

Laboratório VISGRAF

Instituto de Matemática Pura e Aplicada

Musica, Matematica e Computacao

Vitor Guerra Rolla, Juliano Kestenberg, Luiz Velho

Technical Report TR-17-07 Relatório Técnico

June - 2017 - Junho

The contents of this report are the sole responsibility of the authors.
O conteúdo do presente relatório é de única responsabilidade dos autores.

Música, Matemática e Computação

Relatório Técnico

Vitor Guerra Rolla, Juliano Kestenberg, Luiz Velho
(vitorgr@impa.br, julianok@impa.br, lvelho@impa.br)
Laboratório VISGRAF
Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (IMPA)

1. Introdução ao Som e à Música

Esta seção está dividida em três partes distintas: (i) o som no universo físico, (ii) os instrumentos e as notas musicais, e finalmente, (iii) os conceitos musicais fundamentais.

1.1. O Som no Universo Físico

SOM é a sensação que sentimos no ouvido causada pelas vibrações no ar. Uma vibração põe em movimento o ar na forma de ondas sonoras que se propagam em todas as direções simultaneamente. Por exemplo, quando falamos, estamos usando as nossas cordas vocais para criar ondas sonoras. Estas ondas sonoras atingem a membrana do tímpano, que fica dentro das nossas orelhas. Essa membrana vibra conforme as ondas sonoras, transformando-as em impulsos nervosos que são transmitidos ao cérebro. Então o nosso cérebro identifica os diferentes tipos de sons.

1.2. Os Instrumentos e as Notas Musicais

A vibração regular no ar produz sons de altura definida que chamamos de sons musicais, ou notas musicais. As ondas sonoras com altura definida são encontradas em instrumentos musicais, como por exemplo: o som do piano, do violão, o som da flauta, entre outros instrumentos.

Você sabia que instrumentos musicais diferentes, como por exemplo, o piano e o violino, podem tocar a mesma nota? Mas, mesmo quando esses instrumentos musicais estão tocando a mesma nota, os nossos ouvidos percebem que existe uma diferença entre os sons dos dois instrumentos. Essa diferença nós chamamos de timbre. O timbre é uma propriedade que caracteriza o som de cada instrumento musical. Por isso, mesmo quando dois instrumentos tocam a mesma nota, os nossos ouvidos percebem um som diferente, isso é devido ao timbre.

Nós já vimos que a vibração regular no ar produz sons de altura definida que chamamos de sons musicais, ou notas musicais. A vibração irregular no ar produz

sons de altura indefinida, também conhecidos como barulhos. Exemplos de ondas sonoras com altura indefinida são: o som de um avião, o som do automóvel, ou o som de uma explosão. Muitos instrumentos musicais, principalmente os instrumentos de percussão, também produzem sons irregulares. Na música usamos instrumentos que produzem ondas sonoras definidas (e portanto vibrações regulares), assim como instrumentos que produzem ondas sonoras indefinidas (nesse caso vibrações irregulares) vindo dos instrumentos de percussão.

1.3. Os Conceitos Musicais Fundamentais:

Melodia, Harmonia e Ritmo

A melodia é um conjunto de notas musicais tocadas em ordem sucessiva (concepção horizontal da música). O conceito de melodia está relacionado com a sequência de notas tocadas uma após a outra. A melodia é a identidade de uma música.

Por outro lado, a harmonia é o conjunto de notas musicais que acontecem ao mesmo tempo, isto é, as notas musicais que são tocadas simultaneamente (é a concepção vertical da música). A harmonia pode acontecer em um único instrumento ou em instrumentos separados.

Para que a música seja agradável aos nossos ouvidos, a melodia e a harmonia precisam estar no mesmo ritmo. O ritmo determina a ordem e a quantidade de notas musicais que devem ser tocadas em relação ao tempo. O ritmo divide o tempo de forma a permitir que as notas musicais sejam tocadas coerentemente conforme a melodia e a harmonia.

2. A Música e a Matemática

Esta seção está dividida em sete partes distintas: (i) a função seno e o som, (ii) as propriedades da função seno, (iii) notas puras, harmônicos, e a frequência fundamental, (iv) superposição de ondas puras, (v) harmonia, acorde musical, consonância e dissonância, (vi) fundamentos da escala musical, e finalmente, (vii) ritmo.

2.1. A Função Seno e o Som

Todos nós conseguimos ouvir o som de uma música, por que o som viaja no ar conforme ondas sonoras. Assim que essas ondas invisíveis atingem a nossa orelha, o nosso ouvido vibra, e logo depois o nosso cérebro interpreta o som. Mas, os seres humanos só são capazes de perceber um determinado som quando as ondas sonoras estão dentro de limites de rapidez e intensidade. Nós não escutamos todas as ondas sonoras. Somente aquelas que ocorrem entre 20 e 20.000 vezes por segundo. São esses os limites que fazem o sistema auditivo dos seres humanos vibrar. Na matemática, uma onda sonora pode ser representada em um

gráfico onde o eixo horizontal indica o tempo, ou a duração do som; enquanto o eixo vertical exibe a variação da onda sonora no ar (Figura 1).

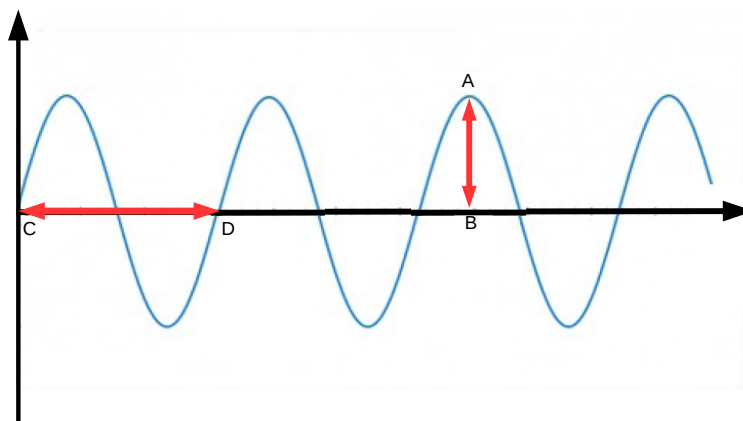


Fig. 1: A função Seno.

Você sabia que em 1822, há 195 anos, um matemático francês chamado Jean Fourier provou que uma onda complexa (como o som da nossa voz ou de um instrumento musical, por exemplo) é formada pela soma de várias ondas com o formato da função seno? Por esse motivo, a função seno é um excelente modelo para iniciar o aprendizado do som.

2.2. As Propriedades da Função Seno

Vamos agora entender algumas propriedades da onda sonora chamada de função seno. Primeiro vamos falar sobre a amplitude: Uma onda sonora elementar, como a função seno, possui três propriedades principais. A primeira propriedade é a amplitude. Na Figura 1, a amplitude é o valor do deslocamento máximo em relação à posição de repouso no eixo vertical, nesse caso o intervalo AB. Quanto maior a amplitude, mais intenso será o som.

Agora vamos falar sobre a frequência. Como podemos verificar na Figura 1, a função seno possui um ciclo repetitivo em relação ao tempo, ou melhor ao eixo horizontal. Portanto, podemos afirmar que a variação da amplitude em relação ao eixo horizontal entre o intervalo CD representa um ciclo. O número de ciclos que acontecem por segundo chama-se frequência, e é medido através de uma unidade

chamada Hertz. Portanto, quando os ciclos das ondas sonoras acontecem entre 20 Hertz e 20.000 Hertz, o sistema auditivo dos seres humanos é capaz de ouvir.

2.3. Notas Puras, Harmônicos, e a Frequência Fundamental

O som da função seno é chamado de puro, porque não possui harmônicos. Portanto, o som gerado pela função seno possui somente a frequência fundamental. Bom, vocês devem estar se perguntando o que são harmônicos? E o que é a onda fundamental? O som vindo de um instrumento musical, assim como o som proveniente da voz de uma pessoa, apresenta um padrão mais complexo que o som de uma função seno. Esse padrão mais complexo se deve às pequenas ondas chamadas de harmônicos; essas pequenas ondas sonoras acontecem simultaneamente com a onda sonora principal. A onda principal nós chamamos de frequência fundamental. As ondas pequeninas, que acompanham a onda principal e a ela se somam, se chamam harmônicos.

Por exemplo, dentre todos os instrumentos que nós conhecemos, a flauta doce é o instrumento com a sonoridade mais próxima da função seno, porque a flauta doce apresenta pouca quantidade de harmônicos. Apesar do som proveniente de uma função seno não ser encontrado em instrumentos musicais tradicionais ou mesmo na natureza em geral, podemos facilmente reproduzir o som de uma função seno em um computador.

Você sabia que existe um objeto que serve para afinar instrumentos e vozes através da vibração? Esse objeto se chama diapasão e foi inventado por um músico chamado Georg Friedrich Händel no século XVIII. Esse objeto parecido com uma forquilha de metal é afinado em uma determinada frequência, normalmente em 440 Hertz. O que é equivalente à nota musical que conhecemos por Lá. O diapasão produz, praticamente, uma onda fundamental igual à função seno, com pouca quantidade de harmônicos.

Na realidade, a maioria dos sons que escutamos é uma mistura de várias ondas sonoras com diferentes frequências. Por exemplo, os sons produzidos por um violão ou mesmo o som da nossa voz possuem várias frequências ao mesmo tempo. A frequência mais baixa é chamada de frequência fundamental ou onda fundamental, portanto é ela que é considerada a frequência da nota musical. As frequências mais altas são chamadas harmônicos ou frequências harmônicas. Elas são produzidas por ondas sonoras secundárias. As frequências harmônicas são múltiplos inteiros da frequência fundamental. Como já comentamos, o som de uma função seno não possui harmônicos. Portanto, o som da função seno apresenta somente uma onda principal, isto é, apresenta somente a frequência fundamental. Do ponto de vista da matemática, a função seno é um excelente modelo para se estudar o som.

2.4. Superposição de Ondas Puras

Vamos agora observar alguns fenômenos que ocorrem quando duas ou mais ondas puras, isto é, quando ondas sonoras produzidas por funções seno ocorrem ao mesmo tempo. Fenômeno I: quando duas ondas sonoras estão com seus ciclos sincronizados, como na Figura 2 abaixo, dizemos que as ondas estão em fase. Observem abaixo que o início, os máximos, os mínimos, e o fim de ambas as ondas coincidem. Quando as ondas estão em fase, a onda resultante possui a soma da amplitude de cada onda original.

Quando os ciclos não estão sincronizados, dizemos que as ondas não estão em fase. Nas Figuras 3 e 4, podemos observar uma diferença de fase de 180 graus e 90 graus, respectivamente.

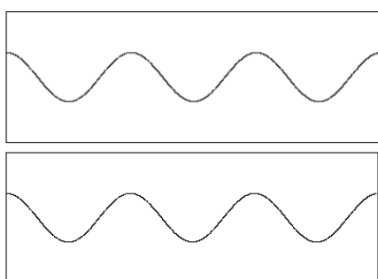


Fig. 2: Ondas em Fase.

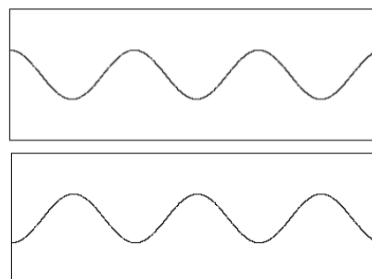


Fig. 3: Ondas com fase invertida (180 graus).

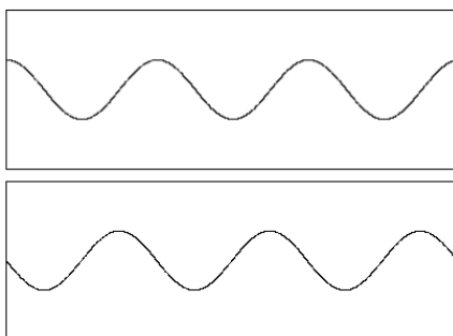


Fig. 4: Ondas com 90 graus de diferença de fase.

Fenômeno II: quando duas ondas sonoras de frequências quase idênticas chegam aos nossos ouvidos ao mesmo tempo, nós percebemos uma variação na intensidade do som resultante. Isto é, nós percebemos um aumento e em seguida uma diminuição no volume do som. Esse fenômeno nós chamamos de batimento, e pode ser observado na Figura 5. O batimento é o resultado da interferência (construtiva e destrutiva) das duas ondas quando entram, e logo em seguida saem de

fase. A Figura 5 mostra uma onda com 440 Hz de frequência e outra com 444 Hz de frequência, assim como o resultado da soma das duas ondas sonoras.

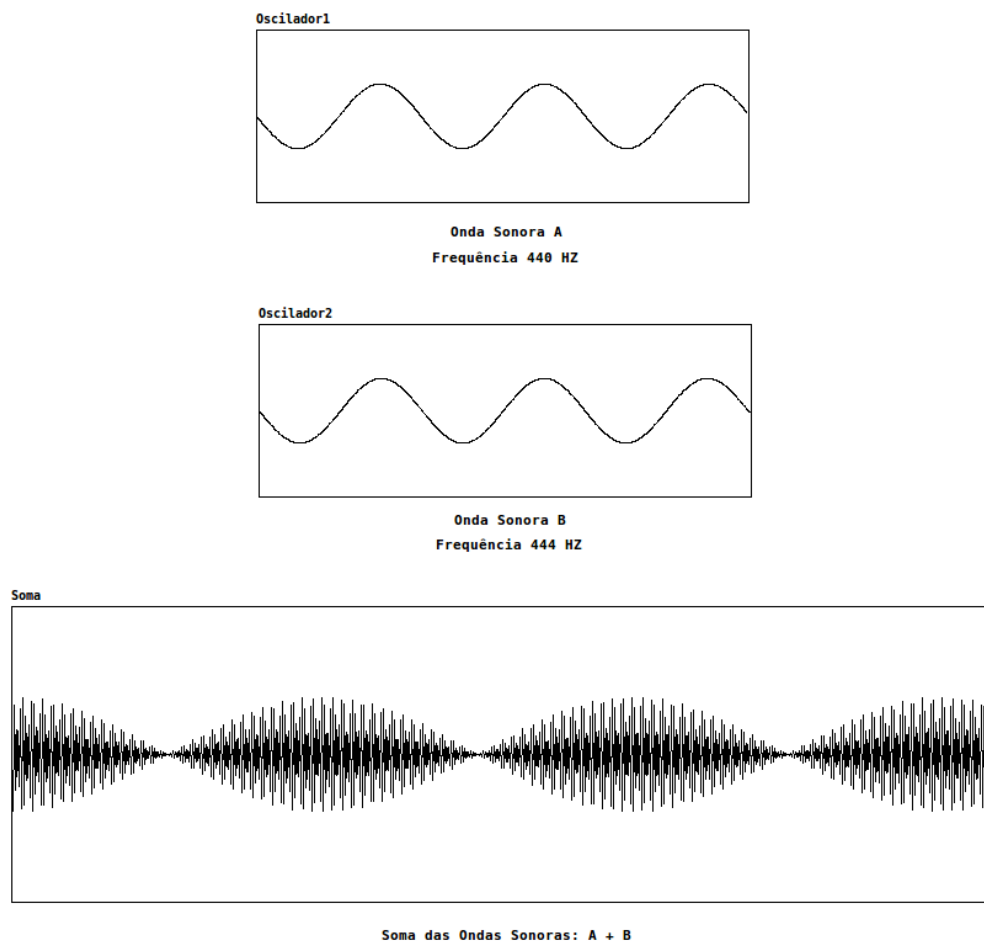


Fig. 5: Fenômeno do batimento.

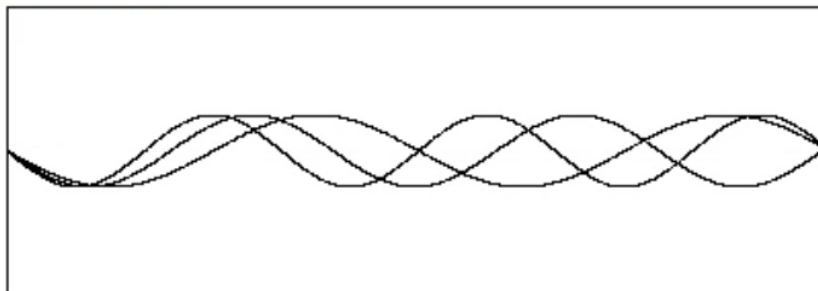
Você sabia que quando duas pessoas estão afinando seus instrumentos musicais elas desejam que a mesma nota musical em cada instrumento esteja emitindo ondas sonoras com a mesma frequência? Portanto, quando as frequências das duas ondas sonoras se aproximam, é possível perceber que o fenômeno do batimento diminui, até que se torna imperceptível. Quando o batimento é imperceptível, dizemos que as duas ondas estão afinadas, ou seja em unísono.

2.5. Harmonia, Acorde Musical, Consonância, e Dissonância

Nesta seção, nós explicaremos o que são acordes, e como os acordes são relacionados à harmonia da música. Também veremos que os acordes podem ser

consonantes ou dissonantes. O acorde é a combinação de três ou mais notas musicais tocadas ao mesmo tempo. Quando tocamos somente duas notas ao mesmo tempo, nós chamamos de bicorde ou intervalo. A ciência que estuda os acordes e a relação entre eles é chamada harmonia. De forma bem básica, podemos afirmar que a harmonia acontece quando as notas musicais são tocadas ao mesmo tempo. Quando isso ocorre, somos capazes de perceber as interferências construtivas e destrutivas das ondas sonoras emitidas por cada nota musical que está sendo tocada. A harmonia é o aspecto vertical da linguagem musical.

Os acordes e os bicordes podem ser classificados como Consonantes ou Dissonantes. Um músico costuma afirmar que acordes ou intervalos consonantes são aqueles cujas notas individuais se completam. Os acordes consonantes possuem caráter estável, conclusivo, passivo ou de repouso. Em contrapartida, os acordes ou bicordes dissonantes são aqueles cujas notas não se completam. Os acordes dissonantes possuem caráter ativo, dinâmico, transitivo, instável ou de movimento.



nota ré – 294 Hz – 2 ciclos

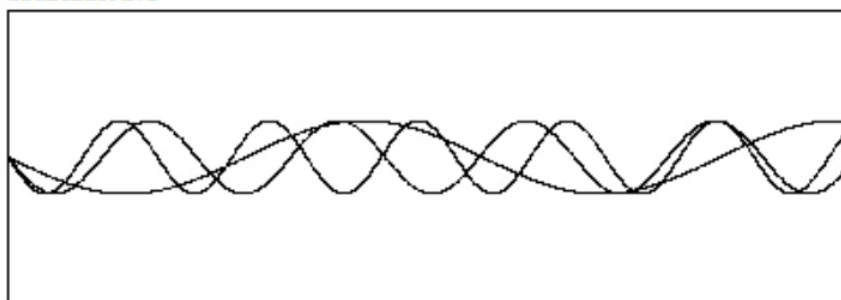
nota fá sustenido – 370 Hz – 2 ciclos e meio

nota lá – 440 Hz – 3 ciclos

Fig. 6: Acorde consonante.

Bom, agora que sabemos as principais características dos acordes e bicordes do ponto de vista musical, nós vamos explicar para vocês do ponto de vista da matemática por que um acorde é consonante enquanto outros são dissonantes.

As notas que compõem os acordes ou intervalos consonantes possuem uma relação matemática que chamamos de série geométrica. Por exemplo, a Figura 6 mostra as ondas sonoras com frequências 440 Hz (Lá), 370 Hz (Fá Sustenido) e 294 Hz (Ré). Essas ondas sonoras formam um acorde consonante por que a



nota dó – 261 Hz

nota sol sustenido – 830 Hz

nota mi – 659 Hz

Fig. 7: Acorde dissonante.

onda sonora do Ré passa por dois ciclos completos, a onda sonora do Fá sustenido passa por dois ciclos e meio, enquanto a onda sonora do Lá passa por três ciclos completos durante o tempo $0.042/2\pi$. Nós chamamos essa sincronia do início e do fim de cada onda que forma o acorde de consonância. Uma consonância soa naturalmente agradável.

As notas que compõem os acordes ou intervalos dissonantes não possuem uma relação matemática observada nos acordes consonantes. Por exemplo, a Figura 7 mostra as ondas sonoras de um acorde dissonante com frequências 261 Hz (Dó), 830 Hz (Sol sustenido) e 659 (Mi). Como podemos perceber, as ondas sonoras estão fora de sincronia, quase nunca coincidindo. Uma dissonância não soa tão agradável quanto uma consonância. Vamos ouvir o exemplo de uma consonância e depois de uma dissonância.

É através do contraste de acordes consonantes com os acordes dissonantes que um compositor adiciona os elementos de emoção e criatividade em suas músicas. Você sabia que Beethoven, apesar de ficar surdo no fim da sua vida, continuou a compôr músicas maravilhosas? Beethoven sabia exatamente como combinar as notas musicais para então criar acordes consonantes ou acordes dissonantes. Mesmo sem poder ouvir, ele sabia quais eram os acordes que deveria usar em um determinado momento da música para criar os sentimentos de estabilidade e resolução (acordes consonantes), ou então os sentimentos de instabilidade e movimento (acordes dissonantes).

2.6. Fundamentos da Escala Musical

Para entender uma escala musical, primeiro temos que entender o conceito de oitava na música. Se observarmos a Figura 8, vamos perceber que um piano tradicional possui 7 oitavas inteiras, e mais duas teclas da próxima oitava.

Também podemos observar na Figura 8 que a frequência de uma (tecla do piano) nota musical é multiplicada ou dividida por 2 quando subimos ou descemos uma oitava. Por favor, reparem na nota que chamamos de Dó. Podemos perceber facilmente que as frequências de todas as notas “Dós” do piano dobram quando subimos uma oitava, ou caem pela metade quando descemos uma oitava.

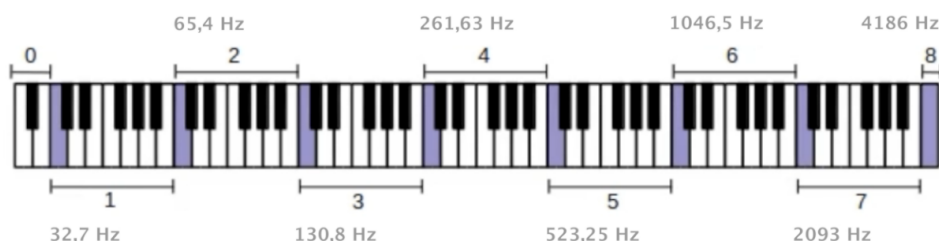


Fig. 8: As oitavas de um piano.

Dentro de uma oitava, encontramos 12 teclas do piano, contando com brancas e pretas. Portanto, podemos dizer que dentro de cada oitava existem 12 intervalos de semitons. A escala com 12 semitons é conhecida como escala cromática. Intervalos de tons e semitons nada mais são que os intervalos de frequência da onda sonora de cada nota musical. Quando duas notas não possuem um intervalo mínimo de um semitom, o ouvido humano não é capaz de distinguir a diferença entre as notas. A Figura 9 mostra a distribuição da frequência das teclas do piano.

Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si são as setes notas musicais que compõem a escala musical mais popular entre os músicos: a escala diatônica. Essa escala é composta por cinco intervalos completos de tons e dois semitons (meio intervalos). Todas as escalas musicais utilizadas pelos músicos para compôr novas músicas são derivadas da escala diatônica.

Você sabia que a escala diatônica foi descoberta na antiguidade, 500 a.C., por um senhor chamado Pitágoras? Esse senhor grego percebeu que, quando uma corda esticada é colocada em vibração, como por exemplo a corda de um violão, essa corda produz um determinado som. Pitágoras então colocou seu dedo no ponto central da corda e percebeu que um novo som era produzido. Ele então percebeu que os dois sons, o da corda solta e o da corda dividida ao meio, não eram exatamente iguais, mas tinham uma certa semelhança. Essa semelhança é

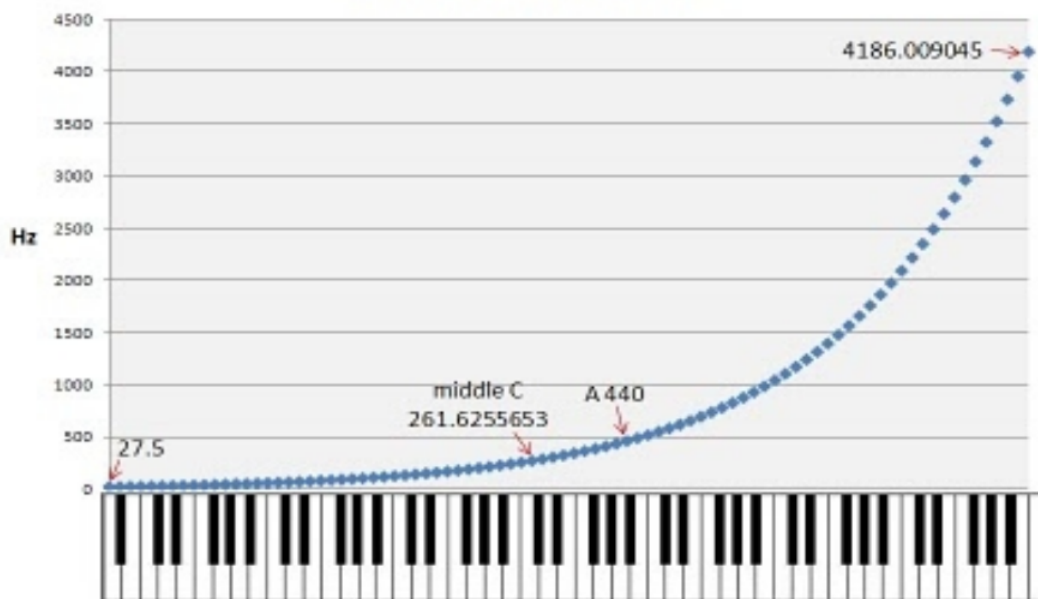


Fig. 9: As frequências das teclas de um piano.

chamada no estudo da música de oitava. Por isso, ao multiplicarmos a frequência de uma nota por 2, obtemos uma outra nota musical que recebe o nome da anterior, uma oitava acima. Empolgado com essa nova ideia, Pitágoras resolveu reduzir o comprimento da corda segundo a seguinte sequência de frações: $1/2$, $2/3$, $3/4$, e $4/5$. Após colocar o dedo nesses pontos, ele percebeu que a vibração do comprimento restante da corda produzia os sons que hoje nós reconhecemos respectivamente como Dó, Sol, Fá, e Mi. Depois de testar outros intervalos, Pitágoras acabou por descobrir as outras três notas musicais restantes : Ré, Lá, e Si. Essas notas foram descobertas nas seguintes frações da corda: $8/9$, $3/5$, e $8/15$ respectivamente. A Figura 10 mostra as frações do experimento de Pitágoras.

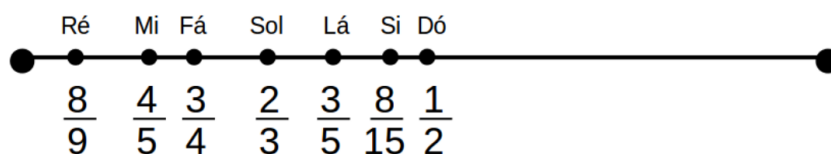


Fig. 10: As frações do experimento de Pitágoras.

2.7. Ritmo

O ritmo pode ser definido como a forma musical de organizar os sons e as pausas sonoras enquanto o tempo passa. O ritmo é a forma mais comum de associação entre o tempo e a música.

O ritmo é responsável por determinar o espaço entre uma nota musical e a próxima nota ou ausência de som. O ritmo também está estritamente relacionado com o que conhecemos como andamento. O andamento é responsável por determinar a velocidade que uma música deve ser tocada. Assim, o mesmo ritmo pode ser executado em um andamento mais lento, ou em um andamento mais rápido.

Você sabia que em 1812, um relojoeiro holandês chamado Dietrich Winkel inventou um objeto chamado metrônomo? O metrônomo é utilizado para medir o andamento de uma música, determinando a quantidade de batimentos que ocorrem por minuto. Os músicos usam os metrônomos para manter um batimento regular ao longo da música. Na música clássica, por exemplo, é comum os compositores usarem o andamento em que a música deve ser tocada no próprio título. Alguns andamentos bem conhecidos são: Adagio 55-65bpm, Moderato 108-112bpm, Allegro 120-134bpm, Presto 180-200bpm.

3. Música com o Computador

Esta seção está dividida em três partes distintas: (i) digital e analógico, (ii) amostra e sintetização do som, e (iii) sistemas e linguagens.

3.1. Digital e Analógico

A música composta com o auxílio de computadores chama-se música computacional.

Vocês escutam música nos vossos celulares? Sim? Portanto, podemos afirmar que a música computacional está em todos os lugares nos dias de hoje. Mas, vocês sabem como uma música é gravada dentro de um computador? Uma música é gravada dentro de um computador através de um procedimento chamado digitalização. Para gravar o som em um computador precisamos de um microfone, como os microfones dos nossos celulares, por exemplo. O microfone capta as ondas sonoras no ar e transforma essas ondas em impulsos elétricos. Os impulsos elétricos formam um sinal chamado de sinal analógico. O procedimento de digitalização nada mais é do que a representação do sinal analógico, que foi captado pelo do microfone, através de inúmeras “fotografias” (amostragens) do sinal analógico ao longo do tempo. Observem a Figura 11. O sinal analógico é a linha vermelha, enquanto a linha azul é a representação digital do sinal analógico.

A capacidade do computador de tirar fotos do sinal analógico determina a resolução da gravação do som. Quanto maior for a capacidade do computador de

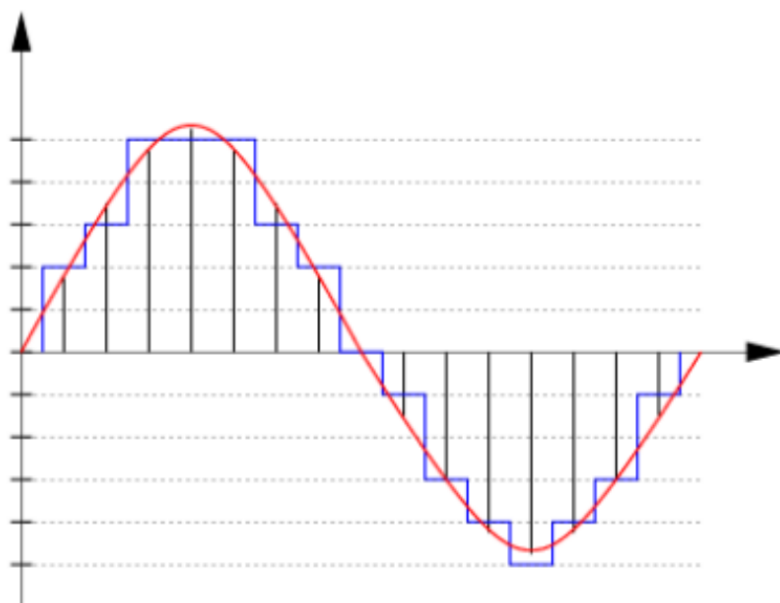


Fig. 11: O processo de digitalização.

tirar fotos por segundo do sinal analógico, melhor a qualidade do som gravado. Porém, maior será o espaço de memória do computador para armazenar tantas fotografias do sinal analógico. O som gravado pode ser digitalizado em vários formatos de arquivo, porém os mais comuns são: WAV e MP3.

Você sabia que um arquivo MP3 permite diminuir a quantidade de memória gasta pelo computador para armazenar uma música? O arquivo MP3 foi criado em 1993 pelo instituto alemão Fraunhofer. Esse tipo de arquivo ficou muito famoso por que ele permite que nós possamos colocar centenas ou até milhares de músicas na memória do nosso computador, ou celular.

Quando o computador toca um som já gravado, os valores numéricos que representam a onda sonora (as fotografias) previamente gravada são transformados em impulsos elétricos, que em seguida fazem vibrar as caixas acústicas, ou os fones de ouvido que todos nós utilizamos para ouvir música no celular.

Então, agora todos nós já sabemos que a digitalização é o processo que transforma um sinal analógico em um sinal digital. Sabemos também que o sinal digital é o sinal gravado dentro do computador. Vamos estudar, em seguida, como o computador reproduz um som.

3.2. Amostra e Sintetização

O computador pode reproduzir dois tipos de sons. O primeiro tipo de som nós chamamos de sample. Um sample é justamente um som que foi digitalizado

e gravado na memória do computador, conforme explicado anteriormente. O segundo tipo de som é proveniente de programas computacionais que chamamos de osciladores. Esses programas, em geral produzem uma função seno, como as que nós já estudamos. Porém, os osciladores também podem produzir outros tipos de ondas, como por exemplo as ondas ilustradas na Figura 12.

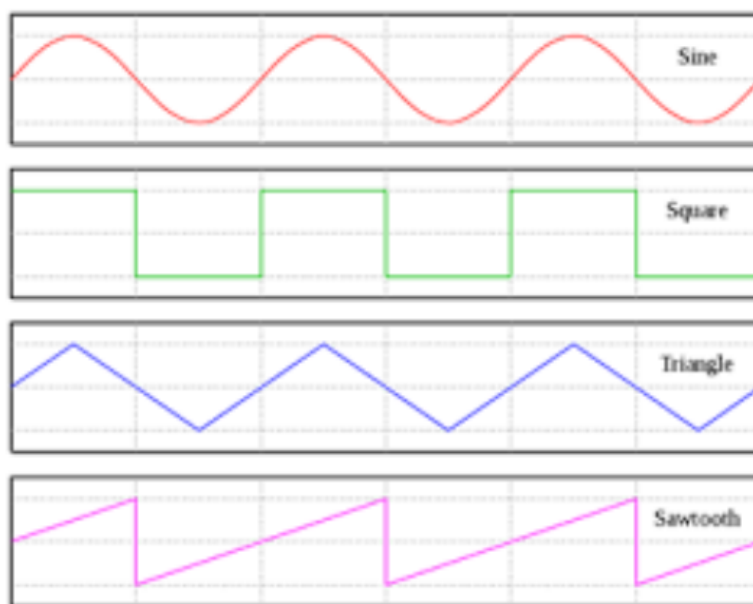


Fig. 12: As diferentes ondas sonoras que um computador pode reproduzir.

As ondas básicas são: seno (senoidal), quadrada, triangular, dente de serra. Com essas ondas podemos simular e nos aproximar dos timbres de alguns instrumentos como: (Sawtooth Wave) - Dente de serra: Timbres metálicos e mais brilhantes como cordas, metais, pianos, guitarras, baixos, entre outros. Contém todos os harmônicos. (Square Wave) - Quadrada: Timbres mais aveludados como flautas, instrumentos de madeiras em geral, clarinete, harpa, xilofone, órgão, entre outros. Essa onda contém apenas harmônicos ímpares. (Triangle Wave) - Triangular: Timbres metálicos e menos brilhantes como cordas, metais, pianos, guitarras, baixos, entre outros. Essa onda contém apenas harmônicos ímpares. (Sine Wave) - Senoidal: Contrabaixo, subgraves, entre outros. Essa onda não contém harmônicos.

Quando o computador produz um som a partir de um oscilador, nós dizemos que o computador está sintetizando um som. Nesse caso, o computador está criando o som a partir de uma função matemática, como a função seno.

Quando o computador toca um som a partir de um oscilador, os valores numéri-

cos que representam a onda do oscilador são transformados em impulsos elétricos, que em seguida fazem vibrar as caixas acústicas. As caixas acústicas são responsáveis por recriar as ondas sonoras no ar, para que possamos ouvi-las.

Os computadores são capazes de reproduzir combinações infinitas de formas de ondas. Uma vez gerada a forma de onda pelo oscilador, é possível transformar completamente esta forma de onda aplicando funções matemáticas especiais para moldar a onda conforme desejamos. Como, por exemplo, acentuando ou amenizando o volume dos harmônicos de uma onda sonora.

Em seguida, nós vamos falar de alguns programas para se fazer música com o computador.

3.3. *Sistemas e Linguagens*

Atualmente existem diversos tipos de programas para se gravar, manipular, e criar sons e músicas através de um computador. Apesar de existirem muitos programas, eles podem ser classificados basicamente em três categorias: DAW, programação visual ou programação literal.

Os programas da primeira categoria são chamados de DAW, em inglês Digital Audio Workstation. DAW significa em português: estação de trabalho de áudio digital. Os programas nessa categoria costumam ter um layout padrão que inclui controles como play, record e rewind, e trilhas separadas. Uma estação de trabalho para áudio digital permite a edição de diversas trilhas sonorassimultaneamente. Uma trilha pode conter três tipos de áudio diferentes. O primeiro tipo, nós já conhecemos, é o sample. O sample é um som gravado na memória do computador através do processo de digitalização. O segundo tipo, nós também conhecemos, é a síntese do som. O segundo tipo é um som sintetizado através de uma onda sonora que é gerada matematicamente através de um oscilador. Mas, o terceiro tipo nós ainda não conhecemos. O terceiro tipo chama-se MIDI.

Você sabia que há mais ou menos 30 anos, os músicos e os matemáticos desenvolveram um protocolo para poder representar a partitura de uma música dentro de um computador? Esse protocolo se chama MIDI, em inglês Musical Instrument Digital Interface, ou em português Interface Digital de Instrumentos Musicais. Basicamente, uma música em formato MIDI contém uma descrição literal de uma partitura musical.

Todos sabem o que é uma partitura musical? A partitura musical é o papel que contém as instruções de quais notas musicais um músico deve tocar em seu instrumento para reproduzir uma música. Portanto, seguindo essa mesma linha de pensamento, o arquivo MIDI contém as instruções literais, isto é, as instruções escritas de quais notas musicais o computador deve tocar para reproduzir uma música.

Uma observação importante cabe aqui. Enquanto um arquivo WAV contém os dados do processo de digitalização do som (ou seja, uma vasta quantidade de

fotografias do sinal analógico), o arquivo MIDI contém uma descrição em texto (literal) de quais notas musicais o computador deve tocar para reproduzir uma determinada música. Portanto, quando um arquivo MIDI é reproduzido por um computador, as instruções descritas no arquivo são enviadas para um oscilador, com um determinado tipo de onda sonora, que então seguirá as regras descritas no arquivo MIDI. Em seguida, o oscilador envia as ondas sonoras (conforme as regras MIDI) para as caixas acústicas propagarem o som no ar.

A segunda categoria de programas consiste em um ambiente de programação visual/gráfica para áudio que geralmente é utilizado como ambiente de composição interativo e como estação de síntese e processamento do som. O melhor exemplo dessa categoria é o programa chamado Pure Data, em português se chama Dados Puros. O PD é um projeto de código aberto, portanto o software pode ser baixado livremente pela Internet. O PD é compatível com os principais sistemas operacionais: Linux, Windows, e Mac-OS. Vale lembrar que o PD também pode ser programado como uma linguagem de programação.

Finalmente, vamos falar da terceira categoria de programas para manipular e criar novos sons e músicas através de um computador. Essa terceira categoria consiste, justamente, em linguagens de programação que foram desenvolvidas com o propósito de manipular áudio. Dentre diversas linguagens de programação que existem para computadores, a linguagem Chuck é uma das mais conhecidas.

Você sabia que no final do século passado surgiram alguns músicos que se apresentam ao vivo programando música? O nome dessa prática em inglês é live coding, mas em português chamamos de codificação ao vivo. Caso vocês queiram saber mais sobre alguns dos pioneiros na arte de programar uma música ao vivo, basta procurar na Internet por Ge Wang (criador da linguagem Chuck) ou Alex McLean. Dois dos codificadores de música ao vivo mais famosos são Andrew Sorensen ou Thor Magnusson.

A linguagem Chuck é utilizada pela orquestra de laptops da universidade de Stanford e pela orquestra de laptops da universidade de Princeton, ambas nos Estados Unidos. Uma orquestra de laptops consiste em um grupo de pessoas com seus laptops e suas caixas acústicas (caixas de som) fazendo música juntos.