

# FISIOLOGIA DA MÚSICA: UMA ABORDAGEM COMPARATIVA

Felipe V. Rodrigues<sup>1</sup>

Lab. de Neurociência e Comportamento – Fisiologia – IB-USP

Financiamento: Fapesp

Recebido 15ago08 / Aceito 10mar09 / Publicação on-line 16mar09 / Publicação 31jun09

<sup>1</sup>rodrigues.fv@gmail.com

**Resumo.** Por todo o mundo, nas mais diferentes culturas, é possível encontrar pessoas produzindo ou apreciando música. Ainda assim, não conseguimos explicar consensualmente se há na música vantagens adaptativas e por que ela está irrestritamente distribuída pelo globo. Estava Darwin certo ao sugerir que a música vem desde tempos remotos, ainda com nossos ancestrais? Mas e quanto às outras espécies? Podem elas produzir ou apreciar música? Se sim, por prazer/arte, como parece ser ao homem, ou como um simples instinto? Os indícios que permitem responder essas questões começam a ser encontrados. Faremos aqui uma revisão dos mecanismos neurofisiológicos que possibilitam a existência de música no homem e de que formas ela se manifesta em outras espécies.

**Palavras-chave.** Música, neurociências, fisiologia comparativa.

## Introdução

A música é uma forma de arte e expressão humana presente mundialmente (Hauser E Mcdermott, 2003; Gray e colaboradores, 2001; Tramo, 2001), irrestrito a gênero, classe social, língua ou idade. Frequentemente tratada apenas como uma manifestação cultural, um alvo de pesquisa “não-essencial” (Zatorre, 2003), essa distribuição global gera indícios de que a música é mais do que isso. Ainda assim, não há uma explicação clara e consensual de suas vantagens adaptativas (Pinker, 1998).

## A física por trás da música

A grande maioria dos sons encontrados na natureza, senão todos, assim como notas musicais, são complexos, formados pela composição espectral de ondas senoidais (isto é, por mais de uma frequência – Figura 1). A composição de várias ondas produz um som muito específico, que carrega uma “assinatura sônica” do corpo que a produz. É o seu timbre.

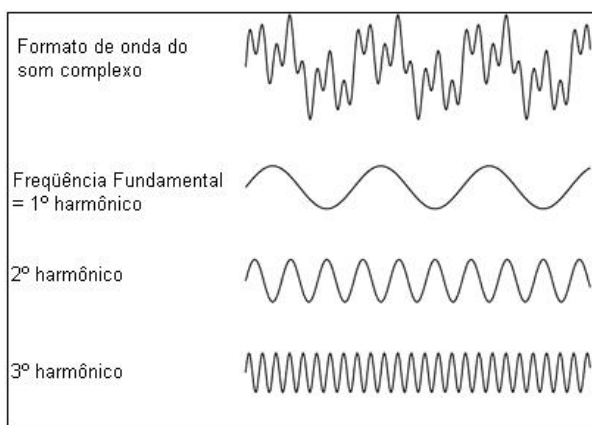


Figura 1 – Representação do formato de onda de um som complexo e decomposição dos harmônicos que o constitui.

Se tal som tem período definido (chamado som musical) ele possuirá uma frequência fundamental, igual à frequência da senoidal de menor comprimento de onda na composição

espectral. As outras ondas envolvidas naquela composição são chamados de harmônicos e são múltiplos da frequência fundamental. É justamente a composição espectral de seus harmônicos que dá a cada som seu timbre. A uma composição qualquer é dado o nome Série Harmônica.

Notas musicais são uma classificação subjetiva de frequências sonoras ao longo do nosso espectro de audição. Elas estão baseadas em uma tonalidade, a qual é um atributo perceptual do som, o que se contrapõe à frequência, que é um atributo físico (Bendor e Wang, 2006). É por isso que nem todos os povos utilizam o mesmo Sistema de Afinação para compor suas notas musicais (ver Porres, 2007), isto é, diferentes culturas utilizam em suas músicas diferentes instrumentos musicais com diferentes conjuntos de notas musicais.

Apesar das diferenças interculturais, há algumas particularidades nos sistemas de afinção; uma característica sempre presente, independente do sistema de afinção utilizado é a repetição de notas ao longo do espectro de audição, isto é, por mais que escutemos sons distintos, um mais grave e outro mais agudo, eles ainda soam muito semelhantes (e são considerados a mesma nota musical). Portanto, ao longo do espectro de audição, temos um determinado conjunto de notas (definido de acordo com o sistema de afinção utilizado) se repetindo em intervalos regulares. A esse fenômeno dá-se o nome oitavas musicais<sup>1</sup>. É possível explicar neurofisiologicamente esse fenômeno.

<sup>1</sup> O conceito “oitava” é aplicado ao espectro de frequências audíveis de forma geral. A cada vez que se dobra uma frequência em particular, diz-se estar uma oitava acima. Dividindo uma frequência por dois, descemos uma oitava. Quando se refere a notas musicais, portanto, utiliza-se oitava musical.

## Base dos mecanismos neurais da música em humanos

A cóclea é a região do sistema auditivo onde os estímulos sonoros externos são transformados em impulsos nervosos. Dentro dela, uma membrana chamada Membrana Basilar tem a singular capacidade de vibrar em ressonância com estímulos sonoros entre 20 e 20.000 Hz. Sua constituição envolve fibras transversais de diferentes tamanhos, à semelhança de cordas de piano, que permitem esse padrão ressonante (Figura 2).

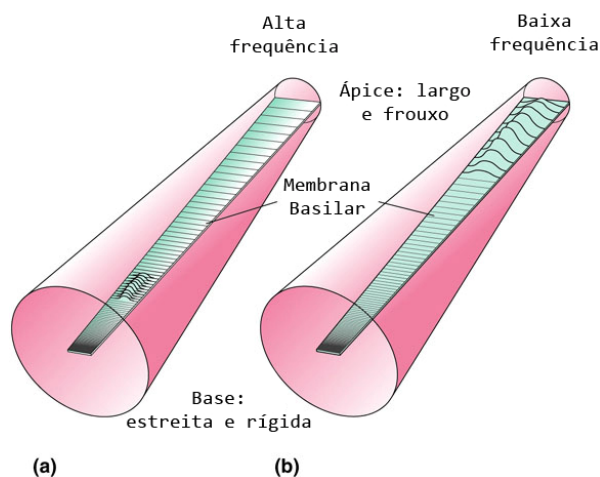


Figura 2 – Representação esquemática da Membrana Basilar dentro da Cóclea. (a) Estimulação por sons agudos, causando a vibração de porções iniciais da cóclea. (b) Estimulação por sons graves, causando vibração de porções finais da cóclea. Modificado de Bear e colaboradores. (1996).

O arranjo entre a membrana basilar e o Córtex Auditivo Primário (A1) é tonotópico, isto é, temos um arranjo de 1:1 entre entrada sensorial e representação cortical: cada região da membrana basilar estimulada acaba por excitar uma determinada população de neurônios em A1.

Paralelamente a isso, temos populações de neurônios específicas para a percepção de frequências fundamentais. Bendor e Wang (2005), estudando o córtex de sagüis, encontraram em A1 neurônios capazes de disparar potenciais de ação não apenas para um único som complexo, mas também para seus múltiplos. Exemplificando: a mesma população de neurônios que dispara para sons com frequência fundamental de 440 Hz, dispara também para sons com fundamental em 110, 220, 880, 1.760, 3.520 Hz e etc. Uma dada população pode disparar inclusive na ausência da frequência fundamental, quando apenas os outros harmônicos da composição espectral daquele som estão presentes.

Essa descoberta colabora para o entendimento de como o sistema nervoso processa informações para a percepção de timbre, conceito, que apesar da extrema relevância (bebês recém-nascidos são capazes

de reconhecer o timbre da voz de suas mães - Trehub e Hannon, 2006), ainda não tinha o mecanismo fisiológico que o descrevia completamente compreendido. É o disparo dessas populações de neurônios que permite que nós associemos vozes diferentes (devido ao espectro de frequências específico das cordas vocais de cada pessoa) como semelhantes, quando a fundamental envolvida é a mesma: tais neurônios disparam para sinalizar essa fundamental.

Estes mecanismos perceptuais nos mostram dois fatos importantes: (1) a percepção de tons musicais está na base do mecanismo fisiológico que propicia a audição em humanos (e, provavelmente, também em outros organismos); (2) fazemos a classificação de notas musicais de acordo com aquilo que nosso cérebro está apto a perceber e não por pura subjetividade. Convencionamos chamar todo som com frequência fundamental de 440 Hz de "Lá". Mas também assim chamamos seus múltiplos (as oitavas) porque temos uma mesma população de neurônios disparando potenciais de ação para todos eles, em última instância, fornecendo ao ouvinte a percepção de tais sons são iguais em alturas<sup>2</sup> diferentes.

## Música para quê?

Os mecanismos anteriormente descritos, no entanto, não justificam por si só a existência de música globalmente. Enfim, para que existe música? Há vantagens evolutivas nela? Diversos autores já tentaram responder a essa pergunta (Gess, 2007; Masataka, 2007; Hauser e McDermott, 2003; Benítez-Bribiesca, 2001; Gray e colaboradores, 2001; Tramo, 2001; Wright e colaboradores, 2000; Pinker, 1998; Clark, 1879, Darwin, 1874; para citar alguns) e não há consenso nas respostas.

O autor Steven Pinker estabelece uma proposta bem abrangente, baseada em seis pontos principais, para tentar responder à questão. Ele ousa dizer: "Eu suspeito que a música seja um 'bolo de queijo' auditivo, uma confecção rara artesanalmente construída para agradar os pontos sensíveis de pelo menos seis de nossas faculdades mentais" (Pinker, 1998 - pág. 534). O primeiro aspecto levantado por Pinker é a própria fala. O autor defende que a letra presente nas músicas faz com que ela ative circuitos neurais "emprestados", em particular, da prosódia. Achados mais recentes relacionando música e linguagem serão apresentados mais adiante neste texto.

O segundo aspecto refere-se ao circuito neural relacionado à análise auditiva do ambiente. Pinker compara a audição à visão, dizendo que assim como recebemos uma série de estímulos

<sup>2</sup> Altura é a propriedade do som que define se um som é mais grave ou mais agudo.

luminosos que precisam ser diferenciados e separados (uma pessoa de um fundo de árvores, por exemplo), precisamos distinguir os diversos estímulos sonoros que nos são apresentados, por exemplo, separar um solista de uma orquestra, uma voz em um ambiente cheio de ruídos, uma vocalização animal em meio a uma floresta cheia de ruídos. O autor defende que nosso ouvido detecta cada frequência e envia cada uma delas ao sistema nervoso, que as associa, percebendo-as como um tom complexo. “Presumivelmente o cérebro as associa para construir nossa percepção da realidade do som” – pág. 535. Isto é, a interpretação em tons complexos provavelmente se dá pelo fato de que sons naturais não ocorrem em frequências puras, mas como tons complexos; logo, o sistema nervoso associa novamente as diferentes frequências que constituem um som oriundo de um mesmo ponto no espaço e ao mesmo tempo porque são, em verdade, uma mesma fonte sonora. Nesse sentido, “melodias são agradáveis ao ouvido pela mesma razão que linhas simétricas, regulares, paralelas ou repetitivas são agradáveis aos olhos”. O sistema nervoso, então, se utiliza desse circuito neural para fazer a interpretação das melodias e harmonias presentes na música.

O terceiro aspecto defendido por Pinker é a emoção trazida pela música. Baseando-se na sugestão de Darwin de que a música surgiu no homem devido às chamadas de acasalamento de nossos ancestrais, o autor defende que uma série de “chamadas emocionais” (como murmurar, chorar, rir, resmungar, gritar) tem um apelo acústico próprio; “é provável que melodias evoquem fortes emoções porque sua estrutura assemelha-se a chamadas emocionais de nossa espécie”. A música, então, traria diversos sentimentos à tona semelhantemente a essas expressões emocionais. É interessante notar que, segundo tal proposta de Darwin, a música poderia ser até anterior à fala.

Outro aspecto apontado por Pinker é a seleção de habitat. Fazendo mais uma comparação entre o campo visual e auditivo, o autor ressalta que prestamos atenção a uma série de características visuais que sinalizam segurança, insegurança ou mudança de habitat, como vistas distantes, paisagens verdejantes, nuvens (que trazem chuva) ou pôr-do-sol. Ele então escreve:

*“Talvez nós também prestemos atenção a características do mundo auditivo que sinalizem segurança, insegurança ou mudança de habitat. Trovões, ventos, água correndo, pássaros cantando, rosnados, passos, corações e galhos batendo, todos têm efeitos emocionais, presumivelmente porque eles revelam eventos dignos de atenção no mundo” - pág. 537.*

A música também interferiria com tais circuitos neurais, de tal forma que ela altera nossas emoções e nossa noção de segurança ou insegurança.

O quinto aspecto ressaltado por Pinker é o controle motor. O ritmo é um componente universal da música e até mesmo único em algumas culturas. Tal ritmicidade que nos faz dançar, bater palmas, balançar, e acompanhar a música, certamente estimula nosso sistema motor.

O último aspecto defendido pelo autor é um “algo a mais” sem explicação conhecida e que ele coloca como sendo, possivelmente, desde um acidente do funcionamento conjunto de diversos circuitos neurais até uma ressonância entre disparos neuronais e ondas sonoras.

As sobreposições entre música e linguagem vão muito além do relatado por Pinker (1998) em seu livro. Patel (2003a) faz uma revisão da sobreposição existente no processamento da sintaxe. Música também possui sintaxe e circuitos neurais que fazem o processamento dessa característica musical parecem ser os mesmos utilizados para a fala. A evidência vem de ambos os processos gerarem um potencial evocado P600, significativamente indistinto em amplitude e distribuição no escalpo, após a apresentação de sentenças verbais ou seqüências de acordes musicais com incongruências de sintaxe (baseadas em regras de estrutura verbal para os estímulos verbais e regras harmônicas para os estímulos sonoros). O processamento sintático ocorre em regiões do lobo frontal anterior.

Koelsch e colaboradores (2004) testaram a capacidade da música para representar significados. Eles apresentaram palavras aleatórias aos voluntários após eles terem ouvido ou uma frase ou um trecho musical (apenas instrumental). Um eletroencefalograma com registro de potenciais evocados mostrou a expressão de um componente N400 para a apresentação de palavras não relacionadas ao estímulo inicial, independente deste ser uma frase ou um trecho musical, o qual não variou em latência, distribuição no escalpo, fontes neurais e amplitude. O componente N400 já havia sido descrito em experimentos de semântica, aparecendo após a apresentação de palavras não relacionadas com o contexto prévio. Diante dos resultados, os autores concluíram que “a música pode não apenas influenciar o processamento de palavras, mas ela pode também pré-ativar representações de conceitos, sejam eles abstratos ou concretos, independente do conteúdo emocional desses conceitos”; em outras palavras, assim como a linguagem, a música pode facilitar a compreensão de significados (em palavras e, provavelmente, também contextos).

Há ainda mais: paralelos entre a rítmica da linguagem e a da música (Patel, 2003b). A análise do ritmo da linguagem e da música em

sub-componentes e a comparação entre os domínios revelam que o agrupamento rítmico é semelhante na linguagem e na música, mas não sua estrutura periódica (que é mais organizada na música). Novas evidências ainda sugerem que a rítmica de linguagem de uma cultura deixa impressões na sua rítmica musical. Isto é, diferenças na rítmica da linguagem refletem-se na rítmica musical nas diferentes culturas. Esses achados reforçam a noção de que a música possui tanto sintaxe quanto semântica e seja, possivelmente, como a linguagem, relativamente inerente ao homem e não um simples produto da cultura. Novos estudos transculturais permitirão afirmar se essas evidências se confirmam.

Fica claro, portanto, que a música tem estreitas e importantes relações com o funcionamento de diversos circuitos neurais. Estes não foram selecionados por vantagens adaptativas trazidas pela música, mas permitem, em última instância, sua criação e percepção. A própria capacidade de discriminação de timbres seguramente não é produto da necessidade de reconhecimento de diferentes instrumentos musicais. O reconhecimento de sons complexos com frequência fundamental definida é importante também para diferenciar diferentes vocalizações de animais na natureza, além da própria comunicação entre indivíduos; eles seriam uma boa indicação para distinguir as vocalizações de ruídos de fundo (Zatorre, 2005). As tonalidades e o timbre certamente serviriam também à identificação de vozes (lembrem-se dos bebês reconhecendo a voz da mãe). A percepção de sons complexos evoluiu ao ponto de tornar a percepção de dois sons muito consonantes<sup>3</sup> como iguais, não só em humanos (Wright e colaboradores, 2000). Essa percepção, provavelmente deu vantagem adaptativa aos seus possuidores. Qual ou quais vantagens é algo ainda incerto. (Pinker, 1998).

### Origens da musicalidade

Se de fato a música tem envolvimento com tantos circuitos neurais, essa propriedade não pode ser uma exclusividade apenas da espécie humana, mas deve estar presente no cérebro de outros animais também. A capacidade para interpretar música, de uma forma diferente de outros sons quaisquer (também chamados sons não musicais) ou, até mesmo, produzi-la, deve estar presente pelo menos em outras espécies de mamíferos.

O primeiro grupo lembrado quando se fala de música em animais, no entanto, são os pássaros. Desde o século retrasado (Clark, 1879) tal grupo é investigado. As razões são óbvias, percebidas por qualquer pessoa que já tenha

entrado em contato com a natureza (e escutado o som dos pássaros). Estudos recentes sobre o assunto (Baptista e Keister, 2000) apontam semelhanças entre a melodia do canto dos pássaros e as melodias produzidas pelo homem. Segundo os autores, os pássaros “frequentemente usam as mesmas variações rítmicas, relações tonais, permutações e combinações de notas que os compositores humanos”. Detalhes presentes nas músicas produzidas pelo homem são também notadas nas melodias usadas pelos pássaros, como inversões de intervalo, relações harmônicas simples e retenção de uma determinada melodia com a troca de registro (tonalidade) usado. O caso mais atípico e impressionante, talvez, seja da espécie *Probosciger aterrimus*, a Cacatua-Negra, uma espécie de papagaio do extremo norte da Austrália e Nova Guiné, que molda gravetos para que se assemelhem a baquetas (de bateria) e batucam em diversos troncos até que achem um com ressonância agradável e, então, o utilizam para produzir sons como parte de seu ritual de acasalamento.

Mas voltando aos mamíferos, Wright e colaboradores (2000), trabalhando com macacos-rhesus, mostraram que os mesmos são capazes de reconhecer como semelhantes melodias idênticas tocadas em oitavas diferentes, mas não em tons diferentes. Ainda, tal reconhecimento positivo aconteceu para melodias tonais, mas não para melodias atonais. Estes resultados são consistentes com o achado de Bendor e Wang (2005), já descrito. O experimento de Wright e colaboradores (idem), porém, pode ter sido afetado pela exposição prévia dos animais a música. Frequentemente tais animais ficam em ambientes com televisões ligadas para os mesmos (Hauser e McDermott, 2003), portanto, expostos a música e melodias diversas.

É provável que o caso mais conhecido e consistente de musicalidade nos mamíferos esteja nas baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Há décadas que se conhece o “canto” dessas baleias e estudos recentes (Payne, 2000) também apontam para semelhanças estreitas com as regras de construção musical utilizadas pelo homem. A despeito de poderem produzir sons sem ritmicidade ou tonalidade, as baleias optam por produzir sons rítmicos, de forma semelhante a composições humanas e com tonalidade definida. Mais do que isso:

- O canto produzido por elas é composto de fraseados de tamanho semelhante às frases na música composta por homens e, assim como nós, elas exploram diversos fraseados dentro de um mesmo tema antes de partir para um tema diferente. Da mesma forma, são freqüentes composições que exploram um tema, partem para uma seção mais elaborada e, depois, retornam ao

<sup>3</sup> Para maiores informações sobre a quantidade de consonância entre dois tons diferentes, ver Sethares.

tema inicial (semelhante ao nosso formato de composição: estrofe – refrão – estrofe);

- O tamanho total de um canto (uma música?) assemelha-se ao tamanho médio de músicas produzidas pelo homem, possivelmente pelo fato de que o tamanho de seu córtex permite uma capacidade atencional semelhante à nossa;

- Ainda que elas tenham uma extensão tonal que alcança sete oitavas musicais, as baleias preferem compor músicas com intervalo entre notas também semelhantes às nossas composições (que raramente explora toda essa extensão em uma única composição);

- Elementos percussivos são incorporados à música e intercalados com tons puros numa taxa semelhante àquela encontrada em composições humanas;

- Algumas repetições encontradas são semelhantes a rimas, indicando que as baleias possam usar desse artefato tanto quanto os humanos usam: um recurso mnemônico para lembrar-se de composições complexas.

Tantos elementos comuns entre os sons musicais produzidos por essas diferentes espécies apontam para o fato de que a música não possa ser apenas um produto cultural humano. Nas palavras de Gray e colaboradores (2001):

*“O fato de que a música das baleias e dos homens tem tanto em comum, mesmo com nossos caminhos evolucionários não tendo se cruzado em 60 milhões de anos, sugere que a música deve ‘predar’ os humanos, ao invés de sermos os inventores dela. Nós somos adeptos tardios do ambiente musical.” – pág. 53.*

Tais indícios de produção musical em outras espécies animais reforçam a idéia de que as raízes da musicalidade devem residir em outros fatores que não a cultura humana. Talvez uma consequência natural da interação entre as frequências sonoras, que causa sons mais ou menos desagradáveis ao encéfalo dependendo das frequências envolvidas. De fato, as notas utilizadas no sistema de afinação da música ocidental, e em grande parte do mundo, são derivadas da Série Harmônica (ver Suits para maiores detalhes), com as escalas musicais sendo construídas com base nas interações entre notas de maior consonância. Sons musicais chamados de dissonantes causam um fenômeno chamado batimento, relatado como desagradável pela grande maioria das pessoas e que são frequentemente utilizados na música para gerar sensações de suspense e tensão. Ainda, sons dissonantes apresentados a bebês de apenas quatro meses causam afastamento da fonte sonora, expressões faciais fechadas e até choro, enquanto que sons consonantes os fazem virar-se para a fonte sonora e frequentemente sorrirem (Trainor e Heinmiller, 1998). Dado que recém-

nascidos não tem conhecimento algum de escalas musicais, é improvável que tais respostas emocionais à música acontecem nestes da mesma forma que elas acontecem nos adultos. É então plausível que a própria física da interação de frequências induza a percepção daquilo que é agradável ou desagradável e permita a produção ou reconhecimento de sons musicais mesmo em espécies que não o homem.

Apesar de tantas evidências, a falta de consenso entre pesquisadores sobre a musicalidade em outras espécies animais permanece. As críticas são frequentemente embasadas no fato dos cantos serem essencialmente produzidos por machos, como parte do ritual de acasalamento. Ainda assim, tal uso não invalida que elas sejam capazes de produzir sons musicais e que a estrutura das “músicas” produzidas seja semelhante à humana. Muito pelo contrário, a organização musical semelhante entre diferentes espécies nos mostra que ela não é um acidente, mas uma propriedade específica do sistema nervoso central, que caminha em estreitas relações com a comunicação intra-específica e a seleção sexual.

É possível que a origem da musicalidade de humanos resida nestes mesmos mecanismos (de seleção sexual), como apontado por Darwin. Mais provável ainda que sua existência se apóie em diversos fatores e não apenas em um deles, uma propriedade emergente da interação de diversos sistemas, como apontado por Pinker (1998). Independente dos motivos pelos quais a música se originou no homem, seguramente os motivos pelos quais ela permanece são outros (a não ser que ela já tenha se originado por esses outros motivos, claro – improvável quando se compara com outros grupos). Na espécie humana, a música adquire outros significados muito mais fortes como promover a coesão de grupo e a interação social (podendo até possuir a mesma capacidade de abstração e atribuição de significados que a linguagem, como apontado por Koelsch e colaboradores, 2004). Se há algo de exclusivo entre homem e música, isso parece ser a produção e a apreciação da mesma por puro prazer.

### Bibliografia

- Baptista, L.F.; Keister, R. Why Bird Song Is Sometimes Like Music, BioMusic Symposium, AAAS ANNUAL MEETING, 2000. *apud* GRAY e colaboradores - The Music of Nature and the Nature of Music. **Science**, v.291, n.5501, p.52-54, jan. 2001.
- Bendor, D.; Wang, X. - Cortical representations of pitch in monkeys and humans. **Curr Opin Neurobiol.** 16(4):391-9. 2006.
- Bendor, D.; Wang, X. - The neuronal representation of pitch in primate auditory cortex. **Nature**, v. 436, n.25, p.1161-1165, ago. 2005.
- Benítez-Bribiesca, L. The Biology of Music. **Science**. v.292, n.5526, p.2432-2433, Jun. 2001.
- Clark, X. Animal music, its nature and origin. **The American Naturalist**, v.13, n.4, p.209-223, abr. 1879

- Darwin, C. **The descent of man, and selection in relation to sex**. 2.ed. New York: Hurst & Company. 1874. *apud* PINKER, S. **How the mind works**. 1.ed. London: Penguin Books, 1998. 660p.
- Gess, A. Birds like music, too. **Science**, v.317, n.5864, p.1864, set. 2007
- Gray, P.M.; Krause, B.; Atema, J.; Payne, R.; Krumhansl, C.; Baptista, L. The Music of Nature and the Nature of Music. **Science**, v.291, n.5501, p.52-54, jan. 2001.
- Hauser, M. D.; McDermott, J. The evolution of the music faculty: a comparative perspective. **Nat Neurosci**, v.6, n.7, p.663-668, jul. 2003.
- Koelsch, S.; Kasper, E.; Sammler, D.; Schulze, K.; Gunter, T.; Friederici, A.D. Music, language and meaning: Brain signatures of semantic processing. **Nat Neurosci**, v.7, n.3, p.302-307, mar. 2004.
- Masataka, N. Music, evolution and language. **Developmental Science**, v.10, n.1, p.35-39, jan. 2007.
- Meyer, R. B. **Emotion and meaning in music**. 1956. Chicago: University of Chicago Press *apud* TRAINOR, L.J.; HEINMILLER, B.M. Infants prefer to listen to consonance over dissonance. **Inf. Behav. Dev.** 1998 21, 77-88.
- Patel, A.D. Language, music, syntax and the brain. **Nat Neurosci**, v.6, n.7, p.674-681, jul. 2003a.
- Patel, A.D. Rhythm in language and music: parallels and differences. **Ann NY Acad Sci**, v.999, p.140-143. dez. 2003b.
- Payne, R. Whale Songs: Musicality or Mantra? BioMusic Symposium, AAAS Annual Meeting, 2000. *apud* GRAY e colaboradores - The Music of Nature and the Nature of Music. **Science**, v.291, n.5501, p.52-54, jan. 2001.
- Pinker, S. **How the mind works**. 1.ed. London: Penguin Books, 1998. 660p.
- Porres, A. T. **Processos de Composição Microtonal por meio do Modelo de Dissonância Sensorial**. 2007. 189 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Samson, S. Neuropsychological studies of musical timbre. **Ann NY Acad Sci**, v.999, p.144-151, dez. 2003.
- Sethares, W.A. **Relating tuning and timbre**. Disponível em: <http://eceserv0.ece.wisc.edu/~sethahares/consemi.html>. Acesso em: 13/03/2009.
- Suits, B.H. **Physics of music – notes**. Disponível em: <http://www.phy.mtu.edu/~suits/overtone.html>. Acesso em: 13/03/2009.
- Trainor, L.J.; Heinmiller, B.M. Infants prefer to listen to consonance over dissonance. **Inf. Behav. Dev.** 1998 21, 77-88.
- Tramo, M.J. Music of the Hemispheres. **Science**, v.291, n.5501, p.54-56, jan. 2001.
- Trehub, S.E.; Hannon, E.E. Infant music perception: domain-general or domain-specific mechanisms? **Cognition**, v.100, n.1, p.73-99, mai. 2006
- Wright, A.A.; Rivera, J.J.; Hulse, S.H.; Shyan, M.; Neiworth, J.J. Music perception and octave generalization in rhesus monkeys. **J Exp Psychol Gen.** v.129, n.3, p.291-307, set. 2000.
- Zatorre, R.J. Finding the missing fundamental. **Nature**, v.436, n.25, p.1093-1094, Ago. 2005.
- Zatorre, R.J. Music and the Brain. **Annals N Y A Scien**, v.999, p.4-14, dez. 2003.