

DVD e
Material
Educativo
para
Professor
Propositor

MÚSICA DAS ESFERAS



DVDteca

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Shirlene Vila Arruda - Bibliotecária)

INSTITUTO ARTE NA ESCOLA

Música das esferas / Instituto Arte na Escola ; autoria de Solange Utuari ; coordenação de Mirian Celeste Martins e Gisa Picosque. – São Paulo : Instituto Arte na Escola, 2010.

(DVDteca Arte na Escola – Material educativo para professor;propositor ; 138)

Foco: CT-B-8/2010 Conexões Transdisciplinares
Contém: 1 DVD ; Biografias; Glossário ; Bibliografia
ISBN 978-85-7762-043-2

1. Artes - Estudo e ensino 2. Música 3. Matemática 4. Arte e ciência 5. Matemática na arte I. Utuari, Solange II. Martins, Mirian Celeste III. Picosque, Gisa IV. Título V. Série

CDD-700.7

 **Créditos**

MATERIAIS EDUCATIVOS DVDTECA ARTE NA ESCOLA

Organização: Instituto Arte na Escola

Coordenação: Mirian Celeste Martins
Gisa Picosque

Projeto gráfico e direção de arte: Oliva Teles Comunicação

MAPA RIZOMÁTICO

Copyright: Instituto Arte na Escola

Concepção: Mirian Celeste Martins
Gisa Picosque

Concepção gráfica: Bia Fioretti

MÚSICA DAS ESFERAS

Copyright: Instituto Arte na Escola

Autor deste material: Solange Utuari

Assessoria em Matemática: Marcelo Lellis

Revisão de textos: Nelson Luis Barbosa

Padronização bibliográfica: Shirlene Vila Arruda

Diagramação e arte final: Jorge Monge

Autorização de imagens: Cesar Millan de Brito

Fotolito, impressão e acabamento: Indusplan Express

Tiragem: 200 exemplares



MÚSICA DAS ESFERAS

Ficha técnica

Gênero: Documentário.

Palavras-chave: Música; som; escala musical; ritmo; timbre; matemática; logaritmo; códigos de representação; linguagem; instrumentos musicais.

Foco: **Conexões Transdisciplinares**

Tema: Sétimo programa da série. Apresenta conceitos em matemática presentes na música.

Personalidades abordadas: Alberto Marsicano, John Napier, Johann Sebastian Bach, Pitágoras, Vivaldi e percussionistas, entre outros.

Indicação: A partir do 9^a ano do Ensino Fundamental.

Nº da categoria: CT-B-8

Direção: Sérgio Zeigler.

Realização/Produção: Fundação Padre Anchieta - Centro Paulista de Rádio e TV Educativas, São Paulo. Coprodução: TV Escola.

Ano de produção: 2001.

Duração: 25'.

Coleção/Série: *Arte & matemática.*

Sinopse

Sons articulados, arranjos harmoniosos, combinações de cálculos matemáticos estão por trás dos sons musicais que se desenvolveram em diferentes culturas. A música da China, da Índia, do Ocidente, erudita ou popular, no passado ou no presente, move ritmos e sentimentos. A investigação de Pitágoras na organização dos sons na escala musical e a obra de Bach com sua escala temperada evidenciam a criação da linguagem da música. Ao ouvir

Bach estamos ouvindo complexos arranjos logarítmicos, mas os sons suscitam a elevação do espírito e sentimentos.

Trama inventiva

Ponto de contato, conexão, enlaçado em *Os olhos da Arte* com um outro território provocando novas zonas de contágio e reflexão. Abertura para atravessar e ultrapassar saberes: olhar transdisciplinar. A arte se põe a dialogar, a fazer contato, a contaminar temáticas, fatos e conteúdos. Nessa intersecção, arte e outros saberes se alimentam mutuamente, ora se complementando, ora se tensionando, ora acrescentando, uns aos outros, novas significações. A arte, ao abordar e abraçar, com imagens visionárias, questões tão diversas como a ecologia, a política, a ciência, a tecnologia, a geometria, a mídia, o inconsciente coletivo, a sexualidade, as relações sociais, a ética, entre tantas outras, permite que na cartografia proposta se desloque o documentário para o território das **Conexões Transdisciplinares**. Que sejam estas então: livres, inúmeras e arriscadas.

O passeio da câmera

O documentário se divide em dois blocos. No primeiro, depois de questões iniciais provocadoras, são mostrados diferentes tipos de música, orquestras e solistas, ritmos como rap, blues, jazz, a percussão nos sons dos tambores africanos, negras culturas no ritmo da mistura afro-brasileira. A matéria-prima – o som – é destrinchado em explicações visuais. Maneiras diversas de fazer música são apresentadas: Alberto Marsicano nos apresenta a música indiana e seu ritmo que faz contraponto à percussão de Caito Marcondes e Vitor da Trindade.

A música espiritual de Johann Sebastian Bach abre a segunda parte do documentário. A escala temperada de Bach marca história e vira regra a ser ensinada nas futuras gerações. Esse músico é visto como grande pesquisador, assim como Pitágoras que, tempos antes, já havia criado a escala musical visualizada como uma espiral, enquanto a escala temperada cria uma geometria musical em

forma de círculo. A explicação a partir dos logaritmos de John Napier contribui para compreender a música de Bach. Dedilhar Bach é como dedilhar sobre logaritmos.

Inúmeras são as possibilidades de construção de conceitos a partir deste documentário. Além do território das **Conexões Transdisciplinares**, o som como matéria da linguagem musical nos leva para o território da **Materialidade** focalizando também as ferramentas e os procedimentos específicos dessa linguagem, retomada ainda nos territórios de *Forma-Conteúdo*, *Saberes Estéticos e Culturais e Linguagens Artísticas*.



Os olhos da Arte

A música é uma harmonia agradável pela honra de Deus e os deleites permissíveis da alma.

(Johann Sebastian Bach)

Sentimentos sagrados, profanos, reações emotivas, equações matemáticas, pensamento lógico aliado ao fazer estético, belezas construídas nas investigações de matemáticos e músicos, materializados no som que se comprime e se rarefaz no ritmo da imaginação humana. Pautado pelos contextos culturais, o som se faz linguagem.

É na materialidade dos instrumentos musicais, da voz humana ou mesmo no batucar dos dedos que a linguagem da música vai encontrando sonoridades, modos de execução e de registro. No sitar, tocado por Alberto Marsicano, o som ganha uma sonoridade especial. Esse instrumento, criado no século XIII, é símbolo da música da Índia e nos provoca pensar: como foram inventados os instrumentos? O que nos dizem com suas sonoridades?

Para Vitor da Trindade, o tambor é um convite para outras percepções. Cada instrumento tem sua própria característica, seu próprio timbre que o distingue dos demais, como uma voz se distingue de outras. Para Schafer (1991, p. 75), o timbre é “a cor do som – estrutura os harmônicos. Se um trompete, uma clarineta e um violino tocarem a mesma nota, é o timbre que diferencia o som de cada um”. E a busca desses timbres fez



Ravi Varma - *Saraswati*
pintura



Phintias - *Lição de música*, c.550-500 aC.
pintura em vaso, 47 cm
Staatliche Antikensammlungen, Munique/Alemanha

nascer os instrumentos, que se modificam pela inventividade humana e pelas transformações tecnológicas.

Johann Sebastian Bach reinventou o cravo, instigado pela física de seu tempo. Foi uma transformação tecnológica, pois antes, era comum usar o cravo afinado no temperamento (equilíbrio) desigual: as distâncias sonoras das notas não eram iguais. **Com Bach as notas da escala musical receberam um “temperamento” diferenciado:**

O sistema de “temperamento igual” ou “afinação temperada” que já vinha sendo postulado pelos teóricos da música desde o século XVI, foi popularizado por Bach em sua obra *O cravo bem temperado* (1722-1744), na qual ele experimenta as tonalidades maiores e menores em afinação temperada em 24 peças denominadas *Prelúdios e Fugas*. Foi uma obra composta para estudantes de instrumentos de teclado de temperamento igual, e que se tornou peça de estudos básica para alunos de nível intermediário de instrumentos mais modernos, como o piano e o vibrafone. (São Paulo, 2009, v.3, p. 18-19)

Avanços na tecnologia da construção de instrumentos musicais e a busca inquieta dos músicos geram novos instrumentos ou recursos outros. Há muitas possibilidades de classificar os instrumentos. A mais tradicional é dividi-los em instrumentos de cordas, de sopro e de percussão. Podemos classificar também pelo modo de se tocar o instrumento: friccionando (cuíca, violoncello...), percutindo (piano, carrilhão, pandeiro...), pinçando (violão, cravo...). Podemos distinguir os acústicos (piano, atabaque, xilofone, harpa etc.); os elétricos (órgãos elétricos, violinos elétricos etc.) e os eletroeletrônicos (sintetizadores e *samplers*, equipamentos que guardam sons em uma memória digital para posterior reprodução).

No monocórdio, um instrumento de uma nota só, Pitágoras criou uma escala musical, dividindo a corda do monocórdio mais ou menos assim: primeiro dó → corda inteira, segundo dó → $\frac{1}{2}$ da corda. Quando se dividia a corda ao meio encontrava-se um som igual, porém com um tom acima, e quando tocados simultaneamente os dois sons entravam em harmonia, isto é, combinavam. Assim, percebeu intervalos entre as notas como relação de frequências e chamou de oitava a nota que dá um novo ciclo de notas em sequência como em uma espiral, bem explicada no documentário. As notas foram separadas em sete

sons – dó, ré, mi, fá, sol, lá, si – em uma relação aritmética entre tamanho da corda e sons produzidos. Pitágoras acreditava que cada um dos planetas e estrelas fazia música quando se movia nos céu – a música das esferas. Uma ordem perfeita reinava no universo e elas deviam soar do mesmo modo que a vibração da corda produzia harmônicos perfeitos.

Como disse o velho mestre hindu, entretanto, a música é como água a correr por infinitos fluxos, permitindo infinitas divisões. Na China e no Japão a base musical tem cinco notas, mesma base do blues norte-americano, mas no mundo árabe são 136 possibilidades de dividir os sons. Na concepção dos sons tocados em tambores ritmados nas festas profanas e religiosas, encontramos complexas combinações de batidas que cadenciam em consonância com a natureza e nos convidam a outros estados da alma.

Bach mudou a forma de divisão da escala musical em 12 partes, para compor sons agradáveis ao ouvido e à alma com sua escala temperada, pois a afinação pitagórica parecia inadequada para os instrumentos que iam sendo criados, com mais alcance, com mais sons agudos e graves. Em suas pesquisas é provável que Bach tenha encontrado a teoria dos logaritmos de Napier, que tinha proposto em 1614 uma forma de cálculo que agradou muito as contas do comércio, da navegação e da astronomia. Sua proposição de potenciação usada para multiplicar um número base tantas vezes quantas for o expoente foi além dos cálculos cotidianos. Essa maneira de fazer matemática seria imortalizada na linguagem da música, na beleza das possibilidades descritas em cálculos temperados na escala musical de Bach. A afinação temperada consistia em dividir a distância entre os dois dós em 12 intervalos sonoros iguais e não em frações simples. Nessa divisão, passa-se de uma nota para a nota aguda seguinte multiplicando a frequência da primeira por $2^{1/12}$.

Como afirma Luiz Barco no documentário, “dedilhar Bach é dedilhar sobre logaritmos!”. E nossos ouvidos podem apreciar a música de muitos e diversos modos. Esse é o convite!

O passeio dos olhos do professor

Convidamos você para a viagem no universo da matemática e da música. Mas para uma boa viagem acontecer é importante pensar sobre os melhores caminhos a trilhar. Anotar suas impressões no momento em que assiste ao documentário é fundamental. Você pode pensar em uma pauta do olhar para apoiar/provocar/ levantar questões. Algumas possibilidades são aqui apresentadas:

- Quais instrumentos musicais presentes no documentário você conhece?
- Quais tipos de música são os seus preferidos?
- O que provoca estranhamento em você? E o que causaria em seus alunos?
- O que é exigido de você para pensar o som como uma relação matemática?
- Como o contexto cultural interfere na produção e audição da linguagem musical?
- Em quais aspectos as duas disciplinas – Arte e Matemática – parecem dialogar neste documentário?
- Você sente necessidade de pesquisar sobre algum assunto para melhor compreender ou aprofundar conteúdos que o documentário suscita?
- Para você, quais focos de trabalho podem ser desencadeados partindo dos assuntos abordados no documentário?

Suas anotações, durante ou após a exibição, podem revelar modos singulares de analisar o documentário que marquem o início de seu diário de bordo como um instrumento para o seu pensar pedagógico para melhor utilização deste documentário, tanto na formação de educadores como com alunos a partir do 9º ano do Ensino Fundamental e Ensino Médio.

Percursos com desafios estéticos

O passeio dos olhos dos alunos

Algumas possibilidades para provocar a entrada no documentário:

- ☉ Como uma forma de instigar a percepção dos alunos proponha que eles se lembrem das produções musicais que conhecem ou tragam para a sala de aula seus CD para compartilhar com a turma suas músicas preferidas, artistas e estilos. Uma primeira cartografia pode ser feita a partir desse levantamento, que pode abordar também os instrumentos musicais presentes, os gêneros e ritmos. Eles imaginam que há matemática na música? A partir dessa discussão, apresente o documentário, todo ou em partes.
- ☉ Na primeira parte do documentário *Música das esferas*, há uma série de imagens e sonoridades que mostram músicas de vários tempos e estilos. Você pode iniciar a projeção justamente por esse trecho. O que percebem? Volte a projetar o mesmo trecho para melhor percepção: O que reconhecem? Quais tipos de instrumentos sonoros aparecem? De que época são? O importante é educar o ouvido, aguçar a percepção para o universo da música de maneira prazerosa e significativa, levantando questões para a exibição do documentário completo. Ou você daria continuidade a partir de outro trecho determinado?
- ☉ Seus alunos têm instrumentos musicais em casa? Sabem tocá-los? Se houver possibilidade, peça para que tragam, se apresentem e sejam entrevistados pelos demais alunos. Você também pode trazer instrumentos de percussão, de cordas ou sopro. Ou diferenciar pelo modo como são usados, por exemplo, cordas batidas (piano), cordas beliscadas (violão), percussão com as mãos (pandeiro), com baquetas (bateria). Ou ainda trazer imagens, tanto de instrumentos tradicionais como também explorações sonoras feitos por músicos como Hermeto Pascoal, grupo Uakti ou Walter Smetak. Para seus alunos, os músicos apenas aprendem a tocar os

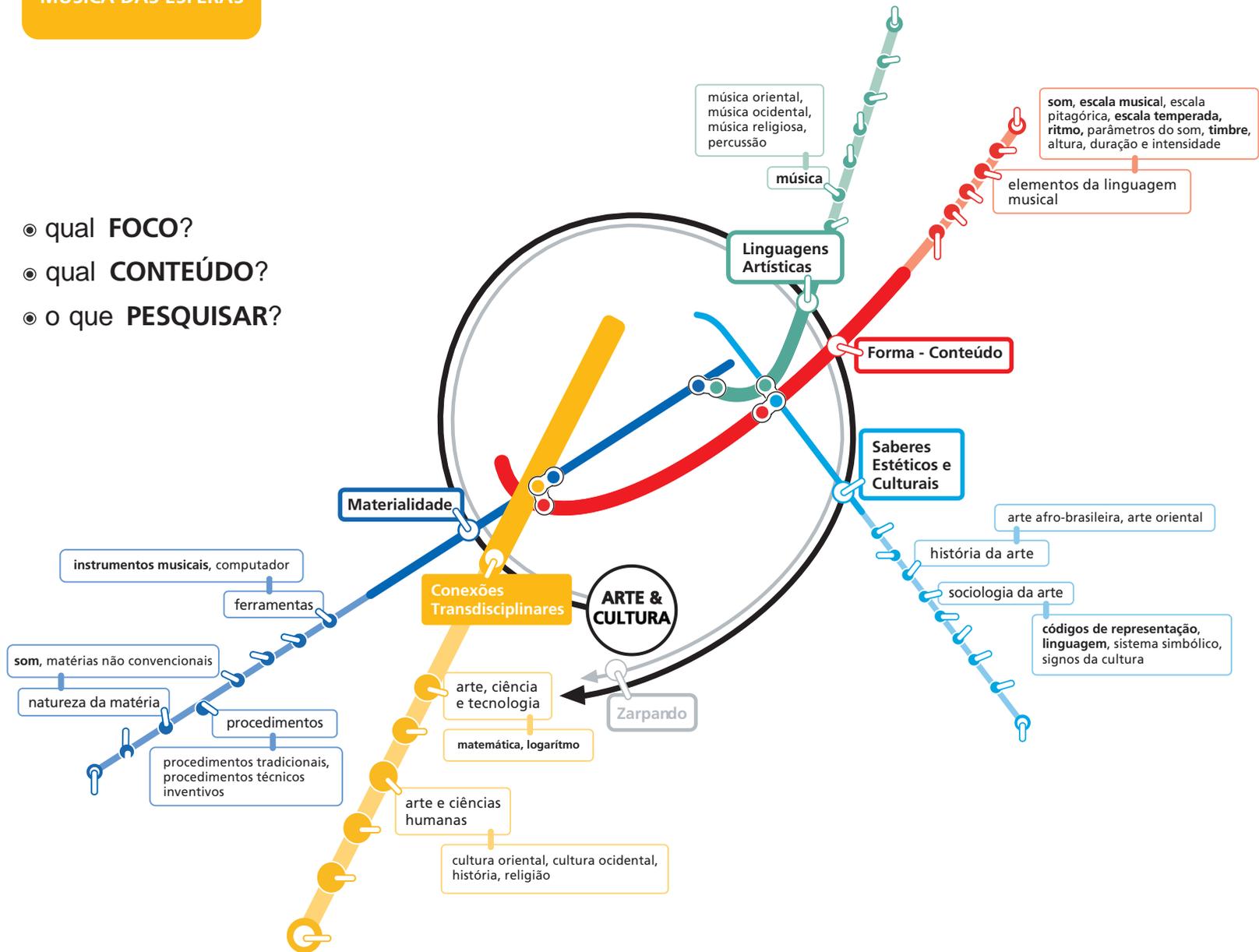
instrumentos ou são também pesquisadores? O que sabem da escala musical? Neste momento da conversa você pode exibir o documentário com os cálculos e divisões de escalas musicais criadas por Pitágoras e Bach.

Ampliando o olhar

- ☉ Vamos construir um monocórdio? Para fazê-lo vamos precisar de uma caixa de madeira, sobre a qual é esticado um fio, que será tangido para provocar tensão quando for tocado o instrumento. Na confecção podemos usar uma caixa de madeira de 75 cm × 15 cm × 10 cm, feita com tábuas de madeira maciça com 1,5 cm de espessura. Nas extremidades da caixa no lado interno use blocos de madeira para reforçar e ter apoio para a fixação dos eixos que vão prender o fio, a corda sonora: uma corda de violão ou guitarra vendida em lojas especializadas ou fio de aço. Os eixos para fixação da corda podem ser feitos com pequenas barras ou parafusos de aço para que a corda fique bem esticada para criar uma tensão. Para fazer as divisões das notas e fracionar os sons podemos usar uma peça de acrílico ou metal que seja maior que a altura dos eixos para criar tensão na corda e produzir sons (a peça é colocada entre a base de madeira e o fio). Lembramos que Pitágoras criou uma escala musical dividindo a corda do monocórdio mais ou menos assim: primeiro dó → corda inteira, segundo dó → $\frac{1}{2}$ da corda. Usando outras frações ($\frac{3}{4}$, $\frac{3}{5}$ etc.) foram criadas as notas que chamamos ré, mi, fá etc.
- ☉ Bach criou a afinação temperada que consistia em dividir a distância entre os dois dós em 12 intervalos sonoros iguais e não em frações simples. Nessa divisão, passa-se de uma nota para a nota aguda seguinte multiplicando a frequência da primeira por $2^{1/12}$; desse modo, temos: dó(1), dó# - lê-se o símbolo como sustenido ($2^{1/12}$), ré ($2^{2/12}$), ré# ($2^{3/12}$), mi ($2^{4/12}$), fá ($2^{5/12}$), fá# ($2^{6/12}$), sol ($2^{7/12}$), sol# ($2^{8/12}$), lá ($2^{9/12}$), lá# ($2^{10/12}$), si ($2^{11/12}$), dó em escala acima (2). O dó é considerado com frequência 1 (frequência é o número de oscilações por segundo). Assim sendo, o sustenido teria a frequência da

Mapa potencial
MÚSICA DAS ESFERAS

- qual **FOCO**?
- qual **CONTEÚDO**?
- o que **PESQUISAR**?



nota anterior multiplicada por $1/12$, o ré teria a frequência do dó multiplicada $2^{2/12}$ etc. De um som dó para o seguinte, mais agudo, dizemos que há uma oitava de diferença (porque de um dó ao seguinte há oito notas brancas no piano) essas duas notas têm mesmo som, reconhecemos isso, mas uma é mais grave que a outra; isso se deve ao número de vibrações da corda que produz a nota. Isso leva a uma afinação dos instrumentos ligeiramente diferentes da afinação pitagórica. Talvez essas relações sejam complicadas, mas três ideias são interessantes: uma afinação por meio de frações, uma afinação logarítmica levando a pesquisar sobre logaritmo, e uma exploração sonora.

- ☉ Uma espécie de curadoria musical pode ser feita com a seleção de trechos de músicas para um jogo sonoro. Primeiro podemos colocar as músicas, gravadas em um CD, para que todos possam ouvir. Proponha o desafio: que gêneros musicais eles distinguem? Samba, chorinho, bossa nova, rock, música erudita de várias épocas, rap, forró, cantigas folclóricas etc. podem fazer parte dessa curadoria sonora. Você pode também variar esse jogo perguntando sobre quais os instrumentos que eles percebem. Ao ouvir, por exemplo, um trecho de música como o forró, percebemos um destaque para alguns instrumentos como o triângulo; no rock pode haver solos de bateria ou guitarra, entre outras possibilidades. Esse jogo pode ser ampliado voltando à exibição do documentário, reconhecendo os instrumentos que ali são apresentados e pesquisando sobre ritmos de músicas e confecção de instrumentos a partir de vários materiais, motivando os alunos a produzirem música.
- ☉ Propor parcerias com outros educadores é um ótimo jeito de fazer crescer um projeto de ação educativa entre arte e ciências. Busque parcerias que estejam atentas às interlocuções entre saberes, que valorizem a integração sem perder a complexidade do conhecimento de cada área. Estudos e experiências sobre o som e como se propaga pelo ar são importantes. As vibrações produzem oscilações de pressão

no ar em volta que se propagam afastando-se sempre do ponto de origem, tal como acontece em um lago quando jogamos uma pedra. Nosso ouvido capta as ondas sonoras que vibram ao chegarem ao tímpano, produzindo impulsos nervosos e interpretações sobre o tipo de sons. Estudar esses aspectos abre espaço para projetos que envolvam toda a escola nas diferentes áreas dos saberes.

- ☉ Uma forma de fazer experiências com sons é criar instrumentos de sopro com garrafas com água, para perceber como os sons se relacionam em ondas que se propagam no ar com influência de líquidos. Para experimentar fazer música com materiais que estão em nosso cotidiano, peça aos alunos para trazer cinco garrafas de vidro do mesmo tamanho. Encha a primeira garrafa com água quase até a boca, a segunda com três quartos de água, a terceira pela metade, a quarta com um quarto de água, e deixe a quinta vazia. Para enxergar melhor os níveis de água, você pode colorir a água com algumas gotas de tinta ou anilina. Proponha que os alunos experimentem soprar por cima de cada garrafa. Sons diferentes podem surgir, com mais água o som é mais grave e a garrafa sem água produz um som mais agudo. Faça várias experiências com os alunos e pesquise sobre aparelhos que medem o som, hoje há vários programas de computador que apresentam esses resultados. Uma dica é a pesquisa feita em escolas com alunos do Ensino Médio, disponível em: <http://www.dgidc.min-edu.pt/mat-no-sec/pdf/trabalho_celina.pdf>.
- ☉ Experimentos sonoros com um xilofone podem ser feitos também com garrafas de vidro, utilizando dessa vez sete garrafas: uma para cada nota musical. Níveis de água diferentes em cada garrafa vão produzir sons distintos. Depois pendure em um cabo de vassoura com barbantes. Com um bastão de madeiras as garrafas viram notas musicais. O som de cada nota vai depender do tipo (tamanho) da garrafa e da quantidade de água. O que os alunos inventam?



Conhecendo pela pesquisa

- ☉ Quais materiais podem se transformar em instrumentos? O povo de Trinidad, ilha do Caribe, transformou lixo da época da Segunda Guerra Mundial: tambores de aço usados para óleo de navios deixados na ilha pelos soldados norte-americanos. O povo percebeu que esse material produzia um som diferente. Assim criaram os *Pans*, que marcam uma forma de música que faz parte do patrimônio cultural do povo de Trinidad. Uma pesquisa pode ser desenvolvida sobre a música nas diversas culturas e seus instrumentos feitos de materiais do cotidiano ou instrumentos tradicionais. Essas pesquisas podem levá-los a descobrir músicos que exploram e inventam instrumentos, como Hermeto Pascoal, grupo Uakti ou Walter Smetak, ou que tiram som do próprio corpo, como o grupo Barbatuques.
- ☉ O que os alunos conhecem da notação musical? São muitos os símbolos das partituras convencionais que podem ser apresentados aos alunos, se você, professor, tem formação na área ou há algum aluno que tenha. Músicos contemporâneos também têm criado partituras inusitadas que se utilizam de recursos visuais, palavras etc. Vale pesquisar a obra *Patria* de Murray Schafer, disponível em: <<http://www.patria.org>> e a esfera *Acronon* de Koellreutter que permite infinitas possibilidades de leituras, disponível em: <<http://www.cultura.rs.gov.br/internas.php?inc=assessoria&cod=1126641248>>, entre outros.
- ☉ O que os alunos gostam de ouvir? O que sabem sobre essas linguagens musicais? Sabem que, por exemplo, a palavra *rap* tem origem nas palavras em inglês: *rhythm and poetry* – ritmo e poesia, que por suas iniciais formam a palavra *rap*? Sua principal característica é o discurso rítmico com rimas, nasceu na Jamaica na década de 1960 e é um dos elementos da música e cultura *hip hop* entre outras particularidades desse estilo que os alunos podem descobrir. Assim como o rap, o rock norte-americano, a electrohouse (eletrônica/techno/dance), o forró universitário ou o rock brasileiro tem sua história e

estão ligados a contextos culturais que influenciam a vida e comportamento dos jovens. Uma pesquisa a partir da realidade dos estudantes pode ser instigante.

- ☉ Na primeira parte do documentário *Música das esferas*, há uma explicação de como o som se propaga pelo ar no processo de compressão e rarefação. Em uma parceria com a disciplina de física, o que pode ser pesquisado sobre o som e suas propriedades, timbre, altura, intensidade, duração entre outras possibilidades?
- ☉ Vamos calcular as notas de Bach pela teoria de Napier? Por exemplo: A nota mi tem valor na escala de Bach de $2^{4/12}$. Desenvolva essa operação usando os logaritmos de Napier e encontre o valor. Você pode usar uma tabela de logaritmos de base 2 ou uma calculadora científica. Na calculadora para encontrar o valor de $2^{4/12}$, digite a sequência: $2 \text{ y}^x (4 \div 12) = x$. Quanto fizer isso irá obter o valor $x = 1.25999105$, dessa forma você descobrirá o valor da altura do som da nota mi. Proponha que os alunos pesquisem o valor das outras notas. Busque parcerias com o professor de Matemática. Você pode conhecer mais sobre a tabela logarítmica no site: <http://www.somatematica.com.br/emedio/tablog.php>. Com um programa de computadores também se podem fazer cálculos para saber o valor da altura das outras notas da escala temperada de Bach. Imagine que no tempo de Napier esses cálculos eram feitos na ponta do lápis, mas agora há muitos recursos. A planilha Excel (Office) apresenta várias possibilidades: há uma opção no ícone fórmulas, opção matemática, trigonometria. Nesse momento escolha a sigla LN (Logaritmo Neperiano ou natural de um número). Essa ação abre uma janela de digitação onde você pode escrever a sentença matemática: $2^{(4/12)}$. Assim você obterá o mesmo valor da calculadora da nota mi. Brinque com esse recurso e descubra o valor das outras notas da escala de Bach; as referências são: dó(1), dó#($2^{1/12}$), ré($2^{2/12}$), ré#($2^{3/12}$), mi($2^{4/12}$), fá($2^{5/12}$), fá#($2^{6/12}$), sol($2^{7/12}$), sol#($2^{8/12}$), lá($2^{9/12}$), lá#($2^{10/12}$), si($2^{11/12}$), dó em escala acima (2). O símbolo # é lido como sustenido.

- ☉ Pesquise se próximo à escola ou entre a comunidade (pais ou familiares dos alunos) há músicos para convidá-lo para uma conversa com a turma. Essa proposta, além de ampliar saberes, pode valorizar a cultura local e aproximar comunidade e escola.

Desvelando a poética pessoal

Um espaço para que os alunos se sintam motivados a criar e a descobrir sua poética pessoal a partir das conexões impulsionadas pelo documentário é um desafio também para nós, professores. Uma das possibilidades é construir o monocórdio de Pitágoras já explicado em *Ampliando o Olhar*, que permite a análise de sons emitidos para o estudo da materialidade do som e construção de conceitos na música e na ciência. Que sonoridades os alunos podem inventar?

Outra proposição é procurar saber se entre os alunos há grupos de música, como bandas de garagem, grupos de hip hop, grupos de coral, entre outros. A partir dos interesses dos jovens, você, professor, pode propor a organização de apresentações ou mesmo um festival de música.

Poéticas pessoais, modos singulares de criação podem gerar boas produções, envolvendo arte e matemática. Fotos que registrem percursos, CD com músicas gravadas, depoimentos dos alunos e anotações podem compor um portfólio que conte a história do projeto.

Amarrações de sentidos: portfólio

O universo da música oferece muitas descobertas e para dar sentido ao que se estudou é importante que os alunos se apropriem dos conceitos construídos. Uma ideia é construir uma enciclopédia virtual de música, ou mesmo criar um *blog* para deixar disponíveis as informações colhidas durante o projeto e também espaço aberto para que outros jovens de diferentes partes do mundo possam também se manifestar sobre o universo

da música, além de novos *links* e fóruns de discussão sobre a música, direito autorais e pirataria da produção artística musical. Como essas questões afetam a vida dos jovens hoje? Quais as diferentes opiniões a respeito do assunto?

Um portfólio pode ser também criado por meio eletrônico, gravado em CD com músicas que fizeram parte do projeto, pequenos filmes que mostram a interação dos alunos nas experiências e apresentações musicais, além de depoimentos e relatos de alunos, professores e membros da comunidade envolvidos.

Valorizando a processualidade

Na análise do portfólio e na leitura das ações realizadas, o que conseguimos aprofundar com os nossos alunos? Algo mudou em relação ao seu gosto musical? E sobre a história da música? E sobre a música e suas relações com as ciências? Os alunos se envolveram no projeto realizado? As discussões sobre música e mídias de comunicação de massa tornam os alunos mais críticos em relação ao consumo de produções musicais? A fala dos alunos sobre o que mais gostaram e o que menos gostaram sobre o que foi mais importante, sobre as dificuldades e sobre o que faltou no desenrolar do trabalho é um valioso instrumento de avaliação. É importante, também, perceber e valorizar o percurso trilhado composto pelas diversas ações concretizadas que se transformam em dados para avaliar e perceber que outros caminhos poderiam ser traçados e o que poderia ser apresentado para outras turmas, o que nos faz refletir, juntamente com o diário de bordo, em nosso próprio aprendizado.

Personalidades abordadas

Alberto Marsicano (São Paulo/SP, 1962) – Músico, filósofo e pesquisador dos ritmos hindus. É autor de vários livros e traduções de escritos musicais de peças clássicas indianas. Introduziu o instrumento indiano sitar no Brasil. Faz shows por todo o Brasil e no exterior.

Caito Marcondes (Rio de Janeiro/RJ, 1954) – Músico percussionista. Cria e explora muitos instrumentos com materiais inusitados. Faz uma música de

atmosfera mágica, fruto de profunda pesquisa rítmica de várias culturas. É considerado pela crítica brasileira um dos maiores músicos percussionista do Brasil.

Johann Sebastian Bach (Alemanha, 1685-1750) – Organista e compositor alemão luterano do período barroco. Considerado por muitos o maior compositor da história da música. Muitas de suas obras refletem uma grande profundidade intelectual, uma expressão emocional profunda e, sobretudo, um grande domínio técnico. Pesquisador, propôs a escala temperada com notações matemáticas descritas em logaritmos.

John Napier (Escócia, 1550-1617) – Matemático, astrólogo e teólogo. Foi responsável por enorme avanço para a matemática pela formulação do conceito de logaritmo como um artifício capaz de facilitar os cálculos. Seus cálculos modificaram a maneira de fazer contas na matemática financeira, além dos avanços nas navegações e cálculos em astronomia.

Pitágoras de Samos (Grécia, c.570 a.C. - c.496 a.C.) – Filósofo, matemático, músico. Sustentava que o cosmos é regido por relações matemáticas. Na música deixou experimentos que influenciaram a música ocidental, como a Escala Pitagórica; na geometria, o Teorema de Pitágoras; na astronomia, estudos sobre a ordem no universo a partir da observação das estrelas, rotação da Terra e ciclo das estações do ano. Foi fundador da Escola Pitagórica, que tem por essência o princípio de que todas as coisas são compostas por números, configuradas em relações matemáticas combinadas que demonstram harmonias, essências, belezas.

Vitor da Trindade (Rio de Janeiro/RJ, 1957) – Compositor, percussionista e violonista popular. Ensina ritmos e danças tradicionais afro-brasileiras, tendo vivido na Alemanha e ministrado cursos no exterior. Compôs para peças de teatro e para o balé “As Yabás”.

Vivaldi (Itália, 1678 - Áustria, 1741) – Compositor de música barroca. Nasceu Antonio Lucio Vivaldi, é autor de mais de quinhentos concertos (210 dos quais para violino ou violoncelo solo), óperas, sinfonias, 73 sonatas, música de câmara e música sacra. *As quatro estações - Opus 8* é sua obra mais conhecida. Ele rompeu com a estrutura da época, fugiu das formas acadêmicas e adicionando contrastes harmônicos e melódicos.

Glossário

Logaritmo – Como instrumento de cálculo, surgiram para realizar simplificações, uma vez que transformam multiplicações e divisões nas operações mais simples de soma e subtração. É um estudo da matemática que depende do conhecimento sobre potenciação e suas propriedades. Para encontrarmos o valor numérico de um logaritmo é preciso desenvolver uma potência ou toda potência pode ser transformada em um logaritmo. Fonte: Disponível

em: <http://ecalculo.if.usp.br/funcoes/logaritmica/historia/hist_log.htm>. Acesso em: ago. 2009.

Música das esferas – Pitágoras descobriu a relação matemática entre som e harmonia, mostrando que os sons que chamamos de harmônicos, prazerosos, obedecem a uma relação matemática simples. Ele as lançou para as esferas celestes, onde, segundo a lenda, apenas o mestre podia ouvir a música das esferas. Fonte: JACQUEMARD, Simonne. *Pitágoras e a harmonia das esferas*. Rio de Janeiro: Difel, 2007.

Parâmetros do som – Elementos constitutivos de qualquer som. Embora haja músicos que trabalhem com mais outros, são considerados quatro os parâmetros: **Altura** – indica agudos e graves. Popularmente “grosso” e “fino”. Alguns instrumentos musicais são reconhecidamente instrumentos que tocam sons graves: contrabaixo, tuba, tímpano; outros são reconhecidamente agudos: triângulo, flauta *piccolo*, ocarina. **Duração** – tempo que o som existe no espaço, longos e curtos. Pela sua alternância se constrói ritmos. **Intensidade** – determina som forte e fraco. **Timbre** – identidade do som, por exemplo sabemos se uma colher que caiu no chão é de metal ou plástico pelo seu timbre. Fonte: SÃO PAULO (Estado) Secretaria de Educação. *Caderno do professor: arte, ensino fundamental - 6ª série*. São Paulo: SEE, 2009. v. 3.

Rarefação e compressão do som – O som é uma forma de energia observada pelo aumento ou redução periódica da densidade do ar, ou seja, compressão e rarefação. O movimento de vaivém do diafragma produz a onda sonora, que consiste numa compressão seguida de uma rarefação. A distância entre duas compressões sucessivas ou duas rarefações sucessivas é o comprimento de onda Sonora. O som pode apresentar variações. Essas variações são dadas pela mudança de frequência, timbre ou intensidade. Um som grave é produzido por uma frequência baixa de ciclos, algo em torno de 20 ou 30 Hertz. Os sons agudos são gerados por frequências muito altas até o limite da faixa audível de 20 kHz. Fonte: MATRAS, Jean-Jacques. *O som*. São Paulo: Martins Fontes, 1991.



Bibliografia

ABDOUNUR, Oscar João. *Matemática e música: o pensamento analógico na construção de significados*. São Paulo: Escrituras, 2006.

CANDÉ, Roland de. *História universal da música*. 2.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001. v.1.

FELIZ, Júlio. *Instrumentos sonoros alternativos: manual de construção e sugestões de utilização*. Campo Grande: Oeste, 2002.

JACQUEMARD, Simonne. *Pitágoras e a harmonia das esferas*. Rio de Janeiro: Difel, 2007.

- MATRAS, Jean-Jacques. *O som*. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- OXLADE, Chris. *Ciência e mágica com som*. São Paulo: Nobel, 1995. p. 20-21.
- RIBEIRO, Artur Andrés. *Uakti: um estudo sobre a construção de novos instrumentos musicais acústicos*. Belo Horizonte: C/ Arte, 2004.
- SÃO PAULO (Estado) Secretaria de Educação. *Caderno do professor: arte, ensino fundamental - 6ª série*. São Paulo: SEE, 2009. v. 3.
- SCHAFER, Murray. *O ouvido pensante*. São Paulo: Ed. da Unesp, 1991.
- WISNIK, José Miguel. *O som e o sentido: uma outra história das músicas*. São Paulo: Círculo do Livro: Companhia das Letras, 1989.

Webgrafia

os sites a seguir foram acessados em 29 jun. 2009.

ALBERTO Marsicano. Disponível em: <<http://albertomarsicano.vilabol.uol.com.br>>.

ARTE & matemática: 13 programas da série (pesquisas, conceitos e entrevistas). Disponível em: <<http://www2.tvcultura.com.br/artematematica/programas.html>>.

BARBATUQUES. Disponível em: <<http://www.barbatuques.com.br>>.

CONSTRUÇÃO de instrumentos e a física na música. Disponível em: <<http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/pef/materiais/fisicaemusica/unid6pg11.htm>>.

HISTÓRIA da música. Disponível em: <<http://www.edukbr.com.br/artemahnas/historiadamusica.asp>>.

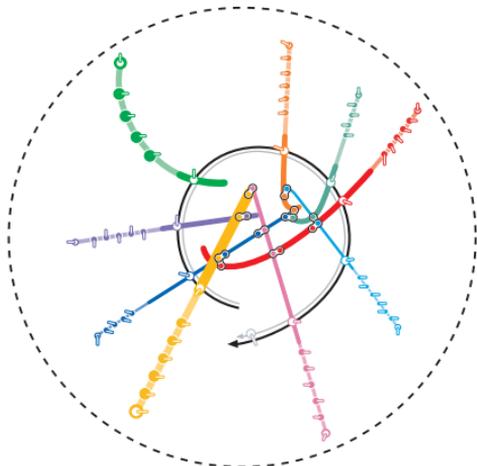
_____. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/musica/historia-da-musica>>.

_____. Disponível em: <<http://www.oliver.psc.br/compositores/historiamusica.htm>>.

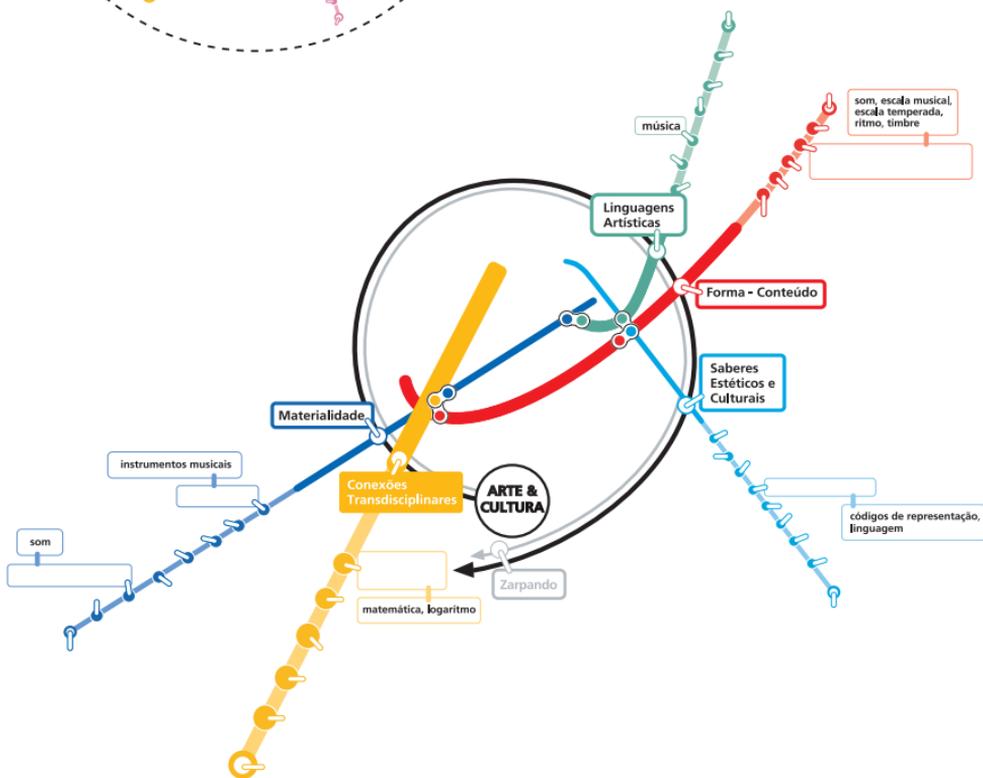
A MATEMÁTICA da Música (ou uma aplicação curiosa dos logaritmos). Disponível em: <<http://www.geocities.com/matematicacomprazer/logaritmomusica.html>>.

MONOCÓRDIO. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/gram/monocordio.pdf>>.

TABELA de logaritmos. Disponível em: <<http://www.somatematica.com.br/emedio/tablog.php>>.



Mapa potencial
MÚSICA DAS ESFERAS



Patrocínio



Organização



www.artenaescola.org.br