

A integração entre a Música e a Matemática: uma revisão sistemática de literatura

Marcio Pizzi de Oliveira¹

Resumo: O presente trabalho apresenta uma revisão sistemática de estudos publicados entre 2002 e 2022 acerca da integração entre a Música e a Matemática no ensino e aprendizagem. A metodologia do trabalho segue as etapas desenvolvidas por Moreira (2004): a escolha do assunto e estabelecimento dos objetivos; levantamento bibliográfico; leitura inspeccional; estabelecimento e aplicação de roteiro de leitura; organização das pesquisas relevantes segundo um critério lógico; avaliação crítica e conclusão. As palavras utilizadas como descritores foram “música”, “matemática”, “educação”, “music”, “mathematics”, “education”, “música”, “matemáticas” e “educación”. As buscas foram realizadas nas seguintes bases: Scopus; Web of Science; Eric; Scielo e Scholar Google. Finalmente, 18 artigos foram analisados segundo Gibbs (2009). Constatou-se o uso excessivo de alguns conteúdos como operações numéricas e frações, além da dificuldade de criar estratégias que enriqueçam mutuamente o aprendizado tanto da Música quanto da Matemática.

Palavras-chave: Música. Matemática. Interdisciplinaridade.

The integration between Music and Mathematics: a systematic literature review

Abstract: This work presents a systematic review of studies published between 2002 and 2022 on the integration between Music and Mathematics in teaching and learning. The methodology of the work follows the steps developed by Moreira (2004): the choice of subject and establishment of objectives; bibliographic survey; inspectional reading; establishment and application of a reading script; organization of relevant research according to a logical criterion; critical evaluation and conclusion. The words used as descriptors were “música”, “matemática”, “educação”, “music”, “mathematics”, “education”, “música”, “matemáticas” e “educación”. The searches were carried out in the following databases: Scopus, Web of Science, Eric, Scielo and Scholar google. Finally, 18 articles were analyzed according to Gibbs (2009). It was found the excessive use of content such as numerical operations and fractions, in addition to the difficulty to create strategies that mutually enrich the learning of both Music and Mathematics.

Keywords: Music. Mathematics. Interdisciplinarity.

La integración entre Música y Matemáticas: una revisión sistemática de la literatura

Resumen: Este trabajo presenta una revisión sistemática de los estudios publicados entre 2002 y 2022 sobre la integración entre la Música y las Matemáticas en la enseñanza y el aprendizaje. La metodología del trabajo sigue los pasos desarrollados por Moreira (2004): la elección del tema y establecimiento de objetivos; relevamiento bibliográfico; lectura de inspección; establecimiento y aplicación de un guión de lectura; organización de investigaciones relevantes de acuerdo con un criterio lógico; evaluación crítica y conclusión. Las palabras utilizadas como descriptores fueron

¹ Doutor em Música. Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), campus Valença. Rio de Janeiro, Brasil. ✉ marcio@rumori.com.br  <https://orcid.org/0000-0001-5102-8888>

“música”, “matemática”, “educação”, “music”, “mathematics”, “education”, “música”, “matemáticas” e “educación”. Las búsquedas se realizaron en las siguientes bases de datos: Scopus, Web of Science, Eric, Scielo y Scholar google. Finalmente, se analizaron 18 artículos según Gibbs (2009). Se detectó un uso excesivo de contenidos como operaciones numéricas y fracciones, además de la dificultad de crear estrategias que enriquezcan mutuamente el aprendizaje de la Música y las Matemáticas.

Palabras clave: Música. Matemáticas. Interdisciplinariedad.

1 Introdução

A parceria entre a Música e Matemática pode não ser nítida em uma avaliação superficial, entretanto, são muitas as conexões que aproximam uma da outra. Não é à toa que ao longo da história foram construídas parcerias importantes entre os dois campos do conhecimento (DOS SANTOS-LUIZ; MÓNICO; CAMPELOS; DA SILVA, 2015). Importantes compositores utilizaram os vínculos entre a Música e a Matemática para construir raros momentos de criação. O compositor Johann Sebastian Bach desenvolveu composições usando princípios geométricos como tradução, rotação e simetria (CARRIÓN, 2009). O compositor Olivier Messiaen desenvolveu os modos de transposição limitada fortemente baseados em conceitos da Matemática (SHAN, 2010). Para além do estilo individual de alguns compositores, a relação entre a Música e a Matemática ofereceu material para importantes teorias, proporcionando a expansão do conhecimento no campo da análise musical, da acústica e da composição musical (DOS SANTOS-LUIZ; MÓNICO; CAMPELOS; DA SILVA, 2015).

Dos tempos de Pitágoras até o dodecafonismo, sistema atonal de organização das alturas sonoras criado por Arnold Schönberg, diversas teorias foram produzidas permitindo a explicação de fenômenos acústicos, a construção de instrumentos, chegando aos preceitos que pavimentaram o contraponto, a harmonia e a música contemporânea. Diante disso, verifica-se que o entendimento da música exige em maior ou menor medida uma compreensão de aspectos matemáticos. De maneira mais simples, podemos observar o princípio da formação do músico e a contagem como forma de organizar o estudo do ritmo. Entretanto, uma avaliação mais profunda pode iluminar formas mais complexas dessa relação. Ao buscar o aprendizado de uma harmonia, o músico pode executar variações de equalização que permitem uma audição mais detalhada de um instrumento específico. De todo modo, verifica-se um amplo espectro de conexões que facilitam o aprendizado dos músicos por meio da Matemática.

O estudo de Santos-Luiz *et al.* (2015) desenvolveu uma sistematização das relações que permeiam os conteúdos da Música e da Matemática. Os autores identificaram três eixos de conteúdos: (1) A teoria e a análise musical; (2) Acústica e (3) Composição musical. Considerando o sistema educacional de Portugal, os autores estruturaram os vínculos entre conteúdos musicais e matemáticos de acordo com a organização dos programas de Matemática do 3º ciclo da Educação Básica (e respectivos objetivos curriculares) e do Ensino Médio. Quatro áreas da Matemática se destacaram, são elas: aritmética; álgebra; trigonometria e, principalmente, geometria, pois, segundo os autores, as relações com essa área exibem de forma mais nítida e concreta a articulação entre a Música e a Matemática. Para além do estudo de Santos-Luiz *et al.* (2015), não foram encontradas outras investigações que tratem de forma sistemática das associações entre a Música e a Matemática no âmbito educacional.

Como integrar Música e Matemática do ponto de vista da educação escolar? Diversos autores desenvolveram estudos sobre a interdisciplinaridade a fim de proporcionar colaboração em relação às disciplinas acadêmicas (FAZENDA, 2008a, 2011; LENOIR, 1998; LENOIR; LAROSE, 2019; POMBO, 1994, 2005). Interdisciplinaridade é uma palavra difícil de definir fornecendo vários significados (FAZENDA, 2011; POMBO, 2005). Pombo (2005) argumenta que, para a definição da interdisciplinaridade é necessário conhecer as palavras multi, pluri (esses vocábulos trazem a mesma ideia, de se unir, colocar lado a lado), inter (articulada), trans (transportar) e a raiz de todos: a palavra disciplina. Segundo Lenoir (1998), a interdisciplinaridade acadêmica é a associação de, pelo menos, duas disciplinas com ação mútua.

A interdisciplinaridade pode ser aplicada como associação de disciplinas ou domínios do conhecimento. No entanto, nem sempre essa associação produz uma colaboração entre as disciplinas de forma a resultar em um engajamento efetivo que resulte em ganhos mútuos de aprendizagem. Verifica-se que a interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática tem o potencial de gerar uma colaboração que amplie laços de exemplificação, explicação e resolução. Assim, a interdisciplinaridade deve ser conduzida como uma atitude de ousadia e busca de conhecimento (FAZENDA, 2008a, p. 17). Torna-se clara a importância de criar não só uma associação entre as disciplinas, mas uma colaboração entre elas.

Segundo Nicolescu (2008), “a interdisciplinaridade é a transferência de

métodos entre disciplinas”. São três casos: um grau de aplicação — como no caso de aplicar a Física Nuclear na medicina em tratamentos de câncer —; um grau epistemológico — como no uso da lógica formal no Direito, gerando reflexões sobre a epistemologia —; e um grau de criação de uma nova disciplina — como no caso da transferência dos métodos da computação para a arte gerando a disciplina Arte da Computação. No campo da educação, a interdisciplinaridade ganha um caráter de solidariedade, já que o aprendizado de ambas as disciplinas está em questão. Assim, podemos utilizar a palavra *compartilhamento* em vez de *transferência*, pois a busca pela colaboração entre as disciplinas deve motivar a cooperação. Esse caráter participativo pode produzir ganhos de aprendizagem, gerando um enriquecimento que amplie a visão do aluno.

Verifica-se que a interdisciplinaridade tornou-se um termo desgastado, sendo evocado como uma solução inquestionável por professores e pesquisadores. Nesse caso, é preciso reconhecer a falta de parâmetros para o desenvolvimento dessas práticas no âmbito escolar. É comum observar, nas escolas, a caracterização de eventos e projetos como interdisciplinares, sendo que esse aspecto torna-se acessório ou irrelevante. Alguns autores mencionam a interdisciplinaridade como uma meta difícil, que exige engajamento e aprofundamento teórico (CHAHINE; MONTIEL, 2015; KOCHAVI, 2014; TRINICK; LEDGER; MAJOR; PERGER, 2016).

A pesquisa aqui desenvolvida produz um levantamento sistemático dos estudos que tratam da integração entre a Música e a Matemática em sala de aula. Os dados resultantes serão utilizados para debater acerca da interdisciplinaridade entre as disciplinas. As perguntas norteadoras da pesquisa são as seguintes: (1) Como se dá a integração entre a Música e a Matemática nos diversos níveis educacionais? (2) Em função dos dados levantados, quais reflexões sobre a interdisciplinaridade podem ser feitas?

O artigo, além desta seção, está organizado em: fundamentação teórica, trazendo à luz as discussões sobre a integração entre a Música e a Matemática; a metodologia apresenta os caminhos da pesquisa e, em seguida, resultados e discussão, constando os dados e reflexões acerca da interdisciplinaridade. Em último, as considerações finais.

2 Fundamentação teórica

Abdounur (2003) busca explicações para as relações entre Música e Matemática por meio dos conceitos de analogia e metáfora. Por analogia, o autor entende ser a capacidade de identificar relações ou proporções entre elementos distintos. Ele defende que a analogia teve diferentes aplicações conforme o momento histórico. Dos pensadores pré-socráticos, passando pela Idade Média e chegando aos tempos atuais, Abdounur (2003) apresenta que a analogia pode ser entendida como um processo cognitivo coletivo. No caso da metáfora, uma determinada semelhança permite a troca de uma palavra no sentido literal para o figurado. Transitando pelos pensamentos de Paul Ricouer, Max Blanck, George Lakoff e David Davidson, a metáfora caracteriza-se pela instabilidade produzida quando se realiza uma comparação, desafiando as lentes lógico-formais e exigindo uma resolução criativa. Segundo Abdounur (2003), as analogias e as metáforas têm um papel relevante no sentido de aproximar os significados. Nesse sentido, o manejo desses recursos demanda, como dito por Aristóteles, a capacidade de ponderar acerca das semelhanças e ter ideias sobre as similaridades.

A visão de múltiplas competências abre as portas para uma reflexão ampla acerca do ensino da Matemática. O ensino tradicional privilegia a utilização de inferências do tipo lógico-formais excluindo outras formas de entendimento. O estabelecimento de relações como as oportunizadas pela analogia e pela metáfora podem dar espaço para outras formas de pensar a Matemática, trazendo o foco para os processos. Assim, os conteúdos tornam-se meios e não fins para a realização do aprendizado, inserindo os procedimentos em uma dinâmica de possibilidades mais amplas. Segundo Abdounur (2003), o professor pode criar aulas sobre o Teorema de Fourier, que aborda as ondas complexas e a relação entre os múltiplos harmônicos (toda a onda complexa é sempre o resultado da soma de uma série de sons — curvas — senoidais). A criação de explicações que elucidam as relações presentes na série harmônica torna possível criar analogias e esclarecer conceitos matemáticos com base na natureza da acústica musical. Essa associação entre a Música e a Matemática traz a chance de utilizar habilidades e competências negligenciadas até então criando pontes com conhecimentos advindos da história e da cognição.

Estudos acerca da instrução musical apresentam dados relevantes sobre possíveis aprimoramentos no âmbito de habilidades úteis ao campo da Matemática. O estudo de instrumentos musicais tem o potencial de melhorar habilidades espaço-

temporais, importantes para o uso do cálculo (RAUSCHER; HINTON, 2003; SARNTHEIN; VONSTEIN; RAPPELSBERGER; PETSCHÉ; RAUSCHER; SHAW, 1997). No entanto, para que o processo se realize a contento é necessário estabelecer uma relação clara entre os domínios. Por exemplo, a relação parte/todo é importante para o entendimento de percentagens, números decimais e frações. No caso da Música, a relação parte/todo tem um papel essencial para o estudo do ritmo. É necessário internalizar gradativamente a contagem do tempo para entender as relações entre as durações de cada som, inicialmente com o corpo ou a voz e, posteriormente, apenas com o pensamento. O músico precisa, em sua trajetória de estudo, realizar processos mentais que explicitem as estruturas rítmicas criando um acúmulo de experiências que aprimorem a capacidade de divisão temporal (RAUSCHER; HINTON, 2006, p. 235).

No âmbito da teoria musical, as relações numéricas e as proporções relacionam-se com intervalos, escalas, harmonia e até o timbre. Essas relações podem ser estabelecidas pela afinidade entre a Música e a Matemática no sentido da criação de complexos padrões de representação. Bahr e Christensen (2000) consideram que essas propriedades permitem a sobreposição entre Música e Matemática. Os autores defendem que tanto a Música quanto a Matemática utilizam símbolos e desenvolvem padrões (musicais ou numéricos), formulando estruturas que têm como origem construções abstratas. Ainda segundo Bahr e Christensen (2000), essa integração representada pela sobreposição entre a Música e a Matemática pode ser utilizada para a resolução de problemas.

Ao empregar as relações entre Música e Matemática no âmbito da interdisciplinaridade, podemos verificar a viabilidade de usar recursos apresentados pelos autores arrolados na presente seção. O emprego de símbolos que remetem aos padrões intercambiáveis entre o campo da Matemática e da Música pode oportunizar processos de aprendizagem que ampliem as possibilidades dos alunos. Nesse caso, é preciso examinar com atenção os possíveis enriquecimentos estabelecidos pela integração determinada aqui. No caso da Matemática, o aprendizado do ritmo demanda o uso contínuo de exercícios compatíveis com a divisão matemática (como contar sem dizer os números), realizando tais procedimentos em um contexto alternativo ao regramento convencional do cálculo. No caso da Música, a Matemática oferece símbolos e procedimentos testados que fornecem segurança em elaborações

que, transportadas para o exercício, auxiliam no estudo das durações musicais.

3 Metodologia

Em função da exígua disponibilidade de estudos que sistematizam a interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática no campo educacional, o presente trabalho constitui-se enquanto um estudo exploratório (GRAY, 2012, p. 35). Além disso, trata-se de uma pesquisa qualitativa que utiliza os preceitos de Gibbs (2009) para desenvolver um processo de análise dos dados.

A metodologia do trabalho foi construída seguindo as etapas desenvolvidas por Moreira (2004). São elas: a escolha do assunto e estabelecimento dos objetivos; levantamento bibliográfico; leitura inspecional; estabelecimento e aplicação de roteiro de leitura; organização das pesquisas relevantes segundo um critério lógico; avaliação crítica e conclusão.

Inicialmente, foi necessário criar uma seleção de bases para a realização das buscas de artigos em consonância com os objetivos estabelecidos na pesquisa. Em virtude da abrangência necessária de uma revisão sistemática, verificou-se a demanda por bases de grande escopo e alcance no âmbito do tema desejado. A base *Web of Science* construiu uma sólida reputação mediante a sua tradição e na reunião de importantes periódicos acadêmicos mundiais (ADRIAANSE; RENSLEIGH, 2013). Além dela, a base *Scopus* apresenta alta relevância em virtude da abrangência de seu acervo. Lançada em 2004, a *Scopus* criou uma importante reputação por meio de um inovador mecanismo de busca de fácil manipulação (GORRAIZ; SCHLOEGL, 2008). A base *Eric* também foi escolhida em função de sua notoriedade no campo das pesquisas em educação. As bases puderam ser acessadas por meio do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), que disponibiliza diversas bases de dados para órgãos federais, servidores e estudantes de cursos de pós-graduação.

A base *Scielo* foi escolhida em função do acesso a periódicos nacionais e latino-americanos. Nascida de uma parceria entre a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e o Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (Bireme), a base *Scielo* proporcionou o aumento da visibilidade da produção científica nacional e fortalecimento da pesquisa latino-americana (PACKER, 1998).

A base *Google Scholar* apresenta a conveniência de ser acessível de forma ampla e reunir uma vasta gama de publicações diversificadas. Sendo essencialmente um mecanismo de pesquisa da *web*, seu objetivo é alcançar o público mais extenso possível (FALAGAS; PITSOUNI; MALIETZIS; PAPPAS, 2008). Apesar de algumas limitações reconhecidas e da disponibilidade de periódicos predatórios, a base apresenta uma confiabilidade satisfatória no âmbito das ciências sociais. E, dessa forma, justifica sua utilização em uma pesquisa que busca conjugar critério e abrangência.

As revisões sistemáticas têm como base uma escolha de palavras-chave em alinhamento aos objetivos da pesquisa. Elas devem refletir adequadamente o fenômeno apresentado no objeto de pesquisa de forma a atrair as publicações relevantes que cercam o tema em questão (KOLLER; COUTO; HOHENDORFF, 2014). As palavras utilizadas como descritores para a realização das buscas foram “música”, “matemática” e “educação”. Elas foram utilizadas com suas respectivas traduções para o inglês e espanhol. Verificou-se que esse conjunto de descritores mostrou um equilíbrio interessante no intuito de serem sensíveis o suficiente para acessar as publicações relevantes sem serem sensíveis em demasia, ampliando excessivamente o escopo e perdendo a identificação com o tema (KOLLER; COUTO; HOHENDORFF, 2014).

O quadro abaixo apresenta os descritores utilizados na pesquisa. Na base *Scopus*, foi escolhida a opção *tópico* que reúne título, resumo, palavras-chave de autor e *keywords plus*. Na base *Web of Science*, foi escolhida a opção *article title, abstract* e *keywords*. Na plataforma *Google Scholar* foi utilizada a opção *allintitle*, selecionando apenas termos que estão no título. Nas plataformas *Scopus*, *Web of Science*, *Eric* e *Google Scholar* foram utilizados os termos “*music*”, “*mathematics*” e “*education*”. Nas três primeiras, os termos foram separados pelo operador booleano *AND*. Na plataforma *Scielo* e na *Google Scholar* foram utilizados os termos “música”, “matemática” e “educação” em português e “*música*”, “*matemáticas*” e “*educación*” em espanhol.

Quadro 1: Descritores usados em cada uma das bases

Bases	Descritores
<i>Scopus</i>	<i>music AND mathematics AND education.</i> Tópico (Título, resumo, palavras-chave de autor e <i>keywords plus</i>).
<i>Web of Science</i>	<i>music AND mathematics AND education.</i>

	<i>Article title, abstract and keywords.</i>
<i>Eric</i>	<i>music AND mathematics AND education.</i>
<i>Scielo</i>	<i>música; matemática; educação. música; matemáticas; educación.</i>
<i>Scholar Google</i>	<i>allintitle: music; mathematics; education. allintitle: música; matemática; educação. allintitle: música; matemáticas; educación.</i>

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Os resultados das buscas geraram os seguintes quantitativos de artigos: 166 (*Scopus*); 94 (*Web of Science*); 315 (*Eric*); 7 (*Scielo*) e 88 (*Google Scholar*). Foram estipulados critérios para a escolha dos artigos. A segmentação temporal para a incorporação foi definida como artigos a partir de 2002, resultando em um total de 20 anos. Foi considerado como critério de inclusão principal o foco em estudos que abordavam diretamente atividades de ensino e aprendizagem e que articulam Música e Matemática aplicadas em sala de aula, enquanto foram excluídos artigos que não apresentavam foco em atividades de ensino e aprendizagem que vinculassem as duas disciplinas. Da mesma forma, foram incluídos artigos publicados em revistas de revisão por pares, enquanto os publicados em periódicos sem essa característica foram excluídos. Os critérios estão expostos no Quadro 2.

Quadro 2: Critérios de seleção

Parâmetros	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Ano de publicação	Artigos publicados de 2002 até 2022.	Artigos publicados antes de 2002.
Tema dos artigos	Artigos com foco em atividades de ensino e aprendizagem que articulam a Música e a Matemática aplicadas em sala de aula.	Artigos sem foco em atividades de ensino e aprendizagem que articulam a Música e a Matemática aplicadas em sala de aula.
Aspectos dos estudos	Artigos publicados em revistas revisadas por pares.	Artigos publicados em revistas sem revisão por pares.

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Depois da leitura dos resumos, restaram os seguintes quantitativos: 7 (*Scopus*); 7 (*Web of Science*); 8 (*Eric*); 2 (*Scielo*) e 22 (*Google Scholar*), totalizando 46 artigos. Foram realizados os *downloads* de todos eles e excluídas as duplicatas restaram 39 trabalhos. A escolha final passou por mais um critério: foram incluídos ainda os artigos com exposição dos métodos de coleta de dados e estruturação de resultados após análise individual, enquanto artigos sem essas características foram excluídos. Restaram 18 artigos que foram utilizados na etapa seguinte.

O processo de análise dos dados seguiu os passos apresentados por Gibbs (2009): preparação dos dados; codificação e categorização; análise comparativa e

agrupamento. Na fase de preparação dos dados, foram realizadas leituras completas dos artigos. Eles foram divididos em pastas dentro da ferramenta *Mendeley* e organizados por autores. Nos arquivos, foram realizadas anotações metodológicas, teóricas e pessoais (GIBBS, 2009) de forma auxiliar ao processo de sistematização dos dados. Anotações metodológicas são aquelas que especificam passos a serem dados nas fases subsequentes da análise dos dados. Anotações teóricas são aquelas que versam acerca da relação entre os dados e aspectos teóricos do escopo da pesquisa. Anotações pessoais indicam elementos relacionados à sensibilidade e interpretação individual do pesquisador. Todas as anotações foram exportadas e agrupadas em documento único, trazendo todo o material bruto da etapa.

Os dados sofreram um processo de codificação e decodificação, que diz respeito às atividades que extraem significados dos dados e desenvolvem estruturas que possibilitem uma explicação sistemática. A codificação é uma forma de indexar o texto em um conjunto de ideias temáticas, proporcionando uma configuração consistente (GIBBS, 2009). As ideias temáticas foram organizadas em um arquivo único de word.docx, a fim de proporcionar uma extensa configuração. A avaliação das categorias é permeada por reflexões constantes guiadas por simples perguntas, como: “O que está acontecendo aqui?”; “O que eles estão dizendo?”, “O que está por trás dessas palavras?” (GIBBS, 2009).

Em seguida, realizou-se o processo de análise comparativa. A comparação constante também é útil para produzir alterações no texto e proporcionar o surgimento de significados (GIBBS, 2009). O estágio inicial oferecia 9 subcategorias. Na fase de agrupamento, resultou em 3. As categorias finais são apresentadas no Quadro 3:

Quadro 3: Categorias de análise

Categorias
Características da integração entre Música e Matemática em cada caso.
Potencialidades e limitações da integração entre a Música e a Matemática.
Comprometimento com a interdisciplinaridade.

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

4 Resultados e discussão

An (2008; 2013; 2014; 2015) desenvolveu, em cooperação com vários colegas, investigações importantes na realização de estudos acerca da interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática. Foram seis estudos, quatro enfocando as séries

iniciais da Educação Infantil e dois sobre formação de professores. An *et al.* (2008) e An *et al.* (2013) utilizaram atividades criadas para os estudos em questão. An *et al.* (2014) e An *et al.* (2015) realizaram atividades advindas de um currículo interdisciplinar. Segundo An *et al.* (2014), as pesquisas foram motivadas pelo princípio de equidade seguido pelo Conselho de Professores de Matemática norte-americano (NCTM) que incentiva a criação de estratégias inovadoras para aprimorar a performance e a disposição das minorias com relação à Matemática.

O uso da interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática ofertou efeitos positivos sobre as crenças e atitudes envolvidas na aprendizagem (AN, Song; KULM; MA, 2008), oferecendo a capacidade de aprimorar a comunicação, a representação e a conceituação (AN, Song; CAPRARO; TILLMAN, 2013). O aprendizado foi consolidado de uma forma desafiadora, mas divertida (AN, Song; TILLMAN; BOREN; WANG, 2014), permitindo que os alunos apresentassem e compreendessem a Matemática de uma maneira engajada (AN, Song; TILLMAN, 2015).

Um aspecto relevante do trabalho da autora é a comparação entre aulas com a integração entre Música e Matemática e aulas em que esses conteúdos são ministrados separadamente. Nas duas oportunidades em que a autora utilizou essa abordagem, os resultados foram mais favoráveis para os alunos que receberam aulas integradas. O crédito é dado ao fato de que nessa condição, os alunos (1) realizaram tarefas criando produtos reais como composições musicais e (2) fizeram atividades mais personalizadas, levando em conta seus gostos e suas aptidões (AN, Song A; TILLMAN; BOREN; WANG, 2014; AN, Song; TILLMAN, 2015).

Os autores Rocío Chao-Fernández, María Dorinda Mato-Vázquez e Aurelio Chao-Fernández realizaram três estudos relevantes no âmbito da interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática. Com o foco na Educação Infantil, Chao-Fernández *et al.* (2015) realizaram práticas musicais relacionando palmas e coreografias com intensidades diferentes, enquanto Chao-Fernández *et al.* (2019a) promoveram a associação de formas geométricas com canções infantis. No outro estudo, Chao-Fernández *et al.* (2019b) desenvolveram aulas com princípios sonoros pitagóricos e suas relações com as frações para alunos de Ensino Médio. Segundo os autores, as pesquisas foram motivadas pelo marco educativo espanhol. Ele organiza o currículo em três áreas do conhecimento e especifica que o trabalho deve ser realizado de forma interdisciplinar. Dessa forma, os estudos buscam a criação de espaços de

aprendizagem para que os conhecimentos se relacionem.

No primeiro estudo, os resultados apresentaram o aumento da motivação sem identificar ganhos no conhecimento. Os outros estudos apresentam resultados mais relevantes. Em Chao-Fernández *et al.* (2019b), verifica-se que a utilização dos princípios pitagóricos apresentou situações bastante concretas para o uso de atividades com frações. Em Chao-Fernández *et al.* (2019a), houve a comparação entre aulas integradas de Música e Matemática e aulas tradicionais de Matemática. Nesse estudo, o grupo experimental apresentou melhor desempenho em todos os itens, demonstrando o efeito positivo da integração da Música e da Matemática dentro do processo de aprendizagem. Os autores declaram que os benefícios da interdisciplinaridade advêm do ambiente estimulante e real que as práticas musicais ofertam.

Destaca-se que as atividades interdisciplinares entre a Música e a Matemática trazem naturalmente um direcionamento para a realidade, promovendo atividades que geram um engajamento. Isso se dá pela natureza das práticas musicais que, de fato, mobilizam habilidades para a performance e criação de produtos como composições e arranjos. Assim, toda a estratégia didática combinada com a Música, ou qualquer forma de conhecimento que exija atividades concretas, proporcionará um envolvimento maior com a realidade.

Um outro ponto a ser levantado consiste na personalização das atividades. Muitas foram construídas em conformidade com os aspectos específicos da individualidade dos alunos. Esses elementos também favorecem naturalmente uma maior adaptação, criando motivação e estímulo para o aprendizado.

Os estudos de An (2008; 2013; 2014; 2015) levam vantagem de um ponto de vista mais amplo, pois avaliam uma série de atividades que contemplam todo um currículo interdisciplinar. Os trabalhos dos pesquisadores espanhóis se concentram em investigações que se debruçam sobre unidades de conteúdo menores. Portanto, fica patente a importância dos estudos de An em comparação aos outros, sob o ponto de vista da amplitude.

Cinco estudos enfocaram a associação entre símbolos musicais e frações, no Ensino Fundamental. Bamberger e Disessa (2003) realizaram um estudo com base em atividades disponíveis em um *software* musical com o emprego de conceitos de razão, proporção, fração e múltiplos comuns. Os autores defendem que o aspecto

mais relevante do estudo foi explorar a afinidade entre a Música e a Matemática, motivando a sensibilização e o estudo articulado de padrões. A Matemática seria uma ferramenta para entender fenômenos que são compreendidos apenas de forma intuitiva (BAMBERGER; DISESSA, 2003).

Lovemore *et al.* (2021) realizaram uma investigação com atividades que foram desenvolvidas com base na relação entre o valor das notas musicais e diversas possibilidades do uso de frações. Os resultados foram sintetizados em três tópicos: oportunidades para fazer conexões entre Matemática e Música; alcançar um estilo equilibrado de integração entre Música e Matemática; e alguns benefícios da integração curricular. Houve um reconhecimento de que a associação entre a Música e a Matemática pode levar ao aprofundamento das noções de valor relativo das frações por meio do aprimoramento do raciocínio proporcional. Além disso, a integração do currículo pode ser beneficiada pela resolução de problemas da vida real, aumento da confiança, oportunidades práticas de manuseio, motivação e colaboração aluno-professor.

Em relação ao equilíbrio entre a Música e a Matemática, os autores utilizaram como referência o modelo de integração entre as artes, de Bresler (1995). Na visão da autora, as artes devem ser integradas no currículo por meio de uma construção baseada em múltiplas dimensões do encontro entre os conhecimentos. Apesar de considerar preliminarmente que a Matemática estava beneficiando o aprendizado da Música em vez do contrário, Lovemore *et al.* (2021) reconheceram, ao fim do processo, a contribuição da Música para o aprendizado das frações.

Os estudos de Courey *et al.* (2012) e Yesilkaya *et al.* (2021) relacionaram diferentes aspectos rítmicos com o uso de frações. Courey *et al.* (2012) realizaram um estudo sobre atividades que associam a duração das notas musicais e diversos aspectos do uso das frações. Yesilkaya *et al.* (2021) desenvolveram uma investigação acerca de atividades que associaram os ritmos Aksak (compassos de $5/8$, $7/8$, $9/8$) com formas geométricas.

Os resultados apresentam que esse tipo de prática parece ser particularmente eficaz para os alunos que estão chegando à instrução com uma compreensão inferior à média no âmbito das frações. Courey *et al.* (2012) verificam que a exposição a um grande número de representações (notas musicais, círculo de frações, barras de fração e reta numérica) e as relações cognitivas oportunizadas pelos ritmos com

palmas podem ter oferecido um substrato para a construção das relações entre Música e Matemática. No caso do estudo de Yesilkaya *et al.* (2021), a relação entre as formas geométricas também auxiliou no aprendizado dos ritmos Aksak. O grupo experimental conseguiu distinguir de maneira mais efetiva os ritmos Aksak dos tradicionais.

Entretanto, os alunos podem enfrentar problemas em virtude do processo de ordenar frações ou encontrar frações equivalentes tendo como referência o todo sempre com a mesma medida. Isso ocorre quando os alunos forem confrontados com uma unidade variável na resolução de problemas (COUREY; BALOGH; SIKER; PAIK, 2012). Vale destacar um aspecto importante do estudo de Yesilkaya *et al.* (2021) com o uso de ritmos Aksak. O uso de elementos musicais típicos favorece uma perspectiva ampla da integração da Música com a Matemática, trazendo luz sobre formas de como os aspectos numéricos e proporcionais explicam e aprofundam conhecimentos acerca da cultura.

Os estudos de Courey *et al.* (2012) e Trinick *et al.* (2016) tiveram como base teórica aspectos simbólicos da semiologia e o uso dos estudos de Lev Semyonovich Vygotsky. No caso do estudo de Courey *et al.* (2012), foi importante encarar o currículo sob uma perspectiva discursiva. Nesse sentido, os recursos são utilizados para que, progressivamente, os alunos possam entender o sentido por trás dos símbolos. Isso motiva os discentes a realizarem gestos e pronunciar palavras que caracterizam um processo de experimentação da Matemática. No caso do estudo de Trinick *et al.* (2016), foram utilizados símbolos matemáticos para representar fenômenos próprios do contexto musical, como a intensidade. Essa prática tem como propósito utilizar a perspectiva simbólica como guia da construção dos primeiros conceitos da Matemática.

Trinick *et al.* (2016) também identificam potencialidades como a memorização e a padronização. Entretanto, seria preciso ter cuidado com as especificidades de cada disciplina. A integração da Música e da Matemática, segundo as autoras, não deve comprometer a integridade de nenhuma das áreas de aprendizagem (TRINICK; LEDGER; MAJOR; PERGER, 2016, p. 12). No Quadro 4, são apresentados os artigos referentes ao Ensino Fundamental e suas principais características.

Quadro 4: Artigos sobre Ensino Fundamental

Nível educacional	Autores	Número de	Coleta de dados
-------------------	---------	-----------	-----------------

		participantes	
Primeira e terceira séries	An <i>et al.</i> (2013)	46 alunos (uma turma com 25 e outra com 21)	Pré e pós-testes (resultados e impressões)
Duas turmas de terceira série	An <i>et al.</i> (2014a)	56 alunos, grupo controle (28) e grupo experimental (28)	Pré, três testes intermediários e pós-testes
Duas turmas de terceira série	An <i>et al.</i> (2015)	56 alunos, grupo controle (28) e grupo experimental (28)	Pesquisa-ação
Quinta série com idades entre 11 e 12 anos	Lovemore <i>et al.</i> (2021)	16 alunos	Pré e pós-testes
Sexta série com idades entre 11 e 12 anos	An <i>et al.</i> (2008)	35 alunos	Entrevistas
Sexta série com idades entre 11 e 12 anos	Bamberger e Disessa (2003)	6 alunos	Pré e pós-testes
Sexta série com idades entre 11 e 14 anos	Yesilkaya <i>et al.</i> (2021)	120 alunos, grupo controle (65 alunos) e experimental	Pré e pós-testes
Ensino Fundamental (8.5 a 11 anos)	Courey <i>et al.</i> (2012)	67 alunos, grupo controle (37) e grupo experimental (30)	Narração autobiográfica
Educação Infantil	Trinick <i>et al.</i> (2016)	4 professores	Observação participante
Educação Infantil	Chao-Fernández <i>et al.</i> (2015)	119 alunos	Pré e pós-testes
Educação Infantil	Chao-Fernández <i>et al.</i> (2019b)	49 alunos, grupo controle (24) e experimental (25)	Pré e pós-testes
Ensino Médio	Chao-Fernández <i>et al.</i> (2019a)	197 alunos	Pré e pós-testes

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Uma avaliação mais abrangente dos artigos direcionados para o Ensino Fundamental revela que há pouca preocupação com o enriquecimento de ambas as disciplinas. Lovemore *et al.* (2021) revelaram comprometimento com esse aspecto, assim como Trinick *et al.* (2016), ao demonstrarem um cuidado com a integridade das disciplinas. Entretanto, a preocupação em ampliar e aprimorar as capacidades dos alunos no âmbito da Matemática excede largamente a preocupação de ampliar as capacidades musicais. Nesse sentido, ainda são restritos os esforços de concretizar de forma plena a interdisciplinaridade, criando uma colaboração que enriqueça o aprendizado nas duas direções.

Dois estudos apresentaram relatos de experiências acerca de cursos que

contemplam a interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática (HUGHES, 2014; KOCHAVI, 2014). Hughes (2014) desenvolveu o curso de graduação interdisciplinar chamado “Matemática na Música” dentro de um conjunto de iniciativas para melhorar a interdisciplinaridade na Faculdade de Elizabethtown. O curso apresentou seis “experiências criativas” que servem como atividades culminantes para cada uma das principais unidades: projeto de transcrição; demonstração acústica; demonstração de afinação; análise; composição e projeto de serviço à comunidade. Kochavi (2014) realizou um outro curso de graduação também chamado de “Matemática na Música”. Desenvolvido na Faculdade de Swarthmore, o curso foi fruto da adaptação de temas da literatura de pesquisa recente, a fim de proporcionar uma experiência interdisciplinar de exploração e descoberta colaborativa. O curso apresentou as seguintes aulas: conceitos básicos de acústica musical; acústica continuada; afinação e aula de afinação; ciclo de quintas; teoria dos grupos; sequências de Fibonacci e a seção áurea; padrões de intervalos diatônicos; aulas de intervalos; aulas de ritmo; inversões e fundamentos de classes de conjuntos; estrutura de tríades e acordes de sétima; progressões harmônicas equivalentes e geometrias musicais.

As discordâncias referentes ao currículo ou à relação da faculdade com o currículo emergem como motivações para a criação dos cursos. Hughes (2014) desenvolveu as “experiências criativas” diante da necessidade de focar na Expressão Criativa e Matemática, área negligenciada no currículo da Faculdade de Elizabethtown. Kochavi (2014) distanciou-se propositalmente do currículo da Faculdade de Swarthmore. Sua intenção foi ampliar as linhas de investigação a fim de ajudar a responder às perguntas “Por quê?”, muitas vezes perdidas dentro do turbulento processo de aprender armadura de clave, escalas e outros elementos teóricos.

Hughes (2014) buscou uma forma de equilíbrio na constituição da interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática. Apesar de ter firmado uma decisão ontológica de precedência da Música, o autor estipulou o objetivo de buscar uma ligação profunda entre as disciplinas. Para ele, ao sugerir a interligação entre emotividade e intelectualidade como partes de um todo indivisível, seu curso poderia contribuir para evitar os estereótipos rasos de identificação da Matemática como algo meramente racional, e da Música como algo simplesmente emocional. Ao evitar tal visão, o curso do autor poderia oferecer uma ideia mais ampla das propriedades de

cada uma das disciplinas, gerando uma maior integração e colaboração.

Kochavi (2014) apresentou como objetivo a motivação da interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática de forma mais espontânea e criativa com base em estruturas conceituais fortes. Nesse caso, não interessa buscar alternativas consolidadas como os princípios de Pitágoras. É necessário que os alunos apresentem uma ampla conceituação dos aspectos musicais que permitam um olhar mais abrangente e criativo no momento de buscar a interdisciplinaridade. Ao apresentar um entendimento consistente acerca do ciclo de quintas, por exemplo, o aluno pode ter recursos para formular com autonomia relações mais livres e criativas com os elementos da Matemática.

Verifica-se nas estratégias dos autores a busca por uma integração que se distancia de formalismos convencionais do contexto pedagógico que permeia o currículo escolar. Em vez de se limitarem à integração da Música e da Matemática, os autores desenvolvem táticas para abordar os temas de forma que os alunos tenham autonomia e libertem suas habilidades cognitivas para identificarem caminhos entre os conhecimentos de cada disciplina. Esse aspecto esclarece que a interdisciplinaridade vai muito além da justaposição entre os conhecimentos. É preciso conhecer a natureza, os significados, as diferentes visões sobre cada tema. Os aspectos investigativos e interpretativos que integram o processo são fundamentais e podem potencializar os efeitos da interdisciplinaridade.

Mariana Montiel (2017) desenvolveu, com outros autores, pesquisas sobre a interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática focando o Ensino Médio e a graduação. A disciplina *Mathematic Music Theory* (MMT), uma convergência de conhecimentos que se articulam com a análise musical e a composição, foram a base do trabalho. Segundo a autora, a MMT não é apenas uma ferramenta para a análise musical e para a composição, mas também um instrumento para a Matemática e a Ciência da Computação. Montiel (2017) apresenta uma sistematização extensa de estudos que integram de forma interdisciplinar a Música e a Matemática. O resultado é uma disciplina que, apesar de não esgotar as possibilidades de conexão, apresenta um programa rico de formulações que joga luz em um terreno comum.

O estudo foi realizado com alunos de graduação e pós-graduação. De acordo com Montiel (2017), os quatro participantes conseguiram ampliar os conhecimentos da área externa a sua graduação (Música ou Matemática). A atratividade do modelo

do curso, mas também o engajamento, a criatividade e a entrega foram as justificativas do êxito dos alunos. Entretanto, a autora não estimula a generalização desse modelo, pois na mão de outros professores o curso pode se tornar uma caricatura e perder o que é essencial. No caso específico do estudo, Montiel (2017) julga que sua formação em MMT foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

Verifica-se que os estudos que enfocam graduação e pós-graduação têm uma abordagem muito específica em cada caso. São cursos que respondem a exigências muito particulares correspondendo aos anseios das comunidades em destaque. Nesse sentido, a afirmação realizada por Montiel (2017) pode ser ampliada para todos os cursos interdisciplinares. A especialização teórica em cada caso torna a execução dos cursos um desafio que depende de uma sólida formação intelectual e teórica. Fica claro também um comprometimento dos estudos de Hughes (2014), Kochavi (2014) e Montiel (2017) na busca por contemplar de forma equilibrada o aprendizado de conteúdos da Música e da Matemática.

Quanto aos estudos com professores de formação inicial, três estudos foram identificados. An (2014) desenvolveu, em parceria com diversos colegas, dois estudos voltados para a formação de professores de Educação Infantil, identificando os seguintes benefícios da integração entre a Música e a Matemática: superação de problemas comuns no estudo da Matemática, como ansiedade e falta de explicações alternativas para um determinado problema; melhora do desempenho acadêmico e a capacidade de tornar o ensino da Matemática mais divertido e criativo. An *et al.* (2016) verificaram relevantes desafios para a integração em questão, um deles é a dificuldade de controlar a turma e desenvolver uma forma de instrução.

A avaliação dos artigos leva a uma reflexão sobre dois pontos. Primeiramente, os professores aproximaram-se das opções de integração mais comuns, como operações numéricas e frações. Além disso, eles apresentaram dificuldades em manejar estratégias pedagógicas não convencionais, o que demanda cuidados especiais não previstos.

Chahine e Montiel (2015) defendem que a Música oferece contexto rico, inspirador e autêntico, próprio para um aprendizado significativo. O estudo identifica que a introdução de formas criativas de conectar Matemática e ritmos musicais pode fortalecer a eficácia do ensino de Matemática com características menos tradicionais. Entretanto, os participantes demonstraram apreensão quanto ao incentivo

institucional das escolas para realizar tais atividades. No Quadro 5 são apresentados os artigos aqui relatados e suas principais características.

Quadro 5: Artigos sobre graduação e formação de professores

Nível educacional	Autores	Número de participantes	Coleta de dados
Graduação	Hughes <i>et al.</i> (2014)	Não consta	Observação participante
Graduação	Kochavi (2014)	12 alunos	Observação participante
Graduação e pós-graduação	Montiel (2017)	Dois alunos de Música (um de graduação e um de pós-graduação) e dois de Matemática (dois de pós-graduação)	Entrevistas
Formação de professores (aplicações pedagógicas para atuação na Educação Infantil)	An <i>et al.</i> (2014b)	53 professores não graduados	Ensaio escritos pelos participantes
Formação de professores (aplicações pedagógicas para atuação na Educação Infantil)	An <i>et al.</i> (2016)	21 professores	Entrevistas e ensaios
Formação de professores (aplicações pedagógicas para atuação no Ensino Médio)	Chahine e Montiel (2015)	15 professores	Questionários

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

A formação de professores impõe dilemas que se expressam nos estudos aqui apresentados. A dificuldade de realizar propostas alternativas e lidar com o controle da turma nessas ocasiões fazem parte da aquisição de novas técnicas pedagógicas. Por outro lado, o incentivo ao uso da interdisciplinaridade também emerge como uma preocupação dos professores em formação. Ao avaliar o *corpus* geral de artigos da revisão, verifica-se que o incentivo institucional marcou a maioria dos estudos. Portanto, torna-se fundamental a incorporação de princípios institucionais que fomentem e encorajem a interdisciplinaridade para aprimorar o desempenho de professores em formação.

5 Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo realizar procedimentos sistemáticos para verificar questões relativas ao emprego da interdisciplinaridade da Música e da Matemática no âmbito educacional. O processo de seleção vinculado ao uso das bases referenciadas se deu de forma adequada, gerando um acúmulo consistente de artigos sobre o tema escolhido. O *corpus* apresentou equilíbrio entre os métodos utilizados apresentando oito artigos com métodos quantitativos, nove com métodos qualitativos e um com ambos os métodos.

No âmbito geral, é preciso focar a importância do incentivo institucional para a geração de pesquisas interdisciplinares. Oito das pesquisas apresentadas aqui foram motivadas pela legislação educacional dos países que abrigaram tais estudos, nomeadamente Espanha e Estados Unidos. No Brasil, a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) apresenta que a educação tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (BRASIL, 1996). A construção das Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCNEB) adotou a interdisciplinaridade no âmbito da organização das atividades integradoras. Essa perspectiva pressupõe o estabelecimento de vínculos entre os eixos constituintes do Ensino Médio, ou seja, o trabalho, a ciência, a tecnologia e a cultura. A Base Nacional Curricular Comum (BNCC) delega à comunidade escolar a tarefa de debater acerca da interdisciplinaridade para encontrar formas de organizar os componentes curriculares e fortalecer as competências pedagógicas. O foco deve ser a adoção de estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas na gestão do ensino e da aprendizagem (BRASIL, 2018).

Aos olhos da presente pesquisa, o grupo MusMat, fundado em 2013 na Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é o único grupo de estudo no Brasil com o objetivo de estudar a aplicação de modelos matemáticos na composição. Assim, existe a escassez de iniciativas que realizem trabalhos acerca da interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática no contexto educacional. Verifica-se, portanto, a demanda de motivar a criação de grupos de estudo, cursos e até programas que tenham como atribuição central desenvolver estudos a respeito da interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática.

Os estudos de An e colegas investigaram um conjunto abrangente de atividades interdisciplinares, varrendo conteúdos diversos da Música e da Matemática. Entretanto, a maioria das pesquisas insiste em algumas fórmulas como operações

numéricas e frações. Não se deve criticar a escolha desses recursos para o aprendizado, pois eles têm o mérito de produzir um envolvimento com tarefas dinâmicas que mobilizam para a ação e a criação de produtos como composições, arranjos, coreografias e performances. Entretanto, outras possibilidades interdisciplinares podem entrar na agenda de pesquisa e oferecer efeitos positivos para o ensino e aprendizagem.

Verificou-se, no princípio do trabalho, o problema da interdisciplinaridade no âmbito do discurso educacional. Muitas propostas são apresentadas como interdisciplinares, entretanto, não passam de atividades multidisciplinares. É possível dizer que os trabalhos interdisciplinares exigem tempo, dedicação, adequação de pontos de vista e colaboração (FAZENDA, 2008b). Deve existir um estímulo para que Música e Matemática sejam igualmente contempladas em suas exigências, peculiaridades e singularidades. Os estudos de Lovemore *et al.* (2021), Trinick *et al.* (2016), Hughes (2014), Kochavi (2014) e Montiel (2017) revelaram um compromisso mais pronunciado de buscar uma participação consistente, enriquecendo de parte a parte o aprendizado da Música e da Matemática. Assim, é preciso cobrar mais empenho e ousadia dos pesquisadores no intuito de explorar possibilidades de integração entre a Música e a Matemática.

Os estudos realizados por An e colegas viabilizaram pesquisas acerca de um currículo interdisciplinar, oferecendo dados consistentes para o campo da interdisciplinaridade. Os estudos de Hughes (2014), Kochavi (2014) e Santos-Luiz *et al.* (2015) apresentam um vasto campo de possibilidades a serem trabalhadas em estratégias didáticas que integram a Música e a Matemática. Assim, identifica-se que o campo de inter-relações entre as disciplinas é vasto e com grande potencial de ser explorado por novas experiências. Portanto, pesquisas futuras podem utilizar a literatura existente para desenvolver atividades, cursos e programas com grande potencial didático para construir a interdisciplinaridade entre a Música e a Matemática.

Agradecimentos

Aos professores Daniel Sasaki e Marcelo Chaves pelas experiências oportunizadas pelo grupo Musimática.

Referências

ABDOUNUR, Oscar João. **Matemática e Música: o pensamento analógico na construção de significados**. São Paulo: Escrituras, 2003.

ADRIAANSE, Leslie S.; RENSLEIGH, Chris. Web of science, scopus and google scholar a content comprehensiveness comparison. **Electronic Library**, Londres, v. 31, n. 6, p. 727-744, 2013.

AN, Song; TILLMAN, Daniel A.; BOREN, Rachel; WANG, Junjun. Elementary Teachers Integrate Music Activities into Regular Mathematics Lessons: Effects on Students' Mathematical Abilities. **Journal for Learning through the Arts**, California, v. 9, n. 1, p. 1-19, 2013.

AN, Song; CAPRARO, Mary Margaret; TILLMAN, Daniel. The Effects of a Music Composition Activity on Chinese Students' Attitudes and Beliefs towards Mathematics : An Exploratory Study. **Journal of Mathematics Education**, Sumatra do Sul, v. 1, n. 1, p. 96-113, 2008.

AN, Song; TILLMAN, Daniel. Music activities as a meaningful context for teaching elementary students mathematics: a quasi-experiment time series design with random assigned control group. **European Journal of Science and Mathematics Education**, Hanover, v. 3, n. 1, p. 45-60, 2015.

AN, Song; TILLMAN, Daniel A.; BOREN, Rachel; WANG, Junjun. Fostering Elementary Students' Mathematics Disposition through Music-Mathematics Integrated Lessons. **International Journal for Mathematics Teaching & Learning**, Nyiregyháza, v. 9, n. 25, p. 1-19, 2014.

AN, Song; TILLMAN, Daniel; SHAHEEN, Andrea; BOREN. Preservice teachers' perceptions about teaching mathematics through music. **Interdisciplinary Journal of Teaching and Learning**, Louisiana, v. 4, n. 3, p. 150-171, 2014.

AN, Song; ZHANG, Meilan; TILLMAN, Daniel; LESSER, Lawrence; SIEMSEN, Annette; TINAJERO, Josefina. Learning to teach music-themed mathematics: An examination of preservice teachers' beliefs about developing and implementing interdisciplinary mathematics pedagogy. **Mathematics Teacher Education & Development**, Adelaide, v. 18, n. 1, p. 20-36, 2016.

BAHR, Nanette; CHRISTENSEN, Carol. Inter-domain transfer between mathematical skill and musicianship. **Journal of Structural Learning and Intelligent Systems**, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 187-197, 2000.

BAMBERGER, Jeanne; DISESSA, Andrea. Music as embodied mathematics: A study of a mutually informing affinity. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, Southampton, v. 8, n. 2, p. 123-160, 2003.

BRASIL. **Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: Diário Oficial da União, 23 dez. 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2018.

CARRIÓN, Vicente Liern. Las matemáticas de Johann Sebastian Bach. **Suma**, Madrid, v. 61, p. 113-118, 2009.

CHAHINE, Iman; MONTIEL, Mariana. Teaching Modeling in Algebra and Geometry

using Musical Rhythms: Teachers' Perceptions on Effectiveness. **Journal of Mathematics Education**, Sumatra do Sul, v. 8, n. 2, p. 126-138, 2015.

CHAO-FERNÁNDEZ, Rocío; MATO-VÁZQUEZ, María Dorinda; CHAO-FERNÁNDEZ, Aurelio. Fractions and pythagorean tuning-an interdisciplinary study in secondary education. **Mathematics**, Basel, v. 7, n. 12, p. 1-13, 2019a.

CHAO-FERNÁNDEZ, Rocío; MATO-VÁZQUEZ, María Dorinda; CHAO-FERNÁNDEZ, Aurelio. Atividades interdisciplinares de Matemáticas y Música para Educación Infantil. **Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación**, Corunha, v.2, n. 6, p. 1-5, 2015.

CHAO-FERNÁNDEZ, Rocío; MATO-VÁZQUEZ, María Dorinda; CHAO-FERNÁNDEZ, Aurelio. Fractions and pythagorean tuning-an interdisciplinary study in secondary education. **Mathematics**, Basel, v. 7, n. 12, p. 1-13, 2019b.

COUREY, Susan Joan; BALOGH, Endre; SIKER, Jody Rebecca; PAIK, Jae. Academic music: Music instruction to engage third-grade students in learning basic fraction concepts. **Educational Studies in Mathematics**, Berlin, v. 81, n. 2, p. 251-278, 2012.

DOS SANTOS-LUIZ, Carlos; MÓNICO, Lisete; CAMPELOS, Sandra; DA SILVA, Carlos Fernandes. Matemática e música: Sistematização de analogias entre conteúdos matemáticos e musicais. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v. 28, n. 2, p. 271-293, 2015.

FALAGAS, Matthew; PITSOUNI, Eleni; MALIETZIS, George; PAPPAS, Georgios. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. **The FASEB Journal**, Maryland, v. 22, n. 2, p. 338-342, 2008.

FAZENDA, Ivani. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro**. São Paulo: Edições Loyola, 2011.

FAZENDA, Ivani. Interdisciplinaridade-transdisciplinaridade: Visões culturais e epistemológicas. In: FAZENDA, Ivani. (Org.). **O Que é a Interdisciplinaridade**. São Paulo: Cortez Editora, 2008a, p. 17-28.

FAZENDA, Ivani. **O que é interdisciplinaridade**. São Paulo: Cortez Editora, 2008b.

GIBBS, Graham. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009.

GORRAIZ, Juan; SCHLOEGL, Christian. A bibliometric analysis of pharmacology and pharmacy journals: Scopus versus Web of Science. **Journal of Information Science**, California, v. 34, n. 5, p. 715-725, 2008.

GRAY, David. **Pesquisa no mundo real**. Porto Alegre: Penso, 2012.

HUGHES, James. Creative experiences in an interdisciplinary Honors course on mathematics in music. **Journal of Mathematics and Music**, Columbus, v. 8, n. 2, p. 131-143, 2014.

KOCHAVI, Jon. Musica speculativa for the twenty-first century: Integrating mathematics and music in the liberal arts classroom. **Journal of Mathematics and Music**, Columbus, v. 8, n. 2, p. 117-123, 2014.

KOLLER, Sílvia; COUTO, Maria Clara de Paula. **Manual de Produção Científica**. Porto Alegre: Penso, 2014.

LENOIR, Yves. Didática e Interdisciplinaridade: Uma Complementaridade Necessária e Incontornável. In: FAZENDA, Ivani. (Org.). **Didática e interdisciplinaridade**. São Paulo: Papyrus Editora, 1998, p. 45-75.

LENOIR, Yves; LAROSE, François. Uma tipologia das representações e das práticas da interdisciplinaridade entre os professores do primário no Quebec. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 79, n. 192, p. 48-59, 2019.

LOVEMORE, Tarryn; ROBERTSON, Sally Ann; GRAVEN, Mellony. Enriching the teaching of fractions through integrating mathematics and music. **South African Journal of Childhood Education**, Cidade do Cabo, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2021.

MONTIEL, Mariana. Un experimento piloto sobre la enseñanza interdisciplinaria integrada a nivel universitario: matemáticas y música. **Foro de Educación**, Salamanca, v. 15, n. 22, p. 1-23, 2017.

MOREIRA, Walter. Revisão de Literatura e Desenvolvimento Científico: conceitos e estratégias para confecção. **Janus**, Lorena, v. 1, n. 1, p. 20-30, 2004.

NICOLESCU, Basarab. Transdisciplinarity – History , Methodology , Hermeneutics. **Economy Transdisciplinarity Cognition**, Bacau, v. 11, n. 2, p. 13-23, 2008.

PACKER, Abel Laerte. SciELO: uma metodologia para publicação eletrônica. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 2, p. 109-121, maio/ago. 1998.

POMBO, Olga. Interdisciplinaridade e integração dos saberes. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 3-15, 2005.

POMBO, Olga. Problemas e Perspectivas da Interdisciplinaridade. **Revista da Educação**, Lisboa, v. 4, n. 1-2, p. 173-180, 1994.

RAUSCHER, Frances; HINTON, Sean. Type of music training selectively influences perceptual processing. In: TRIENNIAL CONFERENCE OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR THE COGNITIVE SCIENCES OF MUSIC, 5, 2003, Hanover, **Anais do 5º ICMPC-ESCOM: Music in science, science in music**, Hanover: ESCOM, 2003, p. 89-92.

RAUSCHER, Frances; HINTON, Sean. The Mozart Effect: Music Listening is Not Music Instruction. **Education Psychologist**, Philadelphia, v. 41, n. 4, p. 233–238, 2006.

SARNTHEIN, Johannes; VONSTEIN, Astrid; RAPPELSBERGER, Peter; PETSCHKE, Hellmuth; RAUSCHER, Frances; SHAW, Gordon. Persistent patterns of brain activity: An EEG coherence study of the positive effect of music on spatial-temporal reasoning. **Neurological Research**, Philadelphia, v. 19, n. 2, p. 107–116, 1997.

SHAN, Saloni. **An Exploration of the Relationship between Mathematics and Music**. Manchester: MIMS EPrint, 2010.

TRINICK, Robyn; LEDGER, Gail; MAJOR, Karen; PERGER, Pamela. More than Counting Beats: Connecting Music and Mathematics in the Primary Classroom.

International Journal for Mathematics Teaching and Learning, Nyiregyháza, v. 17, n. 3, p. 1-18, 2016.

YEŞILKAYA, Özge Çongur; ESKIOĞLU, İtir; JELEN, Birsen. Music and Mathematics: The Effect of Matching Musical Meters with Geometric Shapes on 6th Graders' Learning Outcomes. **Education Quarterly Reviews**, Makassar, v. 4, n. 2, p. 264-279, 2021.