

Música e matemática – um minicurso interdisciplinar

Leonardo José Leite da Rocha Vaz¹ e Marcos Oliveira de Pinho²

Resumo: O objetivo deste trabalho é propor uma alternativa de contextualização do ensino dos números racionais a alunos do Ensino Fundamental, com o auxílio de novas tecnologias: uma série de oficinas, cujo público-alvo seria formado, principalmente, por estudantes da quinta e sexta séries do Ensino Fundamental. Serão explicados os elementos básicos da música: ritmo, melodia e harmonia. Também será abordada a formação da escala ocidental de notas musicais através da experiência do matemático grego Pitágoras. Alguns dos principais elementos das ondas sonoras, como altura e frequência, serão relacionados aos números racionais. Por meio de uma experiência audiovisual, que integra os raciocínios musical e visual ao raciocínio lógico-matemático, é sugerida uma nova abordagem no ensino das frações.

Palavras-chave: Música; matemática; interdisciplinaridade; ensino de matemática; números racionais; razões matemáticas

Music and mathematics: a brief interdisciplinary course

Abstract: The purpose of this work is proposing an alternative for the teaching of rational numbers, with help from new technologies: a set of workshops, directioned for Fifth and Sixth grades's students. It will be explained the basic elements of the Music: rhythm, melody and harmony, and the formation of the western musical scale, through the experience from the Greek mathematician Pythagoras. Some of the principal elements of the sound waves, like height and frequency, will be related to rational numbers. Through an audiovisual experience, that integrates the musical and visual ratiocination and the logical-mathematical ratiocination, a new approach to the fractions teaching is suggested.

Key words: Music; mathematics; interdisciplinarity; teaching of mathematics; rational numbers

Introdução

O presente artigo tem por objetivo relatar a experiência de um minicurso, integrando as disciplinas Música e Matemática, ministrado, em sala de aula, como pesquisa de campo para a dissertação de Mestrado Música e Matemática: novas tecnologias do ensino em uma experiência interdisciplinar, apresentada por Leonardo Vaz, em 2006, e orientada pelo Professor Marcos Pinho, do Instituto de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-RJ). Apresentamos aqui

¹ Professor do Departamento de Matemática no Colégio Militar do Rio de Janeiro. Mestre em Ensino de Matemática pelo CEFET-RJ. E-mail: leonardoleite@click21.com.br

² Professor do Departamento de Matemática no CEFET-RJ. Doutor em Engenharia Nuclear pela UFRJ. E-mail: depinhogalois@gmail.com

um breve referencial teórico, mas nosso foco principal é a exposição das oficinas e a discussão dos resultados.

Desde a fase áurea da civilização grega, música e matemática sempre caminharam de mãos dadas. A experiência de Pitágoras com seu monocórdio, além de ser considerada como o primeiro experimento científico da humanidade, contribuiu para que os intervalos musicais fossem relacionados a razões matemáticas. Essa relação perdurou por muitos séculos e influenciou toda a fundamentação da teorização da música ocidental.

Em diversos elementos da música, percebemos nitidamente a presença da matemática: nos tempos e nas durações dos sons; nas fórmulas dos compassos; nas medidas dos elementos sonoros, como intensidade e frequência — que se relacionam, respectivamente, ao volume e às alturas das notas musicais; na formação de escalas, acordes e outras relações harmônicas.

Essa intimidade entre as duas disciplinas pode e deve ser explorada em sala de aula. Numa época em que, cada vez mais, se fala em interdisciplinaridade e contextualização, é necessário desenvolver o raciocínio analógico (Abdounur, 1999), por meio da construção de redes de significados (Levy, 1993); estimular a elaboração de metáforas (Machado, 2002); e promover o desenvolvimento das inteligências múltiplas (Gardner, 1995), privilegiando a capacidade de manejar conceitos (Saviani, 1994).

O professor do século XXI deve acompanhar todas essas tendências. Qualquer tema lecionado no Ensino Fundamental pode e deve ser contextualizado, levando-se em consideração o conhecimento previamente adquirido pelo aluno e o seu estágio de desenvolvimento cognitivo (Piaget; Szeminska, 1971)

O tópico escolhido para este trabalho foi o conjunto dos números racionais, mais especificamente em sua forma fracionária, assunto que costuma gerar problemas de compreensão (Vaz, 2006) e é vastamente aplicado em diversos pontos do currículo fundamental. Estabeleceremos aqui uma analogia entre números racionais e razões matemáticas, o que nem sempre ocorre no modelo tradicional. Tal analogia permite fazer uso também dos números racionais na abordagem didática da relação da matemática com a música.

Há diversas possibilidades de contextualização das frações. Muitas delas relacionam-se à geometria, estimulando o desenvolvimento das inteligências visual e espacial. Procuramos uma forma diferente, que fizesse uso da inteligência musical. Para tal propósito, foi elaborado um minicurso: um conjunto de 4 oficinas de 45 minutos cada uma, abordando diversos tópicos da música e lançando mão de conhecimentos matemáticos para a resolução de problemas.

As aulas-oficinas foram ministradas ao longo do ano letivo, nos meses de junho e agosto de 2006; portanto, de forma paralela ao ensino tradicional. Foram montadas duas

turmas: a primeira, com alunos do sexto ano do Ensino Fundamental, gentilmente cedidos por professores de outras disciplinas durante seus horários. A segunda foi composta por estudantes do sexto, sétimo e oitavo anos do Ensino Fundamental, convidados em divulgação prévia. As aulas para estes últimos foram ministradas fora do turno letivo.

Módulo I – Tempos e Ritmos

A primeira aula foi introduzida com uma indagação: “O que é a música?”. O objetivo era que os ouvintes descrevessem seus elementos e as sensações proporcionadas pela música, e não que buscassem uma definição precisa.

As primeiras respostas giravam em torno da combinação entre letra e melodia. Porém, todos os presentes concordaram que nem todas as músicas possuem letra. E, após uma breve explanação, concluíram também que algumas músicas sequer possuem melodia. Então chegaram ao primeiro elemento básico da música: os ritmos.

Um ritmo é formado por uma sucessão de sons ao longo de um tempo. Seria, pois, impossível dissociar “ritmo” de “tempo”. Para ilustrar essa associação, foi proposta a seguinte atividade: pedimos que todos fechassem os olhos e, a partir de certo instante, passassem a contar mentalmente o tempo, sem que nenhum som fosse emitido. Após um minuto, segundo a sua própria contagem, cada um deveria levantar o braço, só reabrindo os olhos após a ordem do professor.

O resultado não chegou a surpreender: uma aluna levantou o braço após 34 segundos. A partir daí, vários terminaram suas contagens em instantes diferentes, até o final da atividade, aos 80 segundos. Apenas três alunos conseguiram encerrar a contagem no tempo correto, com uma margem de erro de um segundo. Todos imaginaram algum ritmo em suas mentes, enquanto contavam de 1 a 60.

A mesma atividade foi proposta logo em seguida, mas com uma variação: o professor iniciou uma marcação rítmica, com intervalos de um segundo. Após o fim da marcação, os alunos iniciaram a contagem.

Nesse segundo caso, cerca de 20 alunos conseguiram o tempo correto (com a mesma margem de erro). As estratégias utilizadas foram diversas: um dos meninos alternava os dedos, enquanto uma das meninas balançava os pés em intervalos de tempo constantes. Outro utilizou um método mais curioso: contava um grupo de figurinhas de 1 a 60.

Em seguida, foram apresentadas as figuras rítmicas (semibreve, mínima, semínima, colcheia e semicolcheia) e os seus significados (Priolli, 1983). Alguns dos alunos já as conheciam e chegaram a perguntar sobre as figuras pontuadas: Estas figuras rítmicas correspondem, em unidades de tempo, respectivamente, a 4, 2, 1, $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$. Uma figura

pontuada tem seu valor aumentado em 50%. Dessa forma, uma mínima pontuada, por exemplo, equivale a três unidades de tempo.

Foi proposto, então, um ditado musical: tomando a semínima como unidade de tempo, os alunos deveriam efetuar a leitura de cada uma das figuras (utilizando, por exemplo, a sílaba “ta”). Todos o fizeram com facilidade, para a semibreve, a mínima e a semínima.

O problema surgiu a partir da colcheia: como construir “meio tempo” em um ritmo? Prontamente surgiu a solução: lendo duas notas de igual valor em um tempo, cada uma teria a duração de meia unidade. O problema análogo, para a semicolcheia, teve resposta similar: quatro semicolcheias formam uma semínima.

Por fim, solicitamos aos alunos que construíssem uma música com 12 tempos de duração, contendo necessariamente pelo menos uma de cada figura rítmica. Foram apresentadas diversas soluções, tais como:

Solução 1: 

Solução 2: 

Solução 3: 

Alguns estudantes, de forma voluntária, fizeram a leitura rítmica das soluções encontradas, finalizando o primeiro módulo.

Módulo 2 – Pulsos e Compassos

No início deste segundo módulo, foi definida uma outra característica sonora: a intensidade. Sons com a mesma duração podem diferir pelo volume com que são reconhecidos pelo ouvido humano: a alternância de sons “fortes” e sons “fracos” forma a “pulsção” de uma música.

Os “compassos” seriam, pois, a maneira de organizar essas pulsações. Foram expostos os dois tipos mais simples de compasso: o binário — um tempo forte a cada dois tempos — e o ternário ou terciário, um tempo forte a cada três tempos.

Os compassos foram construídos inicialmente da seguinte maneira: a turma produzia a pulsação básica, ou seja: sons sempre com o mesmo ritmo e intensidade. O professor produzia os tempos “fortes”: um a cada dois, no compasso binário; um a cada três, no compasso ternário.

Para efeito de simplificação, o compasso quaternário — um tempo forte a cada quatro — foi tomado como um caso particular do binário. Um outro compasso, que possui um tempo forte a cada seis tempos, poderia ser considerado uma variação do binário, ou do ternário. Neste modelo, é possível contar “1 2” ou “1 2 3” e encaixar essa contagem na música facilmente, pois 6 é múltiplo de 2 e de 3, simultaneamente.

Outros compassos, como o formado por um som forte a cada cinco, foram explicados como possíveis, porém mais raros na música universal.

A seguir, foi proposto que os alunos descobrissem qual o tipo de compasso em diversas músicas clássicas ou populares. O professor identificou as duas primeiras, como exemplo. Não houve dificuldades nesta tarefa.

Por fim, através de um programa de computador, foram mostradas algumas partituras e seus respectivos compassos, cada um deles representado por uma razão, cujo segundo termo correspondia ao número da unidade rítmica tomada como padrão (4, para a semínima). O primeiro termo indicaria o tipo de compasso (2 para o binário, 3 para o ternário e assim por diante).

Esses mesmos compassos poderiam ser escritos de outras formas, caso a unidade rítmica fosse diferente: o binário, por exemplo, seria um compasso $1/2$, tomando-se a mínima como padrão; $4/8$, com a colcheia; $8/16$, com a semicolcheia; e assim por diante.

O programa em questão permitia ainda a construção de compassos formados por frações impróprias, tais como $7/4$ e $9/4$. Houve curiosidade da turma sobre esses compassos. Os alunos ouviram-nos atentamente e não tardaram a esclarecer sua formação: o primeiro caso era formado por um compasso com 4 semínimas e um com 3. Já o segundo alternava dois compassos com 4 semínimas e um com uma semínima.

O mesmo *software* seria ainda bastante útil para o terceiro módulo, que foi ministrado no mesmo dia.

Módulo 3 – As formas do som e as notas musicais

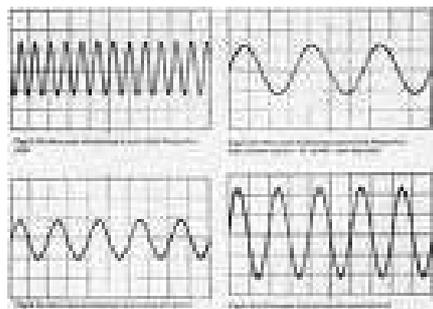
Até aqui, já haviam sido discutidas duas das qualidades do som: duração e intensidade. Neste módulo, abordamos outras duas: o timbre e a frequência.

O *software* permitia que a mesma música fosse tocada por diversos instrumentos, o que ajudava a ilustrar o conceito de timbre. Os alunos puderam perceber que uma mesma nota musical (isto é, um som com altura, duração e intensidade definidas) poderia soar de forma diferente, se tocada por um piano, uma flauta ou um trombone, por exemplo.

Embora este tenha sido um tema do módulo anterior, a ideia de duração também pôde ser retomada, pois um dos comandos permitia escolher o andamento da música, isto é, a

quantidade de semínimas por minuto, de 30 a 500. Os alunos foram questionados sobre o que ocorreria, se o andamento escolhido fosse exatamente igual a 60: vários perceberam que, nesse caso, o intervalo entre duas notas consecutivas seria de um segundo. Se a quantidade fosse 30, a duração do intervalo seria de dois segundos. A conclusão geral foi que, multiplicando-se a quantidade de semínimas por um fator qualquer, a duração de cada intervalo seria dividida por esse mesmo fator.

A ideia central desta aula, todavia, foi o conceito de frequência de um som. Para não criar problemas epistemológicos, evitamos a distinção entre altura (conceito musical) e frequência (conceito acústico). Assim, a onda sonora foi comparada a uma onda comum por meio de figuras geométricas. A frequência foi associada à quantidade de “cristas” (ou “vales”) em uma unidade de tempo preestabelecida.



As ondas representadas na parte superior possuem a mesma amplitude. Isso é caracterizado pela medida da distância entre o ponto mais baixo (vale) e o ponto mais alto (crista) da onda. O que as distingue é o fato de a onda da esquerda possuir uma frequência maior: enquanto esta possui 13 cristas, na onda da direita podem ser contadas apenas 3. Em se tratando de notas musicais, poderíamos dizer que ambas teriam a mesma intensidade, com alturas distintas. Em outras palavras, o som representado pela figura da esquerda é mais agudo, com uma altura mais de 4 vezes superior ao outro som.

As figuras da parte inferior possuem a mesma frequência: em ambas visualizam-se cinco cristas. No entanto, a onda da direita possui uma amplitude maior, o que significa que a intensidade deste som seria maior, se comparado com o representado pela figura esquerda.

Foram ouvidas também notas musicais diferentes, o que seria compreendido como sons de frequências (ou alturas) diferentes: as notas mais altas (isto é, mais agudas) possuíam frequências maiores, enquanto as mais baixas (graves), frequências menores.

Essa percepção seria o fundamento para o quarto e último módulo.

Módulo 4 – A Escala Diatônica e a Experiência Pitagórica

Os três primeiros módulos haviam trabalhado primordialmente um dos elementos da música: o ritmo. Portanto, este último teria o objetivo de abordar os outros, ou seja, a melodia, entendida como a sucessão de notas musicais, e a harmonia — as relações entre elas.

Um episódio da história da música, que se confunde com a da própria matemática, foi narrado: a experiência de Pitágoras com o seu monocórdio.

A primeira descoberta pitagórica relatada à classe foi a relação inversamente proporcional entre os comprimentos da corda e a altura dos sons produzidos: quanto maior o comprimento, mais grave o som.

Outra conclusão tirada pelo matemático e filósofo grego foi a seguinte: ao dobrar o comprimento de uma corda e, conseqüentemente, reduzir à metade a altura do som produzido, a nota musical resultante seria muito semelhante à anterior; apesar de mais grave, a sensação auditiva era a mesma. Ambas as notas receberiam o mesmo nome. Em notação atual, poderiam ser, por exemplo, um “dó” e o “dó” subsequente, uma oitava acima.

Finalmente, o conceito que hoje conhecemos por “harmonia” surgiu quando Pitágoras tocava duas notas simultaneamente, o que poderia ser pensado hoje como um “acorde”.

O acorde mais harmonioso seria definido como aquele composto por duas notas de mesmo nome, como no exemplo anterior. Em segundo lugar, viria o que, em notações atuais, é o intervalo de quinta justa (um “dó” e um “sol”, por exemplo).

No monocórdio, esse acorde seria obtido aumentando-se a altura da primeira nota em 50%. A partir desta relação básica, seria possível montar a escala de sete notas, como se conhece hoje em dia.

Para simplificar, utilizamos a escala de dó maior, por possuir apenas notas naturais e que são de conhecimento de todos.

A altura do “dó” mais grave foi definida como sendo igual a uma unidade. Por conseqüência, o “dó” agudo posterior teria duas unidades de frequência, enquanto o “sol”, entre eles, teria 1,5 (ou $\frac{3}{2}$).

Contando a partir do sol, o intervalo de quinta justa seria feito com a nota ré subsequente. Porém, ao multiplicar a frequência relativa do sol novamente por 1,5, obter-se-ia 2,25 (ou $\frac{9}{4}$), que é um valor superior a 2. Para que esta nota se localizasse entre os dois “dós” iniciais, bastaria encontrar sua equivalente mais grave, dividindo por 2; o resultado seria $\frac{9}{8}$.

Assim, há quatro “acordes básicos” de duas notas em um conjunto de oito (isto é, uma oitava): dó-sol, ré-lá, mi-si e fá-dó.

Solicitamos aos alunos que obtivessem as frequências das quatro notas restantes (“mi”, “fá”, “lá” e “si”), sabendo-se que a relação entre as alturas das duas notas de um “acorde básico” deveria ser 1,5.

Com a ajuda do professor, vários alunos conseguiram obter a resposta.

A turma foi, então, estimulada a calcular a razão entre as notas consecutivas (“dó” e “ré”, “mi” e “fá”, e assim por diante). Para o primeiro intervalo, foi obtido o valor de $\frac{9}{8}$, chamado, na notação atual, de “tom”. Já entre as notas “mi” e “fá”, a razão seria de $\frac{256}{243}$, conhecida como “semitom”.

A situação anterior foi ilustrada por um instrumento também conhecido como “flauta de Pã”. Nesta flauta, a altura de cada nota é definida pelo comprimento de cada tubo. Dessa forma, o maior deles (o “dó” mais grave) possui exatamente o dobro da medida do menor (o “dó” mais agudo).

Os alunos tiveram a oportunidade de verificar as medidas com o auxílio de uma trena. Curiosamente, um dos tubos — mais precisamente, o correspondente à nota “fá” — possuía uma medida diferente do valor teórico, o que gerou uma sensação de “desafinação”, percebida por alguns deles.

Enquanto algumas crianças efetuavam a medição, foi distribuído o questionário de avaliação, encerrando, assim, a oficina.

Avaliação das Oficinas

O aprendizado, durante o minicurso, foi avaliado de dois modos.

Informalmente, os alunos foram arguidos, ao longo das diversas etapas, sobre o assunto específico que estava sendo abordado. Mesmo quando um deles não sabia responder determinada questão, havia sempre um colega que apresentava a resposta correta, formulada dentro de sua linguagem. Não houve, pois, nenhum tópico em que a turma apresentasse dificuldade.

Além disso, o caráter prático de várias das atividades que constavam da oficina tornava a avaliação algo inerente ao processo. Um exemplo foi a medição do tempo: na primeira ocorrência, a classe discutiu sobre os problemas existentes e as estratégias possíveis para contorná-los; os alunos tiveram a oportunidade de refazer a atividade, chegando mais próximos do resultado esperado. Dessa forma, a autoavaliação e a autocorreção estiveram presentes em parte do processo. Ademais, houve também a avaliação formal, através do questionário anexo, preenchido de maneira anônima.

Primeiramente, solicitamos a cada um que fizesse um resumo livre do que havia aprendido na oficina. Listaremos aqui os tópicos mencionados pelos alunos no texto, seguidos da respectiva porcentagem da turma:

- Frações – 40%
- Multiplicação / Divisão – 24%
- Grandezas / Medidas – 16%
- Relações de ordem (maior / menor que) – 20%
- Ritmos – 36%
- Compassos / pulsações – 32%
- Tempos / Durações – 72%
- Frequência / Altura (graves / agudos) – 52%
- Outros elementos do som (timbre / intensidade) – 20%
- Outros elementos da música (melodia / harmonia) – 24%
- Notas musicais – 84%
- Escalas / tons / semitons – 12%
- A experiência pitagórica – 12 %
- Semelhanças / relações entre a música e a matemática – 64%

Dentre as frases que relacionam as duas áreas do conhecimento, podem-se destacar: “a música está diretamente ligada com a matemática, pois muitos sons, como as notas musicais, podem ser expressos em números”; “a música, como a matemática, segue uma ordem, um ritmo que é repetitivo”; “a matemática está presente em tudo, inclusive na forma musical de se pensar”; “a música precisa da matemática, como quando Pitágoras utilizou da matemática para ter noção das notas”; “nas duas matérias precisamos fazer contas, raciocinar e prestar atenção”.

No segundo item, havia duas perguntas: “Que tipo de aula você prefere: as aulas tradicionais ou aulas com atividades? Por quê?”

Para a primeira pergunta, 84% dos alunos responderam que preferem as aulas com atividades; 8%, as tradicionais; e, ainda, 8% disseram preferir ambas. Para os que preferiam aulas com atividades, algumas das justificativas foram:

- “Porque são mais legais e divertidas e as tradicionais são monótonas e chatas.”
- “Porque não fico nervosa e preocupada, apenas tento me interessar e aprender.”
- “Porque você aprende na prática.”
- “Porque eu percebo que tem outros jeitos de aprender as matérias.”
- “Porque os alunos participam mais.”
- “Porque fazem a pessoa raciocinar.”

Os dois alunos que responderam “ambas” perceberam que é possível aprender das duas formas. Entre os que preferiam as aulas tradicionais, um deles alegou “estar acostumado com elas”. O outro se confundiu, dizendo que não gostava de música.

No terceiro item, pedimos que fosse marcada ao menos uma dentre três opções: “Você acha que aulas como essa são mais adequadas para: 4ª série, 5ª série ou outras (quais)?”.

- Quarta e quinta séries - 8%
- Apenas quinta série – 36%
- Todas as séries – 32%
- Outras – 24%

Dentre os que marcaram a opção “outras”, 20% do total (cinco alunos) citaram a sétima série. Foram lembradas também a 6ª e a 8ª, com três ocorrências para cada uma. Um dos alunos escolheu as três séries do Ensino Médio.

Finalmente, a quarta questão: “Você acha difícil estudar frações? Por quê?”.

Em relação à primeira parte da pergunta, 84% responderam que não, 12% responderam “um pouco” e 4%, “mais ou menos”. Dentre os que responderam negativamente, algumas justificativas:

- “Porque tenho facilidade com a Matemática.”
- “Porque se prestar atenção fica fácil.”
- “Porque eu gosto.”
- “Porque eu já estudei isso.”
- “É até chato pela facilidade no início da matéria.”
- “Pra mim é só imaginar os pedaços da fração.”
- “Porque ela tem a ver com a música.”
- “Porque apenas utilizamos as frações para somas, multiplicações, divisões, subtrações e outros problemas, e isso eu acho fácil.”

Dentre os que responderam “um pouco” ou “mais ou menos”, as justificativas foram “porque é confuso” ou “porque são várias contas pra fazer e regras para guardar”.

Análise dos resultados

Com base no questionário avaliativo, podemos elaborar algumas conjecturas.

A primeira delas é que o aprendizado analógico foi realmente eficaz. Dentre os tópicos constantes dos resumos elaborados pelos alunos, quatro estavam no campo da matemática, enquanto oito pertenciam ao âmbito da música.

Os tópicos “matemáticos” tiveram uma média de citação de 25%. Já para os “musicais”, essa média foi de 41,5%.

A experiência pitagórica, que relacionara as duas disciplinas, não foi esquecida. E mais da metade dos alunos conseguiu perceber a semelhança entre ambas.

Ao longo do minicurso, vários itens do programa de Matemática da quinta série foram abordados, tais como: contagens e medições (módulos 1 e 4), adição (módulo 1), multiplicação e divisão (módulos 2, 3 e 4), frações (módulos 2 e 4) e grandezas proporcionais (módulo 3). Em várias dessas situações, no entanto, essa abordagem foi feita de modo implícito ou contextualizado. Isso possibilita aos alunos que não gostam de matemática ou possuem resistência a ela um aprendizado diferente, às vezes sem que eles mesmos percebam.

No tocante ao segundo item da pesquisa, houve quase unanimidade: as crianças desta geração já estão fartas das aulas tradicionais e clamam por inovações. Enquanto as aulas tradicionais são ligadas à monotonia, à preocupação e à memorização de regras, projetos como este são considerados mais divertidos, estimulam o raciocínio e a utilização de novas tecnologias.

Mesmo os mais jovens conseguem perceber o distanciamento que há entre a metodologia usada pelos professores e a rápida evolução tecnológica do mundo moderno.

Até aqueles que se decidiram pelo método tradicional o fizeram por hábito ou por puro desconhecimento das novas tecnologias. Urge, pois, uma mudança no comportamento dos docentes, mesmo que de forma gradual.

A partir do terceiro item, ocorreram alguns resultados inesperados.

O primeiro deles, no que tange à escolha das séries: apesar da linguagem simples e do uso de materiais concretos, apenas dois alunos escolheram especificamente a quarta série. Mais de um terço escolheu a quinta série, ou seja, a que correspondia à sua etapa letiva, demonstrando o anseio imediato por mudanças.

Outrossim, a escolha de “todas as séries” ou mesmo de níveis mais avançados, como a oitava série ou o Ensino Médio, revelou a universalidade desta modalidade de ensino, bem como a desatualização das metodologias vigentes.

O resultado mais surpreendente, contudo, surgiu na última questão.

Mesmo sendo um dos assuntos de mais difícil compreensão, o que é corroborado pelos resultados dos testes, nenhum aluno considerou difícil o estudo das frações. Várias justificativas foram apresentadas para esta linha de pensamento, o que se pode resumir em um parágrafo.

As crianças tomam contato com as frações já nas séries iniciais. O assunto é repetido exaustivamente, fazendo com que muitos alunos gravem ou memorizem vários concei-

tos. Os professores, por sua vez, insistem na confecção de exercícios parecidos e às vezes idênticos. As frações são usadas quase sempre no sentido abstrato, sem preocupação de vínculo com a prática. A manipulação é feita, basicamente, através das operações fundamentais, também já conhecidas pelos estudantes desde cedo.

Podemos dizer, pois, que esse tipo de estudo não gera maiores traumas para os alunos, mas causa a falsa impressão de aprendizado. No entanto, dificilmente o que é aprendido consegue ser transposto para situações práticas.

Os alunos que confessaram dificuldades no estudo das frações ajudaram a ilustrar o que foi dito nos últimos parágrafos: o excesso de regras e de contas para fazer torna tudo mais confuso.

A Segunda Turma

O segundo momento da oficina foi realizado de forma bastante semelhante ao primeiro. A única diferença significativa foi o uso de um violão para ilustrar a experiência pitagórica, no último módulo. Além de possuir semelhanças, quanto à forma, com o monocórdio, o violão serve como modelo para a reta dos números racionais.

Devido à adesão voluntária, contudo, os grupos foram heterogêneos: houve quem participasse de apenas três, dois ou mesmo um único módulo. Os questionários foram preenchidos por aqueles que assistiram a, no mínimo, duas palestras, totalizando 20 alunos.

As respostas do primeiro item, em geral foram similares às dadas pela turma de quinta série, novamente dando destaque aos itens mais “musicais”, em detrimento dos mais “matemáticos”:

- Frações – 10%
- Multiplicação / Divisão – 15%
- Grandezas / Medidas – 5%
- Relações de ordem (maior / menor que) – 20%
- Ritmos – 35%
- Compassos / pulsações – 50%
- Tempos / Durações – 35%
- Frequência / Altura (graves / agudos) – 25%
- Outros elementos do som (timbre / intensidade) – 30%
- Outros elementos da música (melodia / harmonia) – 30%
- Notas musicais – 70%

- Escalas / tons / semitons – 20%
- A experiência pitagórica – 20 %
- Semelhanças / relações entre a música e a matemática – 60%

Em relação às perguntas do segundo item, houve unanimidade: todos os entrevistados preferiram as aulas com atividades. As justificativas, em geral, foram as mesmas: prendem mais a atenção do aluno, não são entediadas, melhoram a concentração e estimulam a participação.

Quanto às séries em que as aulas seriam mais adequadas, 55% dos alunos responderam “todas”. Não houve identificação, mas é provável que alguns dos alunos que marcaram a opção “outras” tenham escolhido a sua própria série: 15% para a sexta e 5% para a sétima. Ainda, 15% escreveram “séries mais avançadas” e os 20% restantes escolheram a quinta série.

Na última questão, nova unanimidade: ninguém acha difícil estudar frações. Na justificativa, porém, foram observadas as seguintes frases:

- “Não é difícil, mas é meio chato.”
- “Só é meio chato quando surgem números grandes.”
- “O difícil é aplicá-las nos problemas.”
- “O difícil é mostrar a aplicação delas no dia a dia.”
- “Depende do exercício, há alguns muito simples e outros mais complexos.”

Tais justificativas reforçam a tese, já exposta, de que os alunos percebem a discrepância entre o conhecimento transmitido na escola e o que efetivamente é necessário para a vida prática. Essa discrepância acaba gerando rejeição, tornando a matemática — neste caso específico, as frações — uma “coisa chata”.

Uma outra conclusão que pôde ser tomada deste segundo momento é que este tipo de oficina é mais eficaz em turmas de adesão voluntária. O minicurso transcorreu sem nenhuma interrupção, diferentemente do que foi realizado na turma da quinta série, em que diversos alunos se mostraram desinteressados, chegando a atrapalhar, em alguns momentos, o prosseguimento da aula. As respostas ao item 2 apenas ajudam a reforçar essa conclusão.

Considerações Finais

Ao contrário do que preconizavam as principais teorias epistemológicas anteriores ao século XX, postula-se hoje que o conhecimento é construído principalmente através de analogias e metáforas (Machado, 2002), e não apenas de maneira linear e sequencial

(Abdounur, 1999). Pode-se, assim, otimizar o aprendizado através de transferências de práticas cognitivas entre campos de conhecimento distintos.

Uma das possíveis explicações para esse fato está na teoria das Inteligências Múltiplas: Gardner (1995) postula que as inteligências são potenciais biopsicológicos que constituem recursos cognitivos em virtude dos quais um indivíduo pode efetuar alguma conexão significativa em uma área de conteúdo. Esse autor definiu diversas inteligências, tais como a matemática, a musical, a linguística e a corporal-cinestésica. Ainda de acordo com ele, esses potenciais podem variar de um indivíduo para outro.

Ao explorar duas dessas inteligências, o minicurso proposto aumentaria as possibilidades de aprendizado. Cabe ressaltar, no entanto, que algumas crianças não possuem interesse ou aptidão clara para a música ou para a matemática. A aula com atividades estimula a participação pela quebra da rotina e da monotonia, mas isso não significa que ela seja igualmente proveitosa para todos os alunos. Este fato deve ser sempre levado em consideração.

Além disso, a sociedade mudou. Com o desenvolvimento das redes de informação e dos computadores, a memorização de tópicos e a habilidade de cálculo não são mais tão necessárias quanto foram até o século passado. Agora, a capacidade de manejar conceitos e estabelecer relações passa a ser fundamental. Em outras palavras, o conhecimento específico cede lugar ao conhecimento global (Saviani, 1994).

Como se pôde observar, uma mudança na metodologia empregada pelos professores de Matemática faz-se necessária, urgentemente. Ainda se ensina matemática como nos séculos passados. Os alunos, entretanto, mudaram e já são capazes de enxergar a obsolescência dos atuais métodos de ensino, clamando por inovações.

Os mestres devem privilegiar habilidades e competências, em detrimento da memorização de conteúdos. Não faz mais sentido insistir em exercícios repetitivos e puramente matemáticos, sem vínculo com o mundo real. Eventualmente, estes podem ajudar no desenvolvimento do raciocínio lógico ou na aquisição de um conhecimento específico. Mas é absolutamente necessário estimular a resolução e até mesmo a criação de situações-problema.

Especificamente falando das frações: esta classe de número pode e deve ser introduzida ainda no início da infância. Mas não se devem explorar excessivamente notações ou cálculos complexos. O estudo de frações pode perfeitamente relacionar-se a diversos campos do conhecimento e precisa, de alguma forma, estar inserido em alguma forma de atividade habitual à criança.

A música é um exemplo: seu caráter universal, sua disponibilidade fácil a pessoas de todas as classes sociais e o fato de possuir uma linguagem própria, como a matemática, justificam a sua escolha como veículo de aprendizagem.

Propusemos, neste trabalho, uma série de oficinas integrando as duas disciplinas, em que a música funciona como motivadora para a aprendizagem matemática. Em outras palavras: o aluno é atraído pelos elementos musicais e, muitas vezes de forma inconsciente, consegue estabelecer *links* para diversos tópicos da matemática, num exemplo genuíno de aprendizado analógico.

As frações apareceram em diversos momentos do minicurso: nas relações entre as durações sonoras (semínimas, semibreves, colcheias, etc.); na definição das fórmulas de compasso; na proporção inversa entre velocidade (andamento da música) e tempo (duração de cada nota); nas razões entre frequências de ondas sonoras, culminando com a apresentação da experiência pitagórica, em que a altura de cada uma das notas musicais é relacionada a um comprimento da corda, e cada intervalo é associado a uma razão.

Vários fatores apontam para o sucesso desta forma de lecionar.

O primeiro deles é a eficácia do ensino: assim como não se pode vender algo sem que alguém o compre, tampouco se pode dizer que um professor *ensinou* determinado assunto, se ninguém de fato o aprendeu. Esta metodologia, todavia, possibilita a interação entre o mestre-aprendiz e a verificação direta do aprendizado. Ademais, a dinâmica das aulas permite que o aluno se engaje nas atividades, formulando hipóteses e tomando suas próprias conclusões.

Outro fator é a contextualização, cada vez mais exigida em uma nova educação. O estudo puramente abstrato da matemática parece ser um dos principais responsáveis pelo fracasso escolar nesta disciplina, comprovado pelas baixas médias obtidas por estudantes brasileiros em exames de proficiência.

O estudo das frações não foi considerado difícil pela maioria dos entrevistados. No entanto, os resultados dos exames supracitados demonstram que este assunto não costuma ser bem assimilado. Uma provável causa está, portanto, na ausência de um vínculo desse estudo com a prática do aluno. Como disseram alguns deles, há excesso de contas para fazer e regras para memorizar.

Atividades interativas promovem o aprendizado analógico, muito mais adequado à realidade contemporânea, além de serem mais atrativas e acessíveis a qualquer faixa etária, como confirmaram as crianças entrevistadas.

O último fator está justamente relacionado à satisfação do público-alvo: as tradicionais aulas expositivas, na opinião dos alunos, são “*monótonas e chatas*”. Está cada vez mais difícil competir com os meios de comunicação: a televisão e a internet trazem uma vasta gama de informações, facilmente acessíveis e de uma maneira mais divertida.

É melhor, portanto, render-se ao conhecido chavão: “Se não pode vencê-los, junte-se a eles.” As novas tecnologias precisam fazer parte da práxis pedagógica. Aulas com

atividades são preferidas por quase todos os alunos, como pôde comprovar a pesquisa. De um modo geral, são mais fáceis de compreender, há maior participação dos alunos e estes aprendem o conteúdo se divertindo.

Não propomos aqui romper totalmente com a metodologia tradicional. Aulas expositivas, se bem estruturadas e planejadas, ainda são úteis e, em determinados momentos, necessárias. Mas o bom professor não pode limitar-se a elas: quanto maior for a diversidade de procedimentos, maiores serão as chances de sucesso.

Referências bibliográficas

- ABDOUNUR, O. *Matemática e música – o pensamento analógico na construção de significados*. São Paulo: Escrituras, 1999.
- GARDNER, H. *Inteligências múltiplas – a teoria na prática*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- LEVY, Pierre. *As tecnologias da inteligência – o futuro do pensamento na era da informática*. São Paulo: Editora 34, 1993. p. 7
- MACHADO, N. J. *Matemática e Educação – alegorias, tecnologias e temas afins*. São Paulo: Cortez, 2002.
- PIAGET, J.; SZEMINSKA, A. *A gênese do número na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.
- PRIOLLI, M. L. *Princípios básicos da música para a juventude*. Rio de Janeiro: Casa Oliveira, 1983. p. 20.
- SAVIANI, D. O trabalho como princípio educativo frente às novas tecnologias. In: FERRETTI, C. et al. *Novas tecnologias, trabalho e educação: um debate multidisciplinar*. Petrópolis: Vozes, 1994.
- VAZ, L. *Música e Matemática: novas tecnologias do ensino em uma experiência interdisciplinar*. Dissertação (Mestrado) — Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET), Rio de Janeiro, 2006.

Recebido em 11/11/2009 e aprovado em 09/06/2011