçam o conhecimento disciplinar através de um outro domínio. [...] Em última análise, o que os alunos vão ganhar a partir de sua classe não é necessariamente apenas o conhecimento do conteúdo ou conceitos. Muitas vezes, é também a forma como se aproxima dele; essas lições vão levar para o mundo real.

Assim, é preciso cuidado na elaboração dos desafios, primando pelo aprofundamento do conhecimento científico, organização dos conceitos e o percurso do processo na execução de projetos traçados para alcançar a aprendizagem. Uma metodologia que tem contribuído aos que trabalham com a abordagem STEAM é a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), que, para Bender (2014, p.9),

é um modelo de ensino que insiste em permitir que os alunos confrontem as questões e os problemas do mundo real que consideram significativos, determinando como abordá-los e, então, agindo cooperativamente em busca de soluções.

Esse autor ressalta também que a ABP tem sido utilizada com frequência no ensino de Ciências e Matemática, pois motiva o estudante ao aprendizado, desenvolve habilidades para trabalhar em equipe e impulsiona práticas investigativas. Bender (2014, p.15) complementa que

a investigação é profundamente integrada a Aprendizagem Baseada em Projetos, e como eles têm, em geral, algum poder de escolha em relação aos projetos em seu grupo e aos métodos a serem usados para desenvolvê-lo, eles tendem a ter uma motivação muito maior para trabalhar de forma diligente na solução de problemas.

Esse autor também relata que a ABP aumenta a motivação para aprender, estimula o trabalho em equipe e desenvolve habilidades colaborativas que, atualmente, é recomendada para trabalhar com estudantes do século XXI. Já Lima, Gregório e Souza (2020), com objetivo de verificar o impacto decorrente da implementação da ABP, relatam que

a aprendizagem é mais significativa quando os alunos são motivados, quando eles acham sentido nas atividades propostas, quando suas motivações profundas são consultadas, quando se engajam em projetos em que trazem contribuições, quando há diálogo sobre as atividades e a forma de realizá-las.

Esses autores fizeram a comparação entre a metodologia tradicional com aulas expositivas com uso de livro didático e resumos e a ABP, e encontraram resistência na implantação da ABP, porém chegaram à conclusão que as aulas geradas com a ABP são mais produtivas com maior interação entre os estudantes e promovem um melhor desempenho no aprendizado.

Esse engajamento nos projetos desenvolve no estudante um espírito colaborativo que, por meio da interação, promove diálogos e investigações estimulando a construção do pensamento. Nessa linha, as pesquisas de Vygotsky podem ajudar a entender como funciona a aprendizagem na solução dos desafios e alcançar o desenvolvimento cognitivo nas zonas potenciais e proximais descritas por ele. É imprescindível compreender como as interações impactam a maneira de pensar para resolver problemas propostos, e, assim, o trabalho de Vygotsky sobre o sociointeracionismo ou socioculturalismo pode contribuir para esse fim.

Para Vygotsky (2007, p. 83)

a criança consegue internalizar os meios de adaptação social disponíveis a partir da sociedade em geral através de signos [...] um dos aspectos essenciais do desenvolvimento é a crescente habilidade da criança no controle e direção do próprio comportamento, habilidade tornada possível pelo desenvolvimento de novas formas e funções psicológicas e pelo uso de signos e instrumentos nesse processo.

Dessa forma, ele diferencia dois elementos básicos para a mediação: os instrumentos (objetos externos) que desempenham funções ligadas às ações sobre objetos e signos (representações mentais). Segundo Rego (2020), o signo pode ser aquilo que representa algo diferente de si mesmo, como, por exemplo, forma, fenômeno, gesto e figura. Assim, o ser humano consegue construir representações mentais e representar, no mundo real, formas concretas, como um sinal de trânsito significar uma parada e um copo significar um utensílio para beber água.

Vygotsky (2007, p. 83) relata que

mais tarde a criança expande os limites de seu entendimento através da integração de símbolos socialmente elaborados (tais como: valores e crenças sociais, conhecimento cumulativo de sua cultura e conceitos científicos da realidade) em sua própria consciência [...] apresenta uma argumentação elaborada demonstrando que a linguagem, o próprio meio através do qual a reflexão e a elaboração da experiência ocorre, é um processo extremamente pessoal e, ao mesmo tempo, um processo profundamente social. Ele vê a relação entre o indivíduo e a sociedade como um processo dialético que, tal como um rio e seus afluentes, combina e separa os diferentes elementos da vida humana.

Essa interação social possibilita novas experiências e conhecimentos que produzem aprendizagens mediadas pela utilização de signos e instrumentos que, de acordo com Vygotsky (2007, p. 86), deve ocorrer dentro de uma zona de desenvolvimento proximal, que é

a distância entre o nível real (da criança) de desenvolvimento determinado pela resolução de problemas independentemente e o nível de desenvolvimento potencial determinado pela resolução de problemas sob orientação de adultos ou em colaboração com companheiros mais capacitados.

Portanto, o conhecimento real é aquele que o estudante possui e é capaz de aplicar sozinho, já o potencial é o conhecimento em que ele necessita do auxílio de outros para aplicar. Nesse processo, o professor deve mediar, de forma que o aluno se torne independente e estimule o conhecimento potencial, formando uma nova zona de desenvolvimento potencial. Rego (2020) afirma que aquilo que é zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã, sendo as tarefas realizadas por meio de diálogos, da colaboração, da imitação e da experiência compartilhada. Nessa perspectiva de interação e projetos, o estudo das ondas sonoras com a abordagem STEAM pode atender ao perfil do estudante do século XXI imerso no contexto dinâmico da sociedade atual e auxiliá-lo na tomada de decisões, mesmo em simples projetos que proporcionem a iniciativa para resolver um problema real de aplicação prática como propomos nesta pesquisa por meio do produto educacional voltado para professores trabalharem com seus estudantes.

2.3 MÚSICA, MATEMÁTICA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Após a inserção da letra “A” na sigla STEAM, surgiram movimentos de apoio com expressão significativa, como, por exemplo, o do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e da *Universidade de Harvard*. A *Rhode Island School of Design*

(RISD), uma faculdade de artes plásticas e designs, propôs a Arte como elemento motivador para ativar a aprendizagem dos estudantes e considera a criatividade como elemento primordial nesse processo. Segundo Root-Bernstein e Root-Bernstein (2001), as pessoas mais criativas do mundo relatam com palavras e atos a essência da criatividade, que podem ser desenvolvidas por

ferramentas que incluem a capacidade de observar, evocar imagens, abstrair, reconhecer padrões, formar padrões, fazer analogias, pensar com o corpo, ter empatia, pensar de modo dimensional, criar modelos, brincar, transformar e sintetizar. [...] Na verdade, cientistas, artistas e músicos falam todos de “ver” mentalmente representações de coisas que, na verdade, nunca viram, de “ouvir” sons e canções que ainda não foram feitos, e de “sentir” as propriedades sensoriais de coisas que nunca tocaram realmente. (ROOT-BERNSTEIN; ROOT-BERNSTEIN, 2001, p. 35)

Na mesma perspectiva, Brady (2014, p. 2), em publicação no jornal *The Washington Post*, apresentou a manchete “STEM é incrivelmente valioso, mas se queremos os melhores inovadores, devemos ensinar artes”, e, com isso, afirmou que a Arte é o principal impulsionador do cérebro e centelha por trás da criatividade, devendo sentar à mesa nas reformas educacionais do país. Ele complementa ainda afirmando que

as artes são mais do que apenas uma atividade que os alunos desfrutam na escola ou uma atividade divertida que pode manter os alunos ocupados. As artes são mais do que entretenimento ou diversão, e certamente oferecem mais oportunidades além da musicalidade profissional.

Essa mesma matéria divulga a pesquisa da *Michigan State University*, que observou os estudantes com participação em programas de música de qualidade, apresentando baixa desistência e altas pontuações em testes padronizados comparados a outros estudantes – são 22% melhor em Inglês e 20% melhor em Matemática, e ainda demonstram melhores habilidades na resolução de problemas.

É importante observar que a música está inserida na base da pirâmide proposta por Yakman (2008) na Figura 2 e pode ser um potencial para trabalhar Artes no STEAM. Segundo Bacich e Holanda (2020, p. 205), existe uma aproximação entre Ciência e Arte e, de forma poética, relata que “caminhantes como errantes em busca, na maioria das vezes, do que não há condição de saber antes da caminhada. É o que faz o investigador, seja ele cientista, seja ele artista”. Assim, a prática da investigação aproxima a Ciência da Arte no STEAM e reforça essa caminhada por diferentes saberes e interação entre as diferentes áreas do conhecimento.

É possível encontrar, na literatura científica, trabalhos que propõem a Música no campo do ensino em diferentes áreas do conhecimento, que apresentamos, a seguir, alguns desses como uma revisão de literatura sobre o tema. Na dissertação de Camargos (2010), foi proposta a utilização de modelos matemáticos com Música nos estudos de Progressão Aritmética (PA) e Progressão Geométrica (PG) para construir uma flauta com tubos de PVC e, na mesma ação, construir também outro instrumento musical, uma marimba de garrafas para estudar frações.

Silva (2020) inseriu a música como recurso pedagógico no ensino de Química, descrevendo o interesse e a motivação dos estudantes no contato com a música ao utilizar em sua prática o violão no acompanhamento de canções nos desdobramentos das teorias de Química. Carvalho (2020) investigou as relações entre a Música e a Matemática com objetivo didático na proposta de aprendizagem da Matemática como suporte às estruturas musicais. Para isso, recorreu aos estudos de Pitágoras para justificar a proporcionalidade que existe na escala musical, enfatizando a importância da interdisciplinaridade nesse processo.

Araujo *et al.* (2017) relataram em seu trabalho a música como ferramenta de ensino na disciplina de Ciências Naturais com objetivo de discutir a relação entre Ciência e Música. De forma lúdica, esses autores trabalharam o sistema solar com paródias, palmas e instrumentos musicais. Souza, Pires Neto e Silva (2020), por meio da análise de vídeos no *YouTube*, fizeram uso da música como recurso didático-pedagógico no ensino de eletroquímica, trabalhando com vídeos de músicas com fenômenos do cotidiano, conteúdos interdisciplinares e paródias com teorias de Química.

Sartori e Faria (2020) realizaram análises de trabalhos publicados nas últimas quatro edições do Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM) e estabeleceram relações entre Música e Matemática. Eles analisaram trabalhos que utilizavam a música no ensino de frações, a forma lúdica de abordar essas áreas do conhecimento e a problematização utilizada.

A partir desse breve relato dos trabalhos citados anteriormente, entendemos que a Música, além da manifestação artística, pode ser utilizada envolvendo outras áreas do conhecimento e contribuir de maneira mais ampla no processo de ensino e aprendizagem. No Brasil, o esboço de utilizar a música na educação teve conquista com a aprovação da Lei nº 11.769 sancionada em 18 de agosto de 2008, que alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação nº 9.394/1996, tornando obrigatório. O

ensino da Música nas escolas de Educação Básica, oportunizado aos estudantes os benefícios oferecidos pela música⁴.

Segundo o presidente da Associação Brasileira de Educação Musical (ABEM), Kleber (2010, p. 3)

O Brasil possui uma riqueza cultural e artística que precisa ser incorporada, de fato, no seu projeto educacional. Isso só acontecerá se escola e espaços que trabalham com educação começarem a valorizar e incorporar, também, conteúdos e formas culturais presentes na diversidade da textura social.

Mesmo com a obrigatoriedade de implantação do ensino da música nas escolas brasileiras, o cenário não é favorável e limitações, principalmente nas escolas públicas, adiam esse processo, entre elas podemos citar: a carência de material músico-pedagógico, salas de aula inadequadas, tempo disponível reduzido e falta de formação profissional. Contudo é possível pensar em introduzir a música na escola por meio de propostas educacionais diferenciadas como as que fazem uso da abordagem STEAM.

Em concordância com Barros (2008), existem aproximações científicas entre Arte e Ciência, sendo a música uma das Artes mais ligadas ao campo da Matemática e da Física. A criatividade impulsiona tanto o artista quanto o cientista, e alcança dimensões subjetivas que implicam aspectos sensoriais, nos envolvendo no campo da emoção. Dessa forma, o contato com a música desenvolve sentimentos expressos por meios dos sons, e, se utilizados em propostas educacionais lúdicas, podem facilitar a aprendizagem de conceitos científicos.

De acordo com Cerri (2017), as atividades lúdicas acionam o pensamento e a memória, geram oportunidades para expansão das emoções, aguçam as sensações de prazer e incentivam a criatividade. Mesmo que o objetivo dessa pesquisa não seja o funcionamento cerebral, vale a pena salientar que a música é perfeita para desenvolver o intelecto, uma vez que sua prática desenvolve habilidades como a memória auditiva, memória cinestésica, memorial tátil e memória lógico matemática.

⁴ Levando-se em consideração que há na aprendizagem da música o resgate emocional, pode-se afirmar que, conseqüentemente, isto se reflete em melhoria na autoconfiança, sociabilidade, relacionamento interpessoal, comunicação, concentração, raciocínio lógico, etc. [...] o ensino de música ajuda no processo de aprendizagem escolar, dando maior segurança e ajudando a assimilar melhor os conteúdos apresentados, possibilitando maior entrosamento entre as disciplinas curriculares. (RODRIGUES; ROSIN, 2011, p. 19, 20.)

O cérebro possui no lado direito e esquerdo funções distintas, o hemisfério esquerdo controla a metade direita do corpo e o hemisfério direito a metade esquerda. Entre as duas extremidades existe um feixe nervoso que liga os dois hemisférios, transmitindo informações. O lado esquerdo é responsável pelas informações verbais e percepção de ritmo, sequência, ordem temporal e direção do som. No lado direito do cérebro acontece a percepção do som visuo-espacial, que é a compreensão da altura do som, a harmonia, intensidade, timbre, melodia e canto. No momento que a música é executada, o cérebro ativa os dois lados, desenvolvendo habilidades de memória verbal e visuo-espacial. (CERRI, 2017, p. 9)

É interessante conhecer o funcionamento dos hemisférios do cérebro, pois eles estão diretamente ligados aos estudos de Matemática e Física. Há indícios de sociedades mais antigas em que os gregos se apropriaram da música e na fabricação instrumentos musicais e provavelmente não tenham realizado investigações, experimentos e registros no campo científico como Pitágoras. O estudo realizado por Amorim (2015, p. 51) menciona a Cítara como um dos instrumentos musicais mais antigos que a arqueologia musical faz menção. Na literatura, ela é tratada como uma espécie de Lyra, diferenciando-se apenas em proporções de tamanho. Sua origem foi na Assíria, sendo aperfeiçoada pelos egípcios e gregos, que acrescentaram mais cordas, modificaram a construção dimensional e a acústica.

Segundo o filósofo grego Plutarco, a cítara recebeu uma nova forma no tempo, de Cepion, discípulo de Terpandro. Construída em melhores condições acústicas do que primitivamente, tornou-se por isso mais pesadas, e deixando de se poder sustentar com a mão esquerda enquanto a direita feria as cordas com o plectro, foi necessário suspende-la no ombro por uma larga fita. Desta então as duas mãos, ficando livres podendo dedilhar as cordas, e o plectro foi abandonado. Estas modificações foram realizadas principalmente entre os gregos da Ásia e da Itália, sempre mais avançados na cultura da música que os seus congêneres da Attica, Laconia, Messenia, Elida e Beocia. (AMORIM, 2015, p. 51)

No século XIV, as cítaras recebiam vários nomes – de acordo com Amorim (2015, p. 50), em latim, guiterna ou guinterne; em francês, guitarre; em inglês, gittern; e em italiano, cetra. O nome mais moderno é Lyra, parecido com a guitarra portuguesa, com cordas de metal e caixa acústica, classificado no grupo dos cordofones.⁵

Para a execução da composição musical com manuseio de um instrumento é preciso estudar a escala musical – sua estrutura é formada por conceitos matemáticos. Os sons produzidos pelos instrumentos musicais são explicados nos

⁵ Identificam como cordofones de cordas dedilhadas: kithara, cítola, guiterna, guinterne, guitarre, gittern, cetra, guitarra portuguesa e Lyra (AMORIM, 2015, p. 51).

estudos de fenômenos da Física, em geral pouco investigados por quem somente se interessa pela música. A conexão da Música com a Matemática é registrada por volta de 565 a.C. com o filósofo e Matemático Pitágoras de Samos, que dedicou parte de seus estudos aos intervalos musicais. Ele inventou um instrumento musical de nome monocórdio, com relevância comum aos estudos da Física, Matemática e Música. Segundo Michelato (2015, p. 35), o monocórdio é constituído por uma única corda presa em dois cavaletes fixos, acoplados em uma caixa de ressonância, em que um cavalete móvel percorre o comprimento da corda tensionada, dividindo a corda em duas partes, como ilustra a Figura 3 a seguir.



Figura 3: Monocórdio de Pitágoras
Fonte: Michelato (2015).

Nos estudos de Michelato (2015, p. 35), as investigações de Pitágoras e seus seguidores deram origem aos estudos relacionando Matemática e Música. No monocórdio, as frações obtidas variando o comprimento da corda e as sonoridades produzidas com os experimentos resultaram em sons agradáveis aos ouvidos. Uma corda tensionada na afinação de Dó, por exemplo, produzia uma frequência de 263,63 Hz. Ao dividir a corda ao meio ($\frac{1}{2}$), a frequência produzida dobrava para 527,26 Hz, ou seja, outra nota Dó, porém uma oitava⁶ acima. Obtendo dois terços ($\frac{2}{3}$) do mesmo comprimento, soaria a quinta justa, nota Sol, com frequência de 391,23 Hz. Com três quartos ($\frac{3}{4}$) do comprimento, obtém-se a 4ª justa, nota Fá, com frequência de 349,23 Hz.

⁶ Oitava: intervalo entre uma nota musical e outra com metade ou dobro de sua frequência (MICHELATO, 2015, p.36).

Por meio dessa lógica, outras frações e sons foram encontrados, mas para construir a escala de sete notas musicais, Pitágoras utilizou as primeiras frações com sons de oitava e quinta justa, pois julgava sons mais consonantes, desencadeando nessa sequência ciclos de quintas. Ao considerar a corda tensionada na afinação de Fá, temos: Fá = 1; Dó = $\frac{2}{3}$; Sol = $\frac{4}{9}$; Ré = $\frac{8}{27}$; Lá = $\frac{16}{81}$; Mi = $\frac{32}{243}$; Si = $\frac{64}{729}$

Essa sequência formada pelo ciclo de quintas obedecendo à lógica da razão dois terços é composta por notas em diferentes oitavas, e, transpondo para uma única oitava, temos a ordem Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si, formando a primeira escala musical.

A descoberta de Pitágoras agrega também vários conceitos ao campo das Ciências da Natureza que podem ser analisados, sendo a afinação do instrumento musical a questão central para o experimento. A tensão da corda aferida pelo padrão apresentado é que calibra a frequência de cada nota musical que chega aos ouvidos por meio das ondas sonoras e produz melodias agradáveis. Freire (2016, p. 4) afirma que

a estrutura de um sistema de afinação depende da descrição exata das frequências de cada uma das notas de uma escala e de quais são os critérios e os parâmetros para a construção desta escala. [...] A sistematização no uso das proporções matemáticas criou o primeiro parâmetro para determinação dos valores das frequências musicais, as razões (*ratios*, em inglês). Cada razão determina um intervalo musical e estabelece a proporção nos valores de uma frequência em relação à outra frequência.

Sobre as ondas sonoras, Rodrigues (2020) afirma que são perturbações se propagam, carregando consigo momento, energia e informação. Toda onda possui certa variável física que oscila, sendo essa oscilação transmitida sucessivamente. No caso específico do monocórdio, essas ondas são denominadas estacionárias. Ainda em seus estudos, Rodrigues (2020, p. 31) diz que

existem ondas num espaço confinado, como por exemplo, numa corda de comprimento L , esticada e presa em suas extremidades, as ondas que se propagam na corda sofrem reflexões em suas extremidades. As ondas refletidas se somam às ondas incidentes de acordo com o princípio de superposição. Os pontos da corda que apresentam deslocamento transversal nulo são chamados de nodos ou nós. Os pontos que apresentam deslocamento transversal máximo são chamados de ventre, antinodos ou antinó. [...] Esta onda é chamada de onda estacionária porque, apesar da forma da onda mudar com o tempo, a posição dos nós e antinós não se altera com o tempo, estando a onda confinada em uma certa região limitada do espaço.

Atualmente, para afinar um instrumento os músicos optam pelo suporte tecnológico como aplicativos de *smartphones* e programas de computador devido à praticidade e eficiência, assim como muitos construtores já fazem uso de trenas a laser. Esses aparelhos adotam um padrão de frequência em Hertz⁷, sistema de afinação aceito internacionalmente. Essas tecnologias têm sido introduzidas na sociedade, sendo cada vez mais comum em diversos segmentos sociais e alcançando a classe dos músicos e dos educadores.

No campo musical, antes da era digital, a afinação do instrumento musical se dava por meio do diapasão⁸ manual e os mais experientes com percepção musical mais apurada afinava “de ouvido”, expressão utilizada entre os músicos. Como citado anteriormente, os aplicativos para dispositivos móveis facilitaram a afinação do instrumento. Segundo Souza *et al.* (2006, p.8)

aplicativos móveis são programas desenvolvidos especificamente para o sistema operacional utilizado por um dispositivo móvel, como *tablets* e *smartphones*, que permitem a interação e navegação através do toque, pois são utilizados em aparelhos dotados de tela *touchscreen*. Os aplicativos abrangem diversas classes de programas: podem ser jogos, organizadores pessoais, editores de texto, leitores de e-books, bate-papos, etc.

Por exemplo, o aplicativo Da Tuner, disponível gratuitamente na loja de aplicativos do *Google (Play Store)*, é utilizado na afinação do instrumento musical e fornece a frequência de cada nota musical. Outro aplicativo mais completo é o Audacity, disponível também como programa para computadores, que é utilizado na gravação de mídia digital em estúdio musical e possui vários recursos que permitem um projeto musical profissional.

Na educação, os recursos digitais ganham espaço com plataformas de estudos, ferramentas digitais, laboratórios de robótica, entre outros, que, para Souza *et al.* (2006, p. 1)

a entrada das novas tecnologias digitais na sociedade contemporânea reorganizou a condição de letrado, o que demanda novas habilidades de inserção do indivíduo em novas práticas sociais. Por isso, metodologias de ensino e aprendizagem que percebam os propiciamentos educacionais das tecnologias digitais podem ser um caminho para a melhoria do desempenho de nossos alunos, integrando-os em contextos culturais variados por meio do desenvolvimento de saberes, de produção e consumo de semioses

⁷ A *Conférence générale des poids e mesures* - CGPM, 3 de 1960, fez uma alteração no termo de indicação de frequências, substituindo ciclos por segundo (cps) pelo termo Hertz (Hz), em homenagem ao físico alemão Heinrich Hertz, que fez pesquisas sobre a existência de ondas magnéticas (FREIRE, 2016, p. 4).

⁸ Instrumento metálico em forma de U que, ao vibrar, emite a nota de referência (lá) para a afinação de um instrumento. Fonte: <https://www.dicio.com.br/diapasao>.

diferenciadas em vista de uma participação ativa na construção do conhecimento.

Assim, a tecnologia pode ser uma aliada à educação, com objetivo de facilitar o ensino quando bem utilizada. Sabemos que o uso dos dispositivos móveis por estudantes em sala de aula pode causar transtornos por conta de distração com redes sociais e entretenimento com jogos, mas se direcionados com planejamento pedagógico podem alcançar objetivos educacionais. Souza *et al.* (2006, p. 8) consideram que

metodologias de aprendizagem centradas no aluno podem ser alternativas para o uso de tecnologias móveis na sala de aula. Para tanto, a inserção de aplicativos móveis nas propostas pedagógicas pode ajudar a controlar o uso indiscriminado e indisciplinado do *smartphone* na escola. E ainda, promover a aprendizagem de diversos conteúdos escolares.

Na abordagem STEAM, é possível apresentar ao estudante outra perspectiva da tecnologia além do entretenimento. Como relatam Souza *et al.* (2006, p. 8), a utilização do *smartphone* na escola como proposta de ensino pode trazer aplicativos que auxiliam os estudos de conceitos científicos, explorar funcionalidades no telefone desconhecidas pelos próprios estudantes e ampliar horizontes para além da escola. Muito mais que usar o telefone celular apenas para diversão, profissões ganham espaço no mercado de trabalho e geram riqueza.

Como os desafios no STEAM são planejados e desenvolvidos com base em problemas reais, é possível discutir com os estudantes questões em busca do melhor aproveitamento do *smartphone*. Os vídeos também são aportes tecnológicos utilizados no processo de aprendizagem e podem ser reproduzidos facilmente em *smartphones*. Sobre os vídeos, Chinellato e Javaroni (2020) apresentaram suas potencialidades na formação continuada dos docentes de Matemática. Eles utilizaram o programa gratuito FlashBack para a gravação da formação no GeoGebra, disponibilizadas em um canal no Youtube.

Em concordância com Chinellato e Javaroni (2020), Serafim e Sousa (2011, p. 29) relataram as potencialidades do uso do vídeo e dizem que ele

pode ser utilizado em um ambiente interativo de forma a potencializar expressão e comunicação, pode propor uma ação pedagógica que motiva a aprendizagem. E com o vídeo digital, compartilhar a aprendizagem que desenvolve um processo de produção de sentido que permite a cada aprendiz construir seu aprendizado na singularidade e ao mesmo tempo na colaboração.

Essa construção do aprendizado viabiliza um leque de didáticas que vão além da aula expositiva, assim Viégas e Rehfeldt (2017, p. 52) afirmam que “o uso do vídeo com ênfase em situações reais de sala de aula, e não focado unicamente na explicação teórica de conteúdo, pode favorecer a (re)significação da prática docente”, contribuindo para nossa defesa do vídeo como um produto educacional no formato audiovisual voltado para professores e que pretende propor o estudo das ondas sonoras em uma perspectiva STEAM na montagem do instrumento musical Cítara quebra-cabeças, como apresentaremos nas seções seguintes.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa tem caráter qualitativo, pois está “interessada na perspectiva dos participantes em suas práticas do dia a dia e em seu conhecimento cotidiano relativo à questão em estudo” (FLICK, 2009, p. 16). O Ateliê do Som é um ambiente de aprendizagem colaborativa para o estudo das ondas sonoras, intitulado assim pelo autor da pesquisa, e concebido a partir de sete (7) artefatos que o compõem: a própria cítara quebra-cabeças, um manual de montagem do instrumento musical, um itinerário pedagógico e quatro (4) dinâmicas de aprendizagem desenvolvidas por meio de desafios. Esse conjunto de artefatos juntamente com o vídeo como produto educacional, visam mostrar que a estratégia é factível e poderá ser implementada em um espaço físico como uma sala de aula, laboratório ou qualquer espaço arejado com eletricidade e ponto de internet.

O termo “ateliê” foi escolhido, pois remete ao local ou oficina onde pessoas experimentam, criam e produzem arte e artesanato, e, em alguns casos, trabalham de forma cooperativa com mesmo objetivo.

A trajetória que me fez chegar até este trabalho começou em 2011 com o projeto “Música e Matemática se reciclam com Arte”, que funcionava em contraturno no formato de oficina. Os recursos didáticos utilizados na oficina eram ferramentas de marcenaria, material reciclável e de expediente escolar. No processo de produção dos instrumentos, os alunos estudavam os conhecimentos científicos na prática. As conexões entre ciência da natureza, Matemática e Arte eram realizadas por meio de desafios propostos em cada etapa na fabricação dos instrumentos musicais. Michelato (2015, p. 15) diz que a construção de instrumentos musicais

busca desmistificar a ciência com práticas musicais e devolver a arte o status de ciência [...] e propõe a aproximação entre Música e Ciência, buscando aproximar a ciência do cotidiano do educando vislumbrando uma melhora na aprendizagem.

No período de seis (6) meses do projeto, anteriormente ao curso de mestrado, foram confeccionados cinco instrumentos musicais: uma cítara de 14 cordas, dois tambores, um triângulo e um piano de garrafas, conforme ilustram as Figuras 4 e 5. Consideramos importante fazer esse resgate a fim de valorizar a experiência prévia do autor e valorizar essa trajetória dando continuidade com esta pesquisa.



Figura 4: Construção da cítara com material reciclável.
Fonte: acervo pessoal



Figura 5: Instrumentos musicais fabricados.
Fonte: acervo pessoal

A cítara da Figura 4 foi produzida com a reciclagem de uma gaveta de guarda-roupa, cordas de violão, pregos e cola de madeira. Além dos conhecimentos científicos de Matemática e Física, os alunos estudaram conceitos básicos de música para tocar canções nos instrumentos musicais fabricados e aguçar a apreciação desta Arte. Essa imagem evidencia a inspiração do artefato cítara quebra-cabeça de nosso produto educacional confeccionado com abordagem na Educação STEAM a partir do mestrado. Assim, com base em pesquisas na literatura acadêmica e a trajetória profissional do autor, o Ateliê do Som assume a forma de um ambiente para aprendizagens colaborativas nos estudos das ondas sonoras.

O material didático utilizado no Ateliê do Som é composto pela cítara quebra-cabeças como um instrumento musical de 14 cordas, seu manual, um itinerário pedagógico e quatro dinâmicas de aprendizagem (sugestões de roteiros de estudos alinhadas à proposta STEAM). A confecção desse conjunto de materiais se apoia na

metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (APB) e no sociointeracionismo de Vygotsky para o aprendizado das ondas sonoras.

O objetivo inicial era que o autor aplicasse a estratégia com estudantes, porém as restrições impostas pela pandemia direcionaram a pesquisa para um produto audiovisual voltado para professores, e o produto educacional assumiu a forma de um vídeo tutorial para apresentar o uso pedagógico da cítara quebra-cabeças, os materiais didáticos e as ferramentas utilizadas no Ateliê do Som. Esse produto foi, então, validado por meio da exibição do vídeo para docentes de Matemática e Ciências da Natureza da Educação Básica e aplicação de um questionário online, cujas respostas subsidiaram os resultados desta dissertação.

3.1 CÍTARA QUEBRA-CABEÇA

A cítara é um instrumento musical muito antigo, mas, nesta pesquisa, sofreu adaptações em sua fabricação visando se alinhar à prática pedagógica da abordagem STEAM. Após vários testes, foi projetada como um quebra-cabeças. Mesmo sem a utilização de cola ou vedação, houve uma preocupação na qualidade sonora do instrumento. A montagem, a afinação e a execução de composições musicais podem ser realizadas por qualquer pessoa, devido às codificações das partes musicais no formato de gráfico de linhas e uso da tecnologia digital por meio de aplicativos.

A cítara quebra-cabeças faz jus ao nome devido aos encaixes de suas peças e manipulação das ferramentas, que requer um pensamento lógico-matemático em sua montagem. Sua fabricação primou pela qualidade sonora da acústica, mas sem utilização de cola, o que possibilita a montagem e desmontagem do instrumento apenas por meio dos encaixes de madeira e parafusos em sua vedação, e, principalmente, a sua reaplicação em diferentes salas de aulas e diferentes contextos após sua desmontagem.

O kit básico de ferramentas para a montagem da cítara é composto por martelo, chave de fenda, chave philips, alicate e trena. A sequência de imagens a seguir (Figuras 6 a 13) ilustram as etapas da linha de produção da cítara quebra-cabeça pelo autor.



Figura 6: Etapa 1 da fabricação da cítara quebra-cabeças
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 7: Etapa 2 da fabricação da cítara quebra-cabeças
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 8: Etapa 3 da fabricação da cítara quebra-cabeças
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 9: Etapa 4 da fabricação da cítara quebra-cabeças
Fonte: acervo da pesquisa

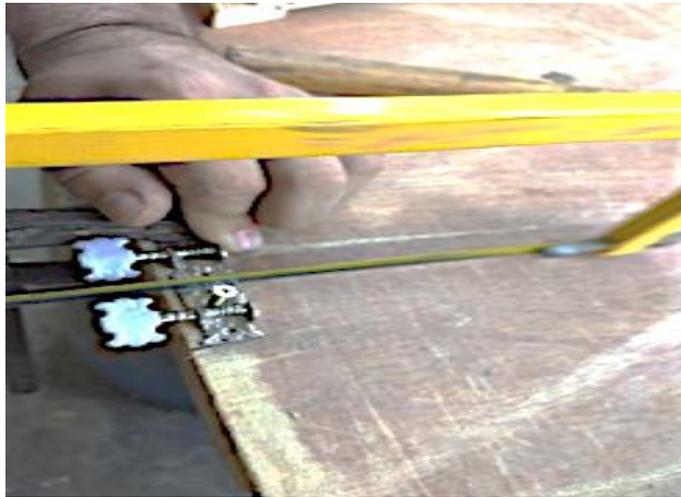


Figura 10: Etapa 5 da fabricação da cítara quebra-cabeças
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 11: Etapa 6 da fabricação da cítara quebra-cabeças
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 12: Etapa 7 da fabricação da cítara quebra-cabeças
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 13: Etapa 8 da fabricação da cítara quebra-cabeças.
Fonte: acervo da pesquisa

As Figuras 14 a 18 mostram as peças desmontadas da cítara quebra-cabeças, após sua confecção.



Figura 14: Peças de encaixe da cítara quebra-cabeças.
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 15: Peças da tarraxa de afinação
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 16: Jogo de tarraxas
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 17: Encaixe lateral
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 18: Encaixe superior
Fonte: acervo da pesquisa

O kit de ferramentas para o Ateliê do Som foi adquirido com recurso de bolsa de pesquisa do orientador, assim como as peças utilizadas na cítara (cordas e tarraxas). A ideia era a montagem de cinco (5) kits de ferramentas que seriam utilizados por cinco grupos de estudantes para o trabalho com cinco cítaras quebra-cabeças que chegaram a ser confeccionadas pelo autor. Infelizmente, com a pandemia, a aplicação com estudantes foi abortada, mas a ideia não, sendo o produto voltado para professores por meio de um vídeo postado no Youtube visando a uma grande disseminação.

As Figuras 19 e 20 ilustram as ferramentas que compõem o kit necessário para a montagem da cítara quebra-cabeças.



Figura 19: Kit de ferramentas 1
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 20: Kit de ferramentas 2
Fonte: acervo da pesquisa

Cada Ateliê do Som foi projetado para atender a, no máximo, quatro (4) estudantes, resultando em um grupo de 20 estudantes. Para essa demanda, foram confeccionadas cinco (5) cítaras quebra-cabeças, conforme ilustra a Figura 21.



Figura 21: Cítaras quebra-cabeças confeccionadas.
Fonte: acervo da pesquisa.

Cabe ressaltar que a ideia associada à utilização pedagógica das cítaras envolve o desafio aos estudantes na montagem desse instrumento musical sem a ajuda do manual de montagem (ainda que ele exista, voltado mais para o professor/mediador) apresentado a seguir, além de instalar as cordas e afinar.

Além de sugerir uma sequência de encaixe das peças, o Manual apresenta as ferramentas apropriadas nessa empreitada e informações técnicas relevantes do instrumento. Essa experiência de montagem oportuniza ao estudante as práticas de um luthier¹⁰ e conhecimentos básicos da engenharia de um instrumento de cordas.

3.3 ITINERÁRIO PEDAGÓGICO

O artefato do Ateliê do Som intitulado Itinerário Pedagógico¹¹ também é direcionado ao mediador, que conhecerá de forma didática a linha metodológica e epistemológica do ambiente de aprendizagem colaborativa baseada na literatura científica que embasou a concepção do produto educacional. Ele pode ser acessado em <https://www.dropbox.com/s/94ek5e5jv6gelt9/ItinerarioPedagogico.pdf?dl=0>.

Com um breve histórico, é apresentado o histórico do STEM ao STEAM, onde e quando surgiram, as motivações que desencadearam essa proposta pedagógica. Além do cenário mundial, apresenta indícios dessa proposta no Brasil e aspectos peculiares publicados em documentos norteadores da Educação Brasileira.

O Itinerário Pedagógico apresenta de maneira geral a proposta de trabalho dos conhecimentos científicos nas quatro (4) dinâmicas de aprendizagem com base em cada letra que compõe a sigla STEAM e que também se constituem como artefatos do Ateliê do Som, apresentadas na subseção seguinte.

¹⁰ Profissional especializado na construção e no reparo de instrumentos de cordas.

¹¹ O Itinerário Pedagógico será disponibilizado no repositório EduCapes, que se encontrava indisponível até a entrega da versão da dissertação.



Figura 23: Itinerário pedagógico
 Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 DINÂMICAS DE APRENDIZAGEM

O uso pedagógico da cítara quebra-cabeças será realizado por meio das dinâmicas de aprendizagem com embasamento na abordagem STEAM, que utiliza a metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) sob a ótica do sociointeracionismo de Vygotsky. Elas foram idealizadas para serem utilizadas com

estudantes que cursam a 1ª série do Ensino Médio e/ou o 9º ano do Ensino Fundamental. O modelo de planejamento das dinâmicas foi estruturado com base na concepção da ABP que contempla elementos que nortearão as ações e o aprendizado do estudante. Reflexões desses elementos levam as estratégias dos objetivos de aprendizagem que se pretende alcançar.

A questão norteadora é um elemento importante nessa prática, nas dinâmicas ela se apresenta como forma de desafios com base nos problemas reais no manuseio do instrumento musical e investigações dos conhecimentos científicos das ondas sonoras.

A pesquisa é outro elemento que servirá para aprofundar os conceitos e realizar as tarefas propostas. O tema ondas sonoras será o problema real que fomentará a pesquisa, pois a investigação do som da cítara quebra-cabeças será discutida nas equipes. Bacich e Holanda, (2020, p. 81) diz que

Uma vez que se estabelece o tema de trabalho, com base em uma âncora ou um problema real, a pesquisa pode ser o momento de reunir informações que venham a contribuir com o que será concebido pelos estudantes. Diferentemente de uma pesquisa que se transforma em um simples relatório, é preciso que os estudantes processem e compartilhem o que foi encontrado.

O levantamento das ideias (*brainstorming*) promoverá discussões para chegar à resolução dos desafios propostos. Bender (2014) usa a expressão “pensar fora da caixa”, e relata que ideias originais ou não convencionais, portanto será preciso estratégias para alcançar a solução dos desafios propostos.

A colaboração é mais um elemento que estimula a interação social que propicia a troca de experiências e diferentes maneiras de enxergar o problema. É importante destacar que segundo Vygotsky (2007) essa interação ocorre dentro da zona de desenvolvimento proximal nas discussões e troca de conhecimentos produzindo aprendizagens.

Nas dinâmicas, as equipes deverão, de forma colaborativa, chegar à solução dos desafios com a mediação do professor ou colega mais experiente da equipe. O estudante que necessitar de ajuda para aplicar os conceitos (nível de desenvolvimento potencial) com a troca de experiências poderá alcançar o nível real (nível de conhecimento apreendido). Assim, conseguirá a compreensão dos conceitos para contribuir na solução dos desafios em equipe. O lema será quem for ajudado poderá ajudar.

Ao realizar o percurso e chegar à última dinâmica, cada equipe será desafiada a produzir um protótipo final. Uma faixa musical com o som da cítara quebra-cabeças e outros materiais que serão disponibilizados nesse encontro. Essa faixa será gravada como o auxílio de um *software* disponibilizado no Ateliê do Som.

Nos encontros do Ateliê do Som, as diferentes áreas do conhecimento que compõe a sigla STEAM ocorrerão durante a montagem e depois na manipulação do instrumento musical. No processo de montagem os estudantes usarão os princípios da engenharia no manuseio das ferramentas, planejamento, execução das tarefas práticas, exercendo o trabalho cooperativo em equipe em busca da melhor forma de executar as tarefas e administrar o tempo em cada passo da dinâmica para alcançar a solução do desafio proposto. Na afinação do instrumento musical, a tecnologia será uma grande aliada para tencionar as cordas e conseguir as sonoridades musicais. Os aplicativos de *smartphones* utilizados por músicos na afinação do instrumento musical de corda auxiliarão na afinação da cítara quebra-cabeças.

O uso da Ciência nos estudos das ondas sonoras releva a relação entre a Música e a Ciência. Cada nota musical quando tocada gera uma frequência em hertz. Por exemplo, o Lá padrão tem frequência de 440 Hz, ao tocar a corda do instrumento musical o aplicativo mostra a frequência equivalente à nota musical e outros parâmetro científicos. A Arte nessa pesquisa é expressa pela Música ao tocar um instrumento de corda, na apreciação musical, na aprendizagem de conceitos musicais básicos e no estímulo à criatividade. A Matemática está presente na formação das escalas musicais com as frações, nas representações gráficas das ondas sonoras e no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático.

As conexões desses conhecimentos científicos citados acima estão presentes nas quatro dinâmicas de aprendizagem. Como ilustração mais detalhada, as Figuras 24 a 35 mostram cada página da Dinâmica 1, artefato do Ateliê do Som intitulado “O encanto da música na engenharia musical”, e todas as dinâmicas podem ser acessadas em:

- Dinâmica 1 – <https://www.dropbox.com/s/nbaemau02jevqct/Dinamica1.pdf?dl=0>
- Dinâmica 2 – <https://www.dropbox.com/s/0rf15ftpzoqbw68/Dinamica2.pdf?dl=0>
- Dinâmica 3 – <https://www.dropbox.com/s/vwgfe3q3pnfmdtu/Dinamica3.pdf?dl=0>
- Dinâmica 4 – <https://www.dropbox.com/s/2ge626nob3xpq78/Dinamica4.pdf?dl=0>



Figura 24: Dinâmica 1 – Capa.
Fonte: acervo da pesquisa



Figura 25: Dinâmica 1 - Contracapa.
Fonte: acervo da pesquisa.

Caros estudantes!

**SEJAM BEM-VINDOS AO
ATELIÊ DO SOM, UM
AMBIENTE DE
APRENDIZAGEM
COLABORATIVA.
EM NOSSO PERCURSO
ESTUDAREMOS AS ONDAS
SONORAS E
CONHEÇIMENTOS
CIENTÍFICOS POR TRÁS DE
UM INSTRUMENTO MUSICA
DE CORDAS. NESSA
PRIMEIRA DINÂMICA DE
APRENDIZAGEM, VEREMOS O
ENCANTO DA MÚSICA NA
ENGENHARIA MUSICAL.**

VAMOS QUE VAMOS!



Figura 26: Dinâmica 1 - Mensagem ao estudante.
Fonte: acervo da pesquisa.



Figura 27: Dinâmica 1 - Escolha dos times
Fonte: acervo da pesquisa.



Você sabia que a Música é a arte de expressar os nossos sentimentos por meio dos sons? E se divide em melodia, harmonia e ritmo.

A Melodia é uma sucessão de sons coerentes e pausas que possui identidade própria.




A Harmonia é a combinação de sons simultâneos emitidos ao mesmo tempo, como por exemplo, o acorde (grupo de notas que preenche e embeleza a melodia).




O Ritmo é a combinação dos valores pequenos e grandes, nos mostrando a velocidade da melodia.



Figura 28: Dinâmica 1 - Inserção da Arte com a música
Fonte: acervo da pesquisa.



Propriedades do som



Intensidade: empregado na execução da música, indica se o som é forte ou fraco e está ligado ao volume.

Altura: Indica se o som é grave ou agudo.

Duração: tempo que se prolonga o som.

Tímbre: diferencia os sons de mesma frequência.

Os sons musicais conforme as suas frequências recebem os seguintes nomes:

DÓ-RÉ-MI-FÁ-SOL-LÁ-SI, que recebe o nome de escala natural ou diatônica.




Figura 29: Dinâmica 1 - As propriedades do som
Fonte: acervo da pesquisa.

Vamos fazer música?

JUNTE SEU TIME PARA MERGULHAR NO MUNDO MÁGICO DA MÚSICA.

Desafio 1

20 min



De forma colaborativa utilize a criatividade com o copo que ganhou e as ferramentas da bancada para fazer uma sequência sincronizada de sons. A sequência deve durar no mínimo 1 minuto e no máximo 2 minutos.

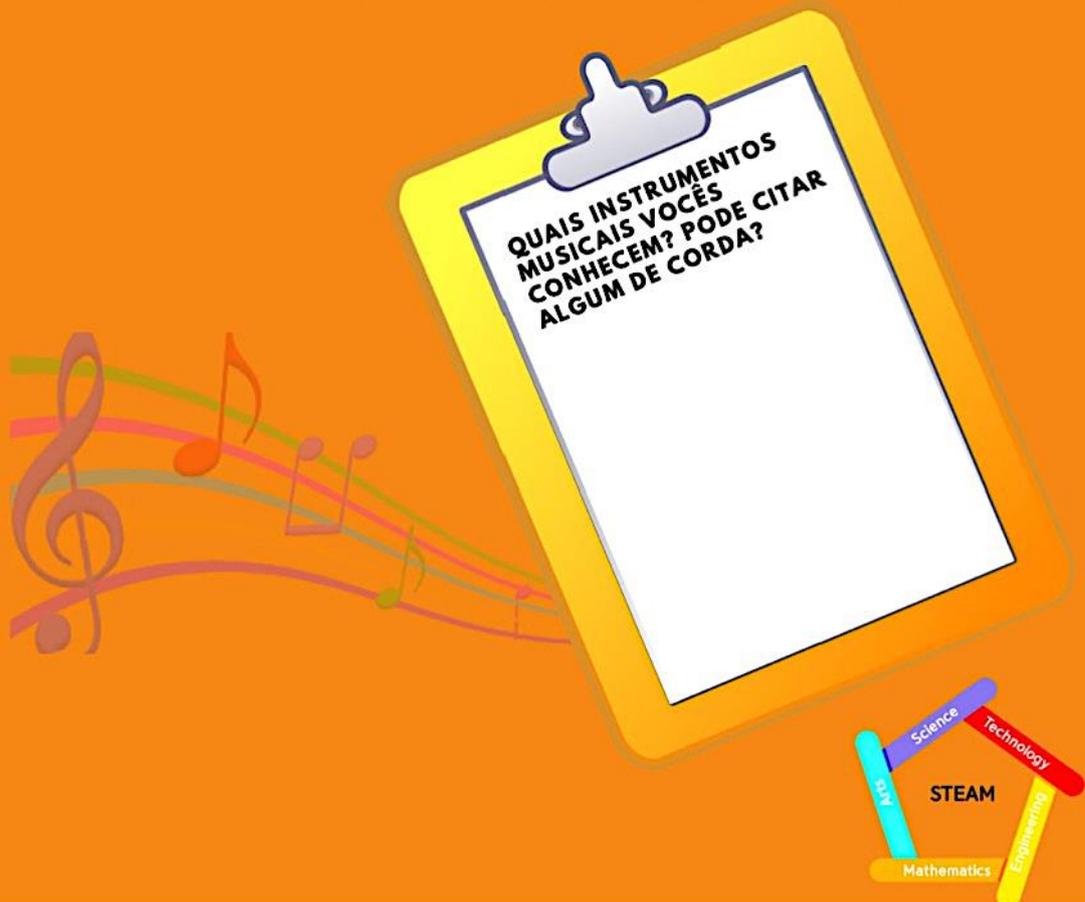


Figura 30: Dinâmica 1 - Desafio 1 - Noções rítmicas
Fonte: acervo da pesquisa.

Você conhece o instrumento musical cítara?

"A Cítara é um instrumento musical de cordas relacionado com a lira, muito tocado pelos antigos gregos e intimamente associada ao deus Apolo. Embora na mitologia sua invenção é atribuída a Hermes que fabricou o instrumento a partir de um casco de tartaruga. Era necessário muita habilidade para tocar esse instrumento, pois era usado para acompanhar músicas festivas e concursos musicais populares, como o Delia, festival de música realizado no período Arcaico. Tocar a Cítara também era considerada parte importante na educação de meninos gregos."



Figura 31: Dinâmica 1 - Apresentação da cítara quebra-cabeças
Fonte: acervo da pesquisa.

Já pensou em fabricar um instrumento musical ou participar da linha de montagem?




Junte seu time e identifique nas imagens abaixo as ferramentas da bancada e faça o registro do nome de cada uma delas nas etiquetas.







Que profissionais utilizam essas ferramentas?



Figura 32: Dinâmica 1 - Apresentação das ferramentas
Fonte: acervo da pesquisa.

Desafio 2

50 min








A cítara quebra-cabeças faz jus ao nome devido aos encaixes de suas peças e manipulação das ferramentas, que requer um pensamento lógico-matemático em sua montagem. Sua fabricação primou pela qualidade sonora da acústica, mas sem utilização de cola, o que possibilita a montagem e desmontagem do instrumento apenas por meio dos encaixes de madeira e parafusos em sua vedação.

Convido vocês para participar da linha de montagem desse instrumento musical!

Mãos a obra!

Instruções

- Abra o kit de montagem do instrumento musical e conte as peças.
- Separe os itens iguais em grupos.
- Realize um brainstorming (levantamentos de ideias) para discutir a melhor estratégia para montagem do instrumento musical.
- Vocês terão 50 minutos para realizar esse desafio!

Boa estratégia!




Figura 33: Dinâmica 1 - Desafio 2 – Montagem da cítara
Fonte: acervo da pesquisa.

Momento de reflexão

Relate abaixo o que aprenderam no ateliê hoje:

Para o nosso próximo encontro realize uma pesquisa no Google Acadêmico sobre afinação dos instrumentos musicais de corda e recursos tecnológicos para esse fim.

STEAM

Arts Science Technology Mathematics Engineering

Figura 34: Dinâmica 1 - Momento de reflexão e pesquisa
Fonte: acervo da pesquisa.

Referências bibliográficas

COLUNISTA, Portal da educação. O que é a Música? Portal educação. Disponível em <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/educacao/o-que-e-musica/63974> , Acesso em 24 de out, 2019.

PAULO, D.T.R. Todos instrumentos musicais. Conheça o instrumento cítara. Disponível em <http://www.todosinstrumentosmusicais.com.br/conheca-o-instrumento-citara.html>. Acesso em 28 de out , 2019.



Figura 35: Dinâmica 1 - Referências bibliográficas
Fonte: acervo da pesquisa.

Na Dinâmica 2, artefato do Ateliê do Som intitulado “A Ciência por trás da afinação de um instrumento musical de cordas”, os estudantes são oportunizados conhecer um pouco mais dos conceitos básicos da música, instalar as cordas e por meio da Ciência e tecnologia, afinar a cítara e tocar algumas canções.

A Dinâmica 3, artefato do Ateliê do Som intitulado “A arte da Matemática na sonoridade dos cordofones”, propõe uma viagem pela História da Matemática na Grécia antiga. Nessa dinâmica os estudantes compreendem a contribuição de Pitágoras na conexão da Música com a Matemática, o emprego das frações na construção da escala musical, a formação do ciclo de quintas e simulam o experimento do monocórdio de Pitágoras em uma das cordas da cítara.

Na Dinâmica 4, artefato do Ateliê do Som intitulado “Mergulhando nas ondas sonoras”, os estudantes investigam as ondas sonoras produzidas pela cítara, analisam gráficos com o auxílio da tecnologia, e são estimulados a escolher uma sequência de notas para produzir uma faixa musical com o software Audacity de pelo menos 1 minuto.

Cada dinâmica foi confeccionada no aplicativo Canva em uma conta gratuita, na plataforma disponível em <https://www.canva.com>. Planejada para um grupo estudantes, divididos em equipes, as etapas de aplicação do material devem ser mediadas por um professor responsável em função do uso de ferramentas, e os desafios propostos obedecerão aos critérios de tempo conforme o nível de dificuldade.

4 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional, resultante dos sete (7) artefatos apresentados anteriormente, assumiu a forma do vídeo Ateliê do Som, com duração de quinze minutos e vinte e sete segundos (15:27)¹² endereçado a docentes das áreas de Matemática e de Ciências da Natureza, disponibilizado na plataforma do Youtube em <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

O vídeo foi produzido pelo autor desta dissertação na cidade de Petrópolis, região serrana do RJ, com a participação dos colaboradores Jhonatan de Oliveira e Renan Talles na filmagem e edição. Seu conteúdo apresenta a proposta pedagógica do artefato Cítara Quebra-Cabeças por meio dos artefatos Itinerário Pedagógico e Manual de Montagem direcionados ao professor mediador do Ateliê do Som e sugestões de quatro dinâmicas de aprendizagem.

A seguir serão apresentadas as etapas da produção do vídeo por meio das Figuras 36 a 51.



Figura 36: Vídeo – Abertura.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

¹² As próximas menções ao tempo do vídeo serão feitas apenas numericamente, de acordo com a minutagem.

Gravado no hotel Quitandinha por meio de planos médios e gerais (enquadram a maior parte do ambiente) mais longos (poucos cortes e edição), a Figura 35 ilustra a cena de abertura do vídeo que apresenta o Ateliê do Som e o uso pedagógico das cítaras quebra-cabeças. Após a abertura, o autor desta dissertação e ator do vídeo surge com uma maleta que contém a Cítara Quebra-Cabeças, e se apresenta como educador STEAM e estudante do mestrado profissional do PROPEC. Ressalta-se que o óculos utilizado não era de sol, mas sim de grau com lente sensível à luz solar e que resultou em seu escurecimento. Em seguida, coloca algumas questões para reflexão do docente espectador do vídeo, e apresenta o que é o Ateliê do Som e os artefatos que o compõe.



Figura 37: Vídeo – Itinerário Pedagógico.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRfbvA4>.

Aos 03:17, é apresentado o artefato Itinerário Pedagógico (Figura 37), material que contém todo aporte metodológico e epistemológico com base na abordagem STEAM, na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e no sociointeracionismo de Vygotsky. Nesse momento, o autor se encontra em plano geral sentado atrás de uma mesa, na qual se encontram a cítara e a maleta, plano idêntico ao da apresentação das Dinâmicas de Aprendizagem (Figura 38), quando, aos 04:09, apresenta a estratégia didática das dinâmicas para o uso da cítara quebra-cabeças com base nos aportes teóricos da pesquisa.



Figura 38: Vídeo – Metodologia das Dinâmicas de aprendizagem
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRfBpvA4>.

A Dinâmica 1, apresentada em 04:40 (Figura 39), propõe uma introdução de conceitos básicos musicais, o estudo de frequências e a experiência de um Luther na montagem do instrumento musical.



Figura 39: Vídeo – Dinâmica 1.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRfBpvA4>.

Aos 05:50, é apresentada a Dinâmica 2 (Figura 40). Nessa etapa, há continuidade do estudo básico de música, afinação da cítara com o uso da Ciência e Tecnologia e a execução da 9ª sinfonia de Beethoven. A Figura 41 ilustra, aos 06:22 vinte e dois segundos, a Dinâmica 3, que mostra a conexão da música com a Matemática por meio de elementos da História da Matemática no período da Grécia Antiga e a lógica da estrutura da escala musical no estudo de frações.



Figura 40: Vídeo – Dinâmica 2.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.



Figura 41: Vídeo – Dinâmica 3.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

A Dinâmica 4 é apresentada aos 07:15 (Figura 42), propondo o estudo das ondas sonoras com a manipulação da cítara, em que é demonstrada a propagação do som com o auxílio da tecnologia e a possibilidade da produção de uma mídia digital de autoria dos estudantes. O Manual de Montagem é apresentado aos 08:22 (Figura 43), mostrando as ferramentas utilizadas na montagem da cítara, as peças do instrumento, informações técnicas e sugestão de sequência de montagem.



Figura 42: Vídeo – Dinâmica 4.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.



Figura 43- Manual de montagem
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

Aos 09:01 são apresentadas todas as peças e ferramentas utilizadas para montar o instrumento musical (Figura 44), para, em seguida, aos 09:45, sugerir uma sequência na montagem da cítara quebra-cabeças (Figura 45) com o uso das ferramentas e peças que compõe o kit de montagem.



Figura 44: Vídeo – Ferramentas e peças na linha de montagem.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.



Figura 45- Montagem da cítara quebra-cabeças
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

A Figura 46 ilustra a cena de início de uma possível sequência, encaixando e parafusando os suportes frisados direito e esquerdo no encaixe 1 para, em seguida,

serem encaixadas e parafusadas as tampas superior e inferior nos suportes no encaixe 2 (Figura 47) aos 11:02.



Figura 46: Vídeo – Suportes frisados direito e esquerdo no encaixe 1.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.



Figura 47: Vídeo – Tampa superior, inferior e suporte do encaixe 2.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

Na Figura 48, temos, aos 12:13, as tarraxas parafusadas nos suportes frisados, quando é preciso certa paciência para encontrar a furação correta.

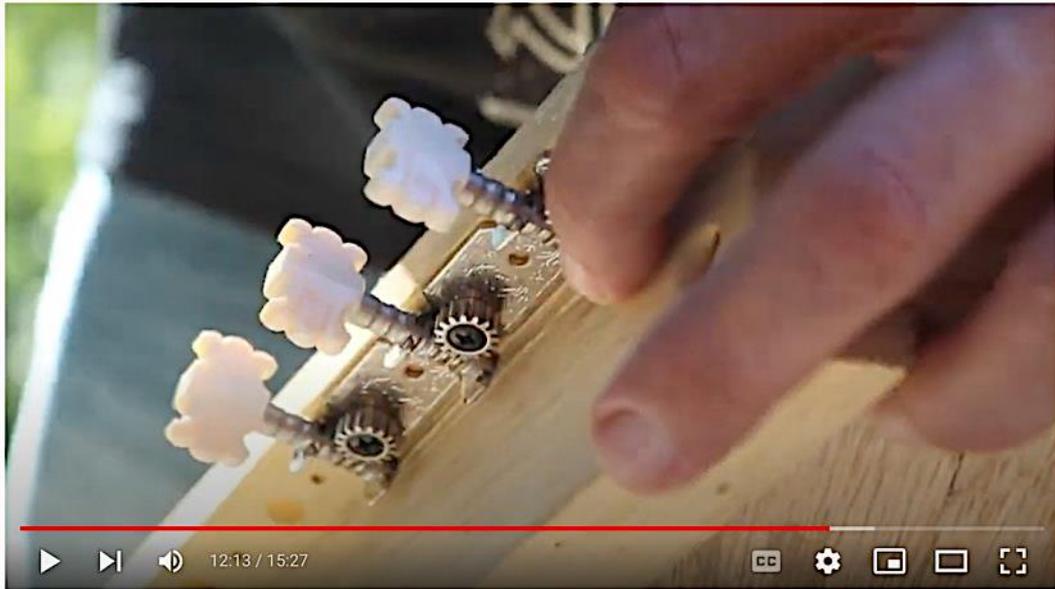


Figura 48: Vídeo – Instalação das tarraxas.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

A Figura 49 mostra a instalação das cordas de aço, a partir dos 12:50, passando pelas tarraxas e posicionadas sobre dois bastões de cola quente.



Figura 49: Vídeo – Instalação das cordas.
Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

Com o auxílio do aplicativo Da Tuner o instrumento musical foi afinado e foi executada a 9ª sinfonia de Beethoven (Figura 50) a partir dos 13:20, demonstrando a qualidade sonora do instrumento musical montado. É possível observar a

codificação musical utilizando gráfico em linhas, o que possibilita qualquer pessoa tocar a cítara quebra-cabeças, mesmo sem conhecimento musical prévio.



Figura 50: Vídeo – Execução da 9ª sinfonia de Beethoven.
 Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

Os créditos do vídeo são apresentados aos 14:45 (Figura 51), contendo o nome do mestrando e do orientador, bem como os nomes dos colaboradores responsáveis pela filmagem e edição.

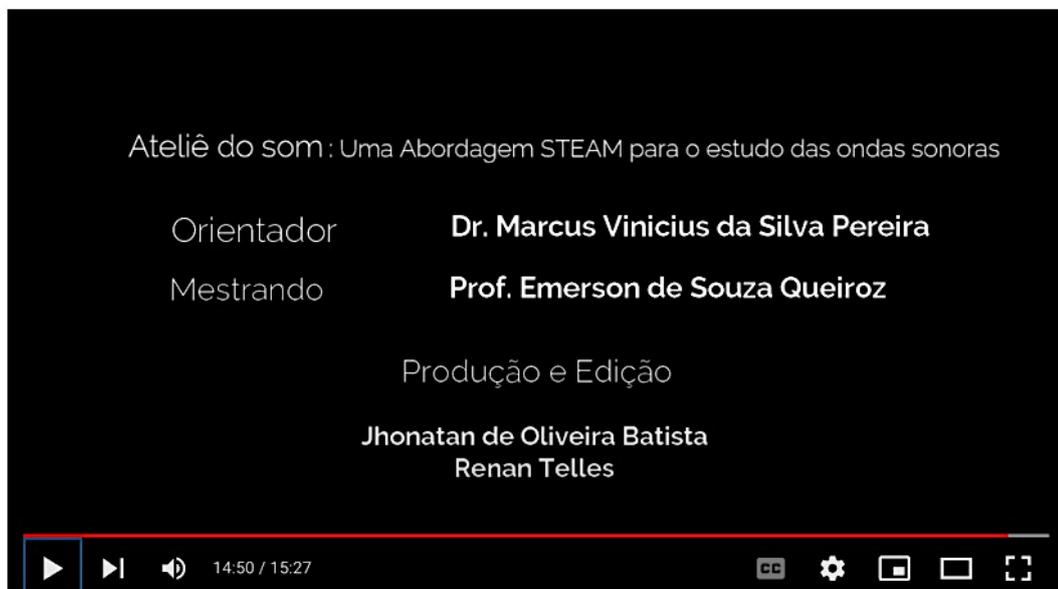


Figura 51: Vídeo – Créditos.
 Fonte: <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

5 RESULTADOS

O vídeo foi idealizado, a princípio, para ser aplicado de forma presencial. Porém, o distanciamento físico decorrente da pandemia da Covid-19 mostrou que as tecnologias podem ser aliadas em certos momentos, e a aplicação com professores foi oportunizada de forma remota para que abarcássemos um maior número de pessoas do que em uma tentativa de reunir um grupo em um mesmo espaço e em um mesmo horário, ou ainda o autor tivesse que fazer diversas aplicações individuais.

Assim, planejou-se a aplicação do Ateliê do Som no primeiro semestre de 2022, com prazo limite de 30 de junho, por meio do envio de um formulário Google para docentes das áreas de Matemática e Ciências. O formulário apresentado na Figura 52 continha nove (9) perguntas, um espaço para sugestões, críticas, comentários, além de o vídeo contido como exibição no próprio formulário, o que não impediu que o vídeo fosse acessado no Youtube e comentários fossem registrados nessa plataforma, como mostraremos ao final desta seção. As perguntas visavam atender ao nosso último objetivo específico e assim apresentar a estratégia pedagógica utilizada no Ateliê do Som e verificar impressão docente na maneira de ensinar ondas sonoras utilizando a abordagem STEAM.

A escolha dos professores foi realizada de forma aleatória, e o link do formulário foi disparado em grupos do aplicativo de mensagens *WhatsApp* de diferentes escolas públicas da rede pública municipal e estadual de ensino, com a uma mensagem convite para docentes das áreas de Matemática e Ciências na Natureza, resultando em 23 respondentes.

Optamos por apresentar, como figuras, tanto o questionário, como o relatório das respostas dadas a cada pergunta a fim de mostrar a fidedignidade da extração do formulário Google e de como ele apresenta esses resultados.

ATELIÊ DO SOM: uma abordagem STEAM para o estudo das ondas sonoras

Você está sendo convidado a colaborar com uma pesquisa de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ).

Caso aceite, você deverá responder as perguntas deste formulário após assistir ao vídeo de caráter pedagógico de uso dos materiais que compõem o "Ateliê do som: uma abordagem para o estudo das ondas sonoras", disponível em <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>

Sua participação é importante!

Prazo: 30/06/2022.

Agradecemos sua colaboração.



@gmail.com (not shared) [Switch account](#)



* Required

ATELIÊ DO SOM: uma abordagem STEAM para o estudo das ondas sonoras



Que disciplina(s) você leciona? *

- Ciências
- Biologia
- Física
- Matemática
- Química

Qual sua atuação na Educação Básica? *

- Ensino Fundamental - anos iniciais
- Ensino Fundamental - anos finais
- Ensino Médio

Você considera que a estratégia apresentada no vídeo pode facilitar o estudo das ondas sonoras? *

- Sim
- Não

A integração entre música, ciências e matemática por meio de uma aplicação prática no estudo das ondas sonoras pode ser um diferencial no processo de ensino e aprendizagem? *

- Sim
- Não

Você considera que a integração entre música, ciências e matemática pode atender ao perfil da(o) estudante do século XXI? *

- Sim
- Não

A estratégia apresentada no vídeo, ao propor a integração entre música, ciências e matemática, pode ser considerada uma proposta interdisciplinar ou transdisciplinar? *

- Sim
- Não

Você considera viável a utilização da estratégia pedagógica apresentada no vídeo? *

Sim

Não

A estratégia apresentada no vídeo pode ser considerada uma abordagem que integra Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática? *

Sim

Não

Você conhece a educação com abordagem STEAM (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática)? *

Sim

Não

Se necessário, use este espaço para registrar comentários, críticas e/ou sugestões.

Your answer

Agradecemos sua participação!

Your answer

Submit Clear form

Never submit passwords through Google Forms.

This content is neither created nor endorsed by Google. [Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Privacy Policy](#)

Google Forms

Figura 52: Questionário enviado aos docentes.
Fonte: acervo da pesquisa.

Participaram 23 professores, e a Figura 53 mostra a distribuição deles nas áreas dos conhecimentos em que atuam, e a Figura 54 o segmento da Educação Básica, em valores absolutos e percentuais, motivo pelo qual o total de respostas é maior do que 23, já que houve docentes que indicaram mais de um componente curricular ou mais de um segmento de atuação.

Que disciplina(s) você leciona?

23 responses

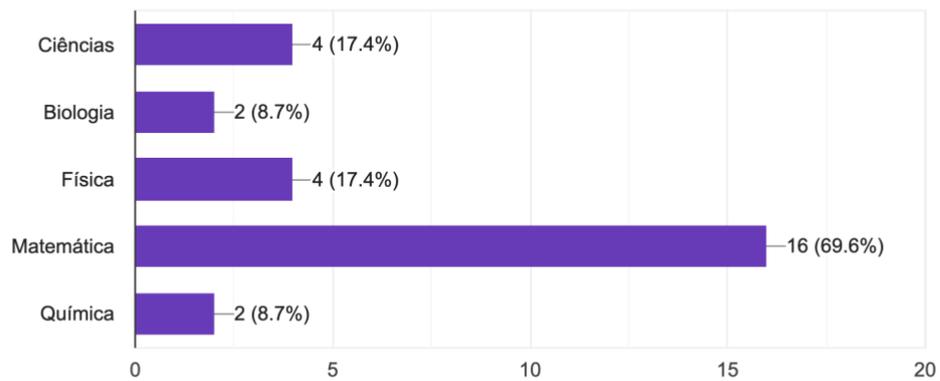


Figura 53: Respostas da pergunta 1 do questionário.

Fonte: acervo da pesquisa

Qual sua atuação na Educação Básica?

23 responses

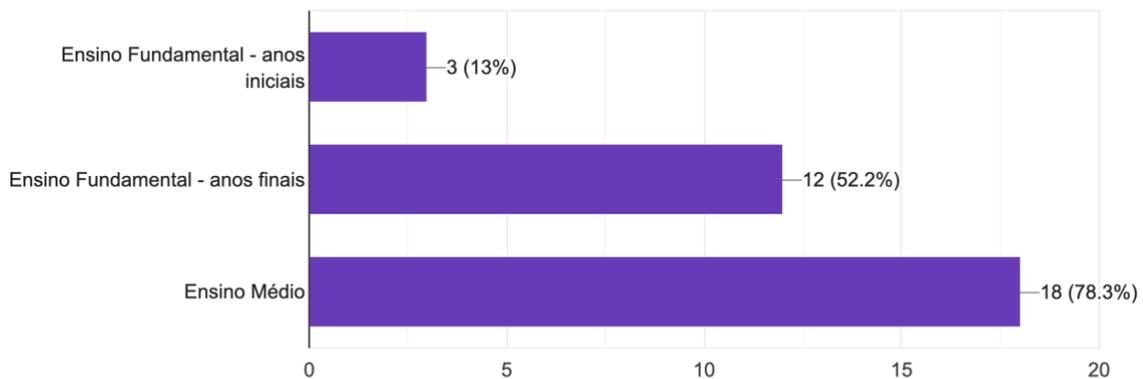


Figura 54: Respostas da pergunta 2 do questionário.

Fonte: acervo da pesquisa.

A Figura 55 mostra o gráfico em que 100% dos docentes consultados acreditam que a estratégia apresentada no vídeo tutorial pode facilitar os estudos das ondas sonoras.

Você considera que a estratégia apresentada no vídeo pode facilitar o estudo das ondas sonoras?

23 responses

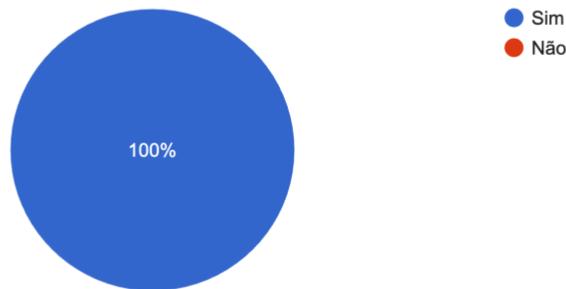


Figura 55: Respostas da pergunta 3 do questionário.
Fonte: acervo da pesquisa.

Brady (2014) afirma que os conhecimentos associados à Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática são certamente importantes, mas a interação entre as crianças são fundamentais no processo de aprendizagem. Corroborando, Bacich e Holanda (2020) relatam que a proposta STEAM promove integração entre as diferentes áreas do conhecimento para desenvolver competências que podem ser trabalhadas com diferentes componentes curriculares. Da mesma forma, Coelho e Machado (2015) relataram associações nas áreas de Ciência e música por meio de um modelo Matemático que permitiu confrontos entre teoria e prática, que despertou a curiosidade dos estudantes ao tocar um instrumento musical, facilitando a aprendizagem dos conhecimentos científicos. Esses achados estão em acordo com as respostas dos docentes à pergunta 4, como ilustra a Figura 56.

A integração entre música, ciências e matemática por meio de uma aplicação prática no estudo das ondas sonoras pode ser um diferencial no processo de ensino e aprendizagem?

23 responses

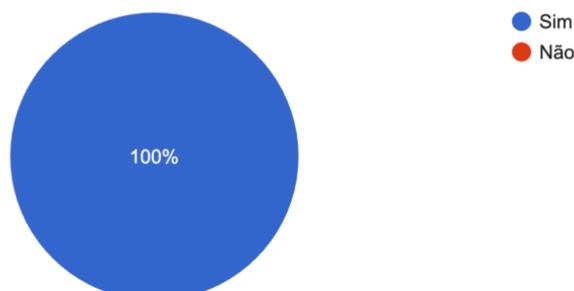


Figura 56 - Respostas da pergunta 4 do questionário.
Fonte: acervo da pesquisa.

Essa integração é citada também por Moura e Bernardes Neto (2011), ao observarem que a conexão entre a Física e a Música pode ser eficaz no processo de aprendizagem quando trabalhadas na prática, e que o funcionamento e construção de instrumentos musicais estimulam a pesquisa, a imaginação, o planejamento, a organização, a criatividade, sendo, por isso, um ótimo meio para desenvolver a capacidade de elaborar e executar projetos.

As Figuras 57 e 58 ilustram as respostas dos docentes quanto à integração entre as áreas do conhecimento, em que todos os docentes concordaram que as práticas de ensino interdisciplinar ou transdisciplinar podem atender ao perfil do estudante do século XXI e que a integração da Música, Matemática e Ciências pode ser um caminho de mudança no processo de ensino e aprendizagem.

Você considera que a integração entre música, ciências e matemática pode atender ao perfil da(o) estudante do século XXI?
23 responses

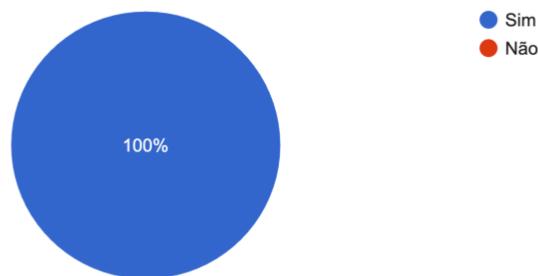


Figura 57: Respostas da pergunta 5 do questionário.
Fonte: acervo da pesquisa.

A estratégia apresentada no vídeo, ao propor a integração entre música, ciências e matemática, pode ser considerada uma proposta interdisciplinar ou transdisciplinar?
23 responses

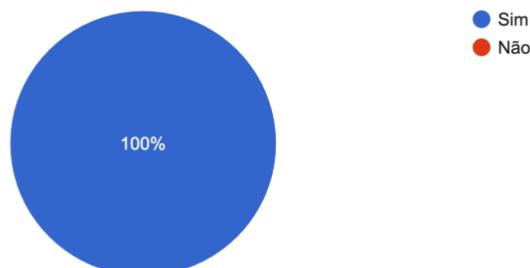


Figura 58: Respostas da pergunta 6 do questionário.
Fonte: acervo da pesquisa.

Essas respostas encontram eco, sobre a transdisciplinaridade, em Moran, Freitas e Nicolescu (1994, p.2), ao afirmarem que

a visão transdisciplinar está resolutamente aberta na medida em que ela ultrapassa o domínio das ciências exatas por seu diálogo e sua reconciliação não somente com as ciências humanas mas também com a arte, a literatura, a poesia e a experiência espiritual.

A viabilidade da utilização da estratégia também foi considerada por todos os professores respondentes (Figura 59), bem como o fato de ela ser uma abordagem que integra Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (Figura 60), ou seja, as áreas do conhecimento sugeridas no acrônimo STEAM.

Você considera viável a utilização da estratégia pedagógica apresentada no vídeo?

23 responses

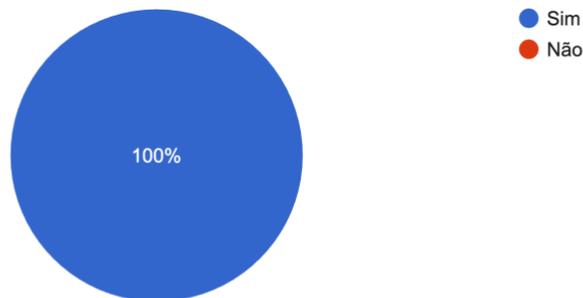


Figura 59: Respostas da pergunta 7 do questionário.
Fonte: acervo da pesquisa.

A estratégia apresentada no vídeo pode ser considerada uma abordagem que integra Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática?

23 responses

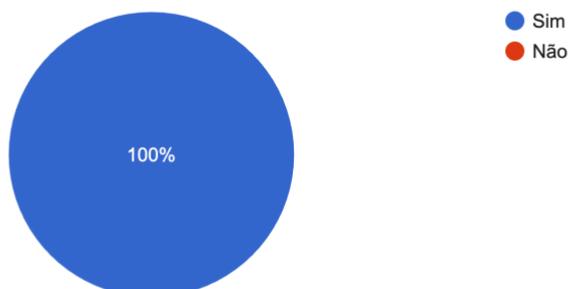


Figura 60: Respostas da pergunta 8 do questionário.
Fonte: acervo da pesquisa.

As respostas dadas às perguntas anteriores poderiam nos levar ao questionamento da confiança, uma vez que só encontramos resultados positivos e em 100%, porém honestidade ficou evidente quando os professores responderam à pergunta 9 do questionário. A Figura 61 mostra que 39% não conheciam a educação com abordagem STEAM, aspecto relevante para o aprofundamento de pesquisas dessa natureza, ainda que o universo seja pequeno, pois confronta com o fato de que 100%, nas perguntas 5 e 6, consideraram que estratégias de ensino como a desta pesquisa podem atender ao perfil do estudante contemporâneo e integram diferentes áreas do conhecimento.

Você conhece a educação com abordagem STEAM (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática)?

23 responses

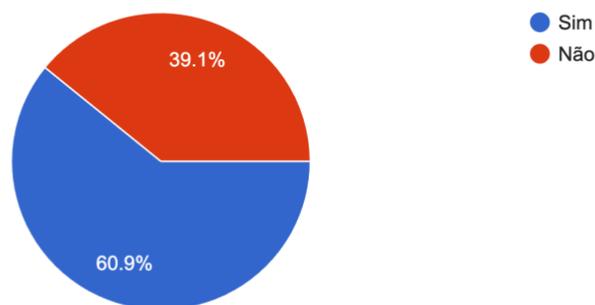


Figura 61: Respostas da pergunta 9 do questionário.
Fonte: acervo da pesquisa.

Mais interessante e como resultado principal da aplicação do vídeo foram as respostas abertas dadas ao espaço destinado a comentários, críticas e sugestões após as nove perguntas. Dos 23 respondentes, 13 (57%) se manifestaram, e optamos registrar na íntegra suas falas a seguir:

Muito interessante o projeto e dinâmico, pois permite a interação entre si dos conteúdos em prol do aprendizado do discente. Penso que esse projeto vai para além das matérias mencionadas, pois trabalha a atenção, coordenação motora, socialização entre outros aspectos. Parabéns pelo projeto! (Professor 1)

A proposta de trabalho é, simplesmente, espetacular! Tanto do ponto de vista do docente quanto do discente, acredito eu. Todas as conexões, todo o conhecimento empregado faz do Ateliê do Som um projeto incrível. Parabéns, meu amigo!! Deus te abençoe cada vez mais! Sucesso! Pra mim foi um prazer e uma honra participar. (Professor 2)

Ateliê do som é bem motivante para o educando da atualidade. O jovem ter o produto final feito por suas mãos. (Professor 3)

Poderia detalhar no vídeo de maneira mais visual as etapas. (Professor 4)

Parabenizo ao amigo Emerson Queiroz pela constante busca pelo saber. (Professor 5)

Excelente proposta apresentada pelo professor Emerson Queiroz. O trabalho desenvolvido irá auxiliar a abordagens de diversos conteúdos em sala de aula. (Professor 6)

Preciso ler sobre a educação STEAM. (professor 7)

Muito bom! (Professor 8)

Excelente trabalho, tem potencial para despertar o interesse científico em qualquer aluno! Foi um prazer participar. (Professor 9)

Grande Mestre! Parabéns por mais um excelente trabalho desenvolvido. Seus projetos enriquecem a nobre missão de ministrar os conteúdos de ciências exatas, além de proporcionarem uma experiência inovadora para docentes e discentes. (Professor 10)

Interessante a criatividade! (Professor 11)

Ótimo desenvolvimento na área. (Professor 12)

Professor Emerson parabéns pelo seu trabalho. Com certeza os alunos vão amar aprender ondas sonoras com o Ateliê do som. Tudo perfeito. Parabéns!!! Muito sucesso pra você professor Emerson. (Professor 13)

Assim, podemos afirmar que o vídeo atendeu às expectativas de apresentação do Ateliê do Som como uma estratégia pedagógica em potencial segundo a maioria dos docentes que participaram da pesquisa, endossada por trabalhos científicos com estratégias de ensino semelhantes citados nesta dissertação, o que também ficou evidente em comentários registrados na plataforma do Youtube, como mostra a Figura 62.

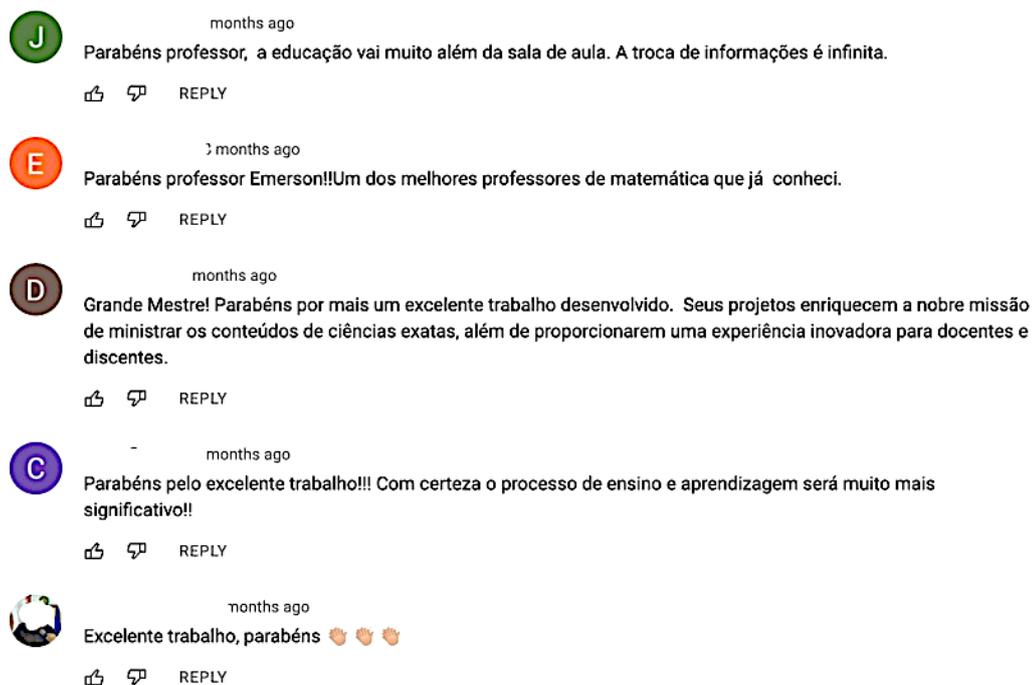


Figura 62: Comentários de usuários do Youtube.
Fonte: acervo da pesquisa.

Espera-se, assim que possível, que o Ateliê do Som assuma a forma presencial e explore a totalidade de suas potencialidades didáticas no processo de ensino e aprendizagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação de mestrado, propusemos uma estratégia baseada na Educação STEAM para o estudo das ondas sonoras na montagem do instrumento musical Cítara Quebra-Cabeças, um dos artefatos que deram origem ao produto educacional. Assim, a pesquisa gradualmente tomou forma com a confecção de cinco (5) Cítaras e a produção das Dinâmicas de Aprendizagem com o aprofundamento na literatura científica, visando à aplicação da estratégia com estudantes, que não foi possível em função do período da pandemia de Covid-19, resultando na reorganização da pesquisa e direcionamento aos professores, que podem ainda se tornar multiplicadores do Ateliê do Som.

Por meio dos artefatos Dinâmicas de Aprendizagem, ao manipular e analisar os sons produzidos pelo instrumento é possível ocorrer investigações relacionadas, por exemplo, à Matemática da escala musical e à Ciência das ondas sonoras geradas pelas frequências das notas musicais da Cítara Quebra-Cabeças. Essas Dinâmicas foram elaboradas tomando como bases teóricas a educação com abordagem STEAM, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e o sociointeracionismo de Vygotsky, manifestadas por meio dos desafios e do trabalho em grupo propostos. Tudo isso com o auxílio dos artefatos Manual de Montagem e Itinerário Pedagógico, desenvolvidos exclusivamente para o professor que precisará conhecê-los previamente para que possa mediar a estratégia do Ateliê do Som, considerado nosso produto educacional materializado por meio da produção de um vídeo que foi endereçado também, exclusivamente, aos docentes das áreas de Matemática e Ciências da Natureza.

Assim, diante do cenário pandêmico ao longo de 2020 e 2021, o redirecionamento da pesquisa retirou o caráter de produto aplicado e tornando os artefatos aplicáveis em sala de aula, e o produto educacional – o vídeo – aplicado com professores das áreas de Matemática e Ciências da Natureza que atuam na Educação Básica pública. Com isso, o potencial de uso dos materiais produzidos foi apresentado como sugestão aos que desejam a aplicação prática dos conhecimentos científicos, conectando o currículo ao mundo real em momento oportuno com o retorno das aulas presenciais.

Em se tratando dos objetivos específicos perseguidos para que atingíssemos o objetivo geral, os dois primeiros estão associados aos sete artefatos que foram confeccionados para o produto educacional, como descrevemos anteriormente. O terceiro objetivo específico se relaciona ao próprio produto educacional, ou seja, o vídeo em formato de tutorial de apresentação dos artefatos associados ao Ateliê do Som.

Os resultados decorrentes das respostas de 23 professores da Educação Básica das áreas de Matemática e Ciências da Natureza que foram selecionados aleatoriamente evidenciam que atingimos o quarto e último objetivo específico, em que almejamos aplicar o produto educacional junto a professores para verificar a estratégia Ateliê do Som, ainda que, neste momento, ainda não tenha sido possível aplicar o Ateliê em condições reais de sala de aula com estudantes. Esse resultado endossou a necessidade de mudança na forma de ensinar Matemática e Ciências da Natureza e a proposta apresentada foi cogitada por eles como uma possibilidade para isso. Destacamos, ainda em relação a esse objetivo, a vantagem de a coleta de dados ter sido realizada de forma remota e de forma assíncrona, em um período razoável de tempo, garantindo que cada professor pudesse participar da pesquisa respondendo ao questionário no seu tempo.

A partir da elaboração desta dissertação, esperamos contribuir com o processo de ensino e aprendizagem das ondas sonoras ao montar e manejar um instrumento musical de cordas e incentivar os docentes na busca de novas práticas didáticas que promovam um aprendizado dinâmico, atraente e motivador. Para isso, apresentamos como sugestão o uso da abordagem STEAM nas práticas pedagógicas, com uma proposta que visa desenvolver no estudante competências e habilidades para um cidadão ativo, crítico e criativo, capaz de enfrentar os desafios na sociedade.

Existe a pretensão de continuidade desta pesquisa, primeiramente e prioritariamente, com a aplicação do Ateliê do Som em condições reais de sala de aula, e também com a fabricação de outros instrumentos musicais para estudos de diferentes conceitos no campo das Ciências Naturais, Artes e Matemática. Esse estudo pode servir de caminho aos que pretendem trabalhar música na educação e métodos de ensino ativo.

Na educação brasileira, hoje, o processo de ensino e aprendizagem da Matemática e Ciências da Natureza está diante de grandes desafios, e que ainda

foram agravados no período de pandemia da Covid-19. Assim, é importante a busca por estratégias pedagógicas que possam atender ao perfil do estudante do século XXI. Espera-se, com isso, contribuir com a prática docente dos professores de Matemática e Ciências da Natureza junto aos estudantes com os artefatos e o produto educacional confeccionados para esta dissertação de mestrado e voltados para eles, professores, a fim de potencializar a curiosidade de compreensão dos seus estudantes nos conhecimentos científicos relacionados às ondas sonoras ao trabalharem com o produto educacional Ateliê do Som, incentivando também o interesse pela música.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. R. de A.; SANTOS, D. Z. dos; CORREIA, M. J.; SILVA, A. P. W. da. Física e Arte em intergração: relato de experiência de um projeto integrado de extensão e ensino no IFC-Brusque. **Revista de Extensão Tecnológica do Instituto Federal de Santa Catarina**, v. 7, n. 13, 2020.
- AMORIM, H. **Da península Ibérica medieval ao século XVII: a chegada e a difusão dos cordofones de cordas dedilhadas no Brasil**. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2015.
- ARAUJO, D. C. dos S.; MOTTA, A. de N.; LIMA, R. A. O uso da música como auxílio no processo de aprendizagem: um recurso pedagógico. **South American Journal of Basic Education, and Technical and Technological**, v. 4, n. 1, 2017.
- BACICH, L.; HOLANDA, L. **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica [recurso eletrônico]** Porto Alegre: Penso, 2020.
- BARROS, L. M. Cântico dos Quânticos: ciência e arte nas canções de Gilberto Gil. **Revista Fronteiras – estudos midiáticos**, v. 10, n. 1, p. 14-22, 2008.
- BEHAR, P. A.; BERNARD, M.; SOUZA, A. P. F.C.. Objeto de Aprendizagem integrado a uma plataforma de educação à distância: a aplicação do COMVIA na UFRGS. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 5, n. 2, p. 1-10, 2007.
- BEHAR, P. A.; SOUZA, E. K.; GOÉS, C. G. G.; LIMA, E. M. A importância da acessibilidade digital na construção de objetos de aprendizagem. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, n. 1, 2008.
- BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014.
- BLEICHERB, L.; SILVA, M. M.; RIBEIRO, J. W.; MESQUITA, M. G. Análise e Simulação de Ondas Sonoras Assistidas por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, 2002.
- BOROCHOVIUS, E. **Problem-based learning no ensino fundamental: uma pesquisa colaborativa**. Tese (Doutorado em Educação), Programa de Pós-graduação em Educação, Centro de Ciências Humanas e Sociais Aplicada. Pontifícia, Universidade Católica de Campinas (PUC), Campinas, 2020.
- BRADY, J. STEM is incredibly valuable, but if we want the best innovators we must teach the arts. **The Washington Post**, 5 set. 2014. Disponível em: <<https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2014/09/05/stem-is-incredibly-valuable-but-if-we-want-the-best-innovators-we-must-teach-the-arts/>>. Acesso: 17 set. 2022.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Terceira versão revista. Brasília: MEC, 2017.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1998.
- BREINER, J. M. et al. What is STEM?: a discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. **School Science and Mathematics**, v. 112, n. 1, 2012.

- CAMARGOS, C. B. R. **Música e matemática: a harmonia dos números revelada em uma estratégia de modelagem.** 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.
- CARVALHO; J. de, T. C. A Matemática aplicada ao processo A Matemática aplicada aos processo de ensino e aprendizagem da música. **Revista Científica Fundação Osório**, v. 5, n. 1, 2020.
- CERRI, J. C. **A música como importante ferramenta de ensino nas aulas de Matemática.** 2017. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Mídias na Educação) – Universidade Federal de Santa Maria, 2017.
- CHINELLATO, T. G.; JAVARONI, S. L. Vídeos educativos: as potencialidades do seu uso na visão de professores que ensinam Matemática. **Revemop**, v. 2, 2020.
- COELHO, S. M.; MACHADO, G. R. Acústica e música: uma abordagem metodológica para explorar sons emitidos por tubos sonoros. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, 2015.
- CORRÊA, A. B. **Uma proposta de modelagem matemática utilizando os conceitos de ondas sonoras.** 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional). Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Matemática, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.
- FLICK, U.. **Qualidade na pesquisa qualitativa.** Coleção Pesquisa Qualitativa. São Paulo: Bookman, 2009.
- FREIRE, D. R. Como será que eu afino? A relação entre sistemas de afinação e parâmetros de afinação na performance musical. **Revista Música Hodie**, v. 16, n. 2, 2016.
- GESSER, V.; DIBELLO, L. Educação para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática e as Relações com a Política de Avaliação em Larga Escala na Educação Básica. **Educação (UFSM)**, v. 41, n. 1, p. 81-94, 2016.
- GETChina Insights. **Educação STEM da China em Ação: Observações, Iniciativas e Reflexões.** Disponível em: <<https://edtechchina.medium.com/chinas-stem-education-in-action-observations-initiatives-and-reflections-a20d6cd43a0c>>. Acesso em: 17 set. 2022.
- HENRIKSEN, D. Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices. **The STEAM Journal**, v. 1, n. 2, 2014.
- KLEBER, M. O. Da lei a realidade. **Boletim Arte na Escola**, n. 57, 2010.
- KRASILCHIK, Myriam. Reformas e Realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v.14, n.1, 2000.
- KRASILCHIK, M., MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e Cidadania.** 2a ed. São Paulo: Moderna. 2007.
- LIMA, A. C.; GREGÓRIO, M. A. T.; SOUZA, V. B. de. O impacto no ensino e aprendizagem decorrente da implementação da aprendizagem baseada em projetos (ABP) em alunos do centro educacional redentor. **Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico**, v. 6, n. 1, 2020.
- MAKUCH, F. B.; MARTINS, M. A. O uso do PhET Simulations no ensino de frações. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 2, 2018.

- MICHELATO, R. A. **A interdisciplinaridade de um monocórdio**: uma análise fenomenológica envolvendo alunos do ensino médio profissionalizante. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.
- MOURA, D. A.; BERNARDES NETO, P. O ensino de acústica no ensino médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, 2011.
- MORAN, E.; FREITAS, L. de; NICOLESCU. Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade Convento de Arrábida, Portugal, 2-6 novembro, 1994.
- MONTEIRO JUNIOR, F. N.; CARVALHO, W. L. P. D. O ensino de Acústica nos livros didáticos de Física recomendados pelo PNLEM: análise das ligações entre a física e o mundo do som e da música. **Holos**, v. 1, 2011.
- REGO, T. C. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. 25. ed. Petrópolis: Vozes, 2020.
- RESENDE, A. F. de L.; PEREIRA, G. R. **STEAM na prática**. Disponível em: <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/705262>>. Acesso em: 14 jun. 2022.
- RODRIGUES, C. A. M.; ROSIN, S. M. **Importância do ensino de música para o desenvolvimento infantil**. Universidade Estadual de Maringá – Paraná. 2011.
- RODRIGUES, C. G. **Ondas, acústica, psicoacústica e poluição sonora**. Goiânia: Ed. do Autor, 2020.
- ROOT-BERNSTEIN, R.; ROOT-BERNSTEIN, M. **Centelhas de gênios**: como pensam as pessoas mais criativas do mundo. São Paulo: Nobel, 2001.
- SANDERS, M. STEM, STEM education, STEM mania. **The Technology Teacher**, v. 68, n. 4, p. 20–26, 2009.
- SANTOS, B. M.; SILVA, H. E. da; ROSA, R. C. Relato de experiência: atividades lúdicas e experimentais para o ensino de ondas sonoras. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 8, n. 2, p. 327-351, 2020.
- SANTOS, C. A. dos. A reforma do ensino de Ciências. **Ciência Hoje**. <https://cienciahoje.org.br/coluna/a-reforma-do-ensino-de-ciencias-2/>, publicada em 20.01.2017.
- SARTORI, A. S. T.; FARIA, J. E. S. Problematizando as relações entre Matemática e Música na Educação Matemática. **Boletim online de Educação Matemática**, v. 8, n. 17, p. 108-127, 2020.
- SERAFIM, M. L.; SOUSA, R. P. Multimídia na educação: o vídeo digital integrado ao contexto escolar. In: SOUSA, R. P.; MOITA, F. M. C. S.; CARVALHO, A. B. G. (Org.). **Tecnologias Digitais na Educação**. Campina Grande: EdUEPB, 2011. p. 19-50.
- SHIN, S.; RACHMATULLAH, A.; ROSHAYANTI, F.; HA, M.; LEE, J. K. Career motivation of secondary students in STEM: a cross-cultural study between Korea and Indonesia. **International Journal for Educational and Vocational Guidance**, v.18, n. 2, p. 203–231, 2018.
- SILVA, V. M. da; DANTAS FILHO, F. F.; DA SILVA, G. N. A inserção da música como recurso didático-pedagógico para o ensino de química. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 4, p. 107-116, 2020.

SILVA, T. T. da. **Documentos de identidade**: uma introdução às teorias do currículo. 3. Ed – 1. Reimp – Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

SILVA, C. A. R. **Experimentos sonoros**: uma proposta para a educação musical no ensino médio. 2020. 196 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Artes) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2020.

SOUZA, C. A. R. Tecnologia ou metodologia: aplicativos móveis na sala de aula. **Anais** do Encontro virtual de documentação em software livre e congresso internacional de linguagem e tecnologia online. *Periodicos.letras.ufmg.br*, 2016.

SOUZA, I. B. S.; PIRES NETO, J. P.; SILVA, T. P. da. A música como instrumento didático-pedagógico no ensino de eletroquímica. **Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 14, n. 28, p. 16 - 28, 2020.

TUYAROT, D. E.; TESSEROLI, R. C. Objetos educacionais digitais na EAD e educação inclusiva na área de Física. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 2, 2016.

VAZ, L. J. L. da R.; PINHO, M. de O. Música e matemática – um minicurso interdisciplinar. **Zetetike**, v. 19, n. 1, 2011.

VIÉGAS, S. R. C.; REHFELDT, M. J. H. Uso dos vídeos na formação continuada: integrando experiências de ensino de professores das regiões Nordeste e Sul. **Imagens da Educação**, v. 7, n. 2, p. 45-53, 2017.

VYGOTSKI, L. S. **A estrutura social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

YAKMAN, G. **STEAM education**: an overview of creating a model of integrative education. 2008. Disponível em: <<https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a>>. Acesso em: 18 set. 2022.

APÊNDICE – PRODUÇÃO CIENTÍFICA

A seguir são apresentadas as produções científicas associadas a pesquisa de mestrado, resultados divulgados em congressos nacionais, orientação de TCC e a submissão de artigo desta dissertação em um periódico nacional.

Trabalho em anais de evento

- a) VI Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente
Foi apresentado o trabalho intitulado “Do STEM para o STEAM: A arte na educação STEAM, possibilidades de uso no ensino de ciências”, da autoria de Emerson de Souza Queiroz, Arthur Fernandes de Lima Costa Resende e Marcus Vinicius da Silva Pereira, Grazielle Rodrigues Pereira. Na plataforma virtual da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, em Rio de Janeiro/RJ, realizada em 15 de outubro de 2020.

- b) II Fórum das Licenciaturas e na II Semana das Ciências Humanas e Linguagens do Cerrado
Foi apresentado o trabalho intitulado “Origami em auxílio na percepção e obtenção de área de superfícies” na modalidade Comunicação Oral. Realizados nos dias 19 a 23 de outubro de forma on-line pelo IFPI - Campus Uruçuí.

Livro

- c) Teia de saberes nas questões ambientais: da educação científica e filosófica à educação ambiental
Contribuição com um capítulo intitulado “Urgências ambientais: reflexões sobre o trabalho escravo”. Com autoria: Arthur Fernandes de Lima Costa Resende; Emerson de Souza Queiroz; Alexandre Maia do Bomfim; Maylta dos Anjos.

- d) Diálogos interdisciplinares no uso de diferentes linguagens na educação
Contribuição com um capítulo intitulado “O uso das Histórias em quadrinhos como possibilidade de ensino na escola”. Com autoria: Emerson de Souza Queiroz; Priscila da Paixão Silva Veras e Wallace Vallory Nunes.

Artigo em periódico

- e) Ateliê do Som: proposta de uma estratégia baseada na Educação STEAM para a aprendizagem de ondas sonora
Submissão de artigo à Revista Thema, periódico com índice h5 = 13, com autoria de Emerson de Souza Queiroz e Marcus Vinicius Pereira.

Curso de Extensão

- f) Formação Docente na Contemporaneidade Docente
Contribuição com o Módulo 6, intitulado “A arte no STEAM: perspectivas e possibilidades musicais na aprendizagem de conhecimentos científicos”, equivalente a 60 horas, promovido pelo Campus Mesquita do IFRJ em abril de 2022. Com autoria: Emerson de Souza Queiroz.

Orientação

- g) Trabalho de conclusão de curso de graduação
André Gonçalves de Oliveira. Relato de experiência com abordagem STEAM na educação contemplando o ensino por competências proposto pela BNCC; 2020. Curso (Licenciatura Plena em Matemática) - (FEUC) Fundação Educacional Unificada Campograndense.