Múltiplos componentes da percepção de sequências musicais: uma análise neurocientífica cognitiva e algumas implicações para a imagética auditiva[1]

Berenice Carroll-Phelan e Peter J. Hampson[2]

Tradução não revisada: Adriana Lopes Moreira, 2019

"Resumo: **Propomos um modelo neurologicamente plausível da percepção auditiva de sequências musicais, e derivamos algumas implicações para a imagética auditiva.** De acordo com uma abordagem da neurociência cognitiva, realizamos uma análise componencial das principais funções exigidas da percepção auditiva e da imagem para sequências musicais, e delineamos um modelo mínimo de imagem e percepção auditivas. O modelo mínimo faz uma distinção clara entre os subsistemas de processamento necessários **para se analisar a altura e o ritmo**. Ele também incorpora um *buffer* auditivo [memória elástica] para a breve retenção de informações auditivas relativamente não processadas, um subsistema de atenção que permite a entrada seletiva de informações auditivas relevantes, um subsistema de memória para sequências melódicas que combina os resultados das análises de altura e rítmica em longo prazo, representação flexível da sequência musical e um sistema de memória associativa que vincula os resultados das análises perceptivas da música com informações extraperceptivas (semânticas e episódicas) sobre a sequência musical. A presente teoria baseia-se em um modelo recente de percepção musical proposto por Peretz (1993) e também explica dados de estudos de pacientes com distúrbios do processamento rítmico, indicando assim a estreita relação entre percepção auditiva e imagens para sequências rítmicas, tempo e processos motores. Dados recentes são usados para refinar e estender o modelo mínimo, bem como fornecer uma estrutura organizadora para o trabalho de laboratório atual" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 517, grifos nossos).

"Um sucesso notável foi alcançado nos últimos 25 anos ao serem desvendados os aspectos estruturais e funcionais das imagens visuais (Cooper; Shepard, 1973; Farah, 1985; Finke, 1980; Hampson; Marks; Richardson, 1990; Kosslyn, 1980; Morris; Hampson, 1983; Paivio, 1971), mas apenas muito recentemente surgiu algum trabalho substancial sobre imagens auditivas. Os exemplos incluem estudos de canções (Halpern, 1988, 1989), sons no ambiente (Intons-Peterson, 1980; Segal; Fusella, 1970), instrumentos musicais e timbre (Crowder, 1989a, 1989b; Pitt; Crowder, 1992), som vocal (Geiselman; Bjork, 1980; Geiselman; Glenny, 1977; Johnson; Foley; Leach, 1988; Nairne; Pusen, 1984), detecção de tons puros desconhecidos (Farah; Smith, 1983) e frases musicais desconhecidas (Weber; Brown, 1986). Grande parte deste trabalho recente, explícita ou implicitamente, obscureceu o trabalho anterior sobre imagens visuais. Por exemplo, Halpern (1988) traçou paralelos entre uma tarefa auditiva na qual os sujeitos examinam as músicas visualizadas quanto à presença de certos segmentos auditivos e experimentos anteriores de varredura visual (p.ex., Beech, 1978; Kosslyn, Ball; Reiser, 1978). Da mesma forma, assim como se pensa que os participantes são capazes de transformar imagens visuais de várias maneiras, com aspectos invariantes de imagens mantidos sob, digamos, rotação (Cooper; Shepard, 1973) ou

[1] CARROLL-PHELAN, Berenice; HAMPSON, Peter J. Multiple Components of the Perception of Musical Sequences: A Cognitive Neuroscience Analysis and Some Implications for Auditory Imagery. *Music Perception*, v. 13, n. 4, p. 517-561, 1996.

[2] Berenice Carroll-Phelan é psicóloga independente. Peter John Hampson é/foi pesquisador na Oxford University, professor emérito no Departamento de Psicologia da University of the West of England, em Bristol, e professor honorário adjunto no Departamento de Psicologia da Maynooth University, Irlanda.

mudanças de tamanho (Kosslyn, 1975), eles também são capazes transformar imagens auditivas, talvez transpondo mentalmente uma música para uma região mais aguda (Halpern, 1992) ou imaginando-a tocada por diferentes instrumentos ou em andamentos diversos (Halpern, 1992; Pitt; Crowder, 1992)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 517-518).

"Tais demonstrações são interessantes por si só e, sem dúvida, aumentam nosso conhecimento das propriedades empíricas das imagens auditivas, mas tentar reproduzir os sucessos iniciais da pesquisa de imagens visuais não é a única nem necessariamente a maneira mais básica de se lidar com os fenômenos em questão. Uma abordagem alternativa é aquela que considera as imagens como um fenômeno intimamente relacionado à percepção. No domínio visual, isso gerou dois benefícios principais. Primeiro, a estrutura componencial das imagens foi gradualmente exposta. Assim, pelo uso cuidadoso dos métodos de interferência, Baddeley e colegas, e outros, mostraram que as imagens visuais, assim como a percepção visual, têm aspectos visuais e espaciais (p.ex., Baddeley; Lieberman, 1980; Logie; Baddeley, 1990). Segundo, as estruturas de processamento comuns tanto à imagem quanto à percepção podem ser identificadas, com respostas estabelecidas em vários níveis (Finke, 1989). **Benefícios similares podem resultar da adoção da hipótese de trabalho relacionada à audição, a saber, que as imagens auditivas são derivadas da percepção auditiva e, portanto, dependem total ou parcialmente das estruturas de processamento do sistema perceptivo auditivo para que sejam recuperadas.** Vários autores recentes estão alertas aos **possíveis vínculos entre imagens e percepção** (p.ex., Farah; Smith, 1983; Halpern, 1992; Pitt; Crowder, 1992; Weber; Brown, 1986), mas eles deixaram de usar a correspondência em um maneira forte ou baseada em princípios de derivar uma teoria de imagens de uma teoria perceptiva aparentada. É isso que tentamos fazer neste artigo, especificando as principais características de uma teoria perceptiva; indicando, quando apropriado, como ela poderia ser usada para gerar uma teoria da imagem" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 518, grifos nossos).

"Outras restrições às explicações das imagens auditivas podem ser impostas pela adoção de uma perspectiva da neurociência cognitiva. A neurociência cognitiva traz um conjunto mais amplo de dados, das ciências do cérebro e da neuropsicologia, sobre teorias anteriormente restritas apenas por dados de experimentos de laboratório sobre participantes não comprometidos. Também busca relatos baseados em aspectos conhecidos da estrutura e função neurológicas, e suas teorias podem, por sua vez, ser modeladas computacionalmente (Kosslyn; Koenig, 1992). Mais uma vez, é interessante revisar o progresso nas imagens visuais como resultado dessa abordagem. Tal avaliação indica um interesse voltado à utilização de dados neuropsicológica (p.ex., Farah, 1984; Riddoch, 1990), as técnicas de imagem cerebral (p.ex., Goldenberg; Podreka; Steiner, 1990; Marks, 1990), e a construção de modelos que acredita-se que correspondem a sistemas neurológicos conhecidos (p.ex., Kosslyn; Koenig, 1992; Peretz, 1993)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 518-519).

"Neste artigo, aplicamos explicitamente uma perspectiva de neurociência cognitiva à percepção auditiva e, a partir disso, derivamos certas hipóteses sobre a natureza das imagens auditivas. **Mostramos, ao aceitar a hipótese de trabalho, que as imagens auditivas se apoiam no sistema perceptivo auditivo e, baseando-nos amplamente nos dados existentes, que é possível construir um modelo neurologicamente plausível que capte os principais aspectos da percepção e das imagens das sequências musicais.** Ao aceitar a correspondência entre imagem e percepção, atuamos de maneira ampla e pouco restrita, e deixamos em aberto a possibilidade de que tanto a percepção quanto a imagem sejam afetadas extensivamente pela cognição (Intons-Peterson; Russell; Dressel, 1992; Neisser, 1972). Nesta fase de gênese do modelo, limitamos nossas considerações a estímulos musicais. Defendemos essa restrição com base no fato de que tais

estímulos podem ser bem definidos e reproduzidos sem ambiguidade. Diferentemente das palavras, eles podem ser selecionados para ter conteúdo semântico mínimo; eles são, no entanto, razoavelmente complexos e ainda têm validade ecológica [que estuda a relação entre os organismos vivos e seu ambiente, entre os indivíduos e seu ambiente acústico], e as pessoas frequentemente afirmam obter imagens auditivas de estímulos musicais. Apesar dessa restrição atual, prevemos que um modelo mais aplicável de fenômenos auditivos possa ser construído ao longo das linhas que propomos" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 519, grifo nosso).

"Também mostramos como essa perspectiva revela aspectos da imagem auditiva até agora descobertas pelos programas de pesquisa existentes, a saber, a incorporação de componentes rítmicos e de alturas, além de uma memória de longo prazo para sequências melódicas. Fazemos isso construindo um modelo recente de percepção musical que já captura essas distinções (Peretz, 1993) e incorporando dados de estudos de pacientes com distúrbios do processamento do ritmo" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 519).

"De acordo com a abordagem da neurociência cognitiva, primeiramente é feita uma análise componencial das principais funções exigidas da percepção e da imagem auditiva para sequências musicais. Em seguida, delineamos um modelo mínimo de imagens e percepções auditivas, explicando como esse modelo pode explicar a percepção, o reconhecimento e a recordação de sequências musicais, e fornecemos uma estrutura organizadora para o trabalho de laboratório atual. Em seguida, os dados relevantes sobre os principais aspectos do modelo, especialmente os subsistemas de alturas e do ritmo, são examinados. Esses dados são usados para refinar e estender o modelo mínimo, e mostrar como uma teoria das imagens é derivada da teoria perceptiva dos parentes" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 519-520).

Análise de componentes e um modelo mínimo

"Considere alguém sentado em uma sala de espera que ouça uma música familiar, como uma passagem da *Sonata ao luar* de Beethoven, que eles reconhecem, identificam e, mais tarde, durante o dia, flagram-se cantarolando para si mesmos. Como em outras tarefas perceptivas, várias atividades logicamente distintas e distinguíveis estão envolvidas aqui. Os ouvintes devem primeiro detectar e atender ao estímulo, e reter pedaços suficientemente grandes para apreender sua estrutura maior. Em um segundo momento, eles devem ser capazes de realizar alguma análise preliminar sobre o que retiveram, que seja suficiente para permitir que reconheçam a peça como sendo familiar. Em um terceiro momento, em relação a uma melodia familiar que eles não apenas percebem com precisão, mas também identificam, eles também devem ser capazes de acessar mais informações semânticas e verbais sobre a peça, talvez lembrando de seu compositor, sua forma musical, seu nome e assim por diante. Além disso, eles podem ser capazes de reunir memórias autobiográficas específicas, sobre ouvir a peça em uma sala de concertos ou relaxar em casa. Finalmente, eles podem reproduzir os aspectos da experiência perceptiva inicial em uma data posterior" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 520).

"Logicamente falando, as operações de processamento após o registro inicial do estímulo necessário para realizar tudo isso não precisam, necessariamente, ocorrer em uma ordem fixa, nem todas são obrigatórias e (dadas as descobertas em outras áreas da percepção) provavelmente praticar para ser mais interativo. Por exemplo, uma pessoa pode recuperar o nome do compositor de uma peça musical, antes de seu título, ou reconhecer uma música desconhecida como exibindo a forma de sonata. No entanto, parece provável que seja ordenada alguma etapa e, portanto, assumimos que o registro inicial do estímulo é normalmente seguido pelo processamento de blocos administráveis de informações das quais as propriedades da peça são extraídas,

suficientemente, para indicar uma representação da melodia em questão do interior de um sistema de memória específica de músicas. A ativação de uma representação armazenada, por sua vez, levará à coativação de informações em uma memória associativa de uso geral, permitindo que informações semânticas, episódicas, autobiográficas e emocionais sejam relacionadas ao estímulo (cf. Kosslyn; Koenig, 1992). Essas informações também podem ajudar na identificação e na interpretação de pedaços de vários tamanhos de uma sequência musical (melodia)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 520).

"É interessante comparar nosso esboço atual das principais funções psicológicas necessárias para a percepção musical com as quatro dimensões dos estímulos musicais, delineadas por Umemoto (1990). Umemoto distingue entre as dimensões de (1) música como som, (2) música como objeto de percepção, (3) estrutura composicional da música e (4) conteúdo composicional da música. O esquema varia da microanálise de sons únicos à resposta da macro-empatia sobre toda a peça musical. Supõe-se que processos psicológicos envolvendo sensação, percepção, cognição e avaliação lidem com essas dimensões (ver Williams, 1982, para uma análise semelhante). Assim, 'música como som' refere-se a características de um único som, enquanto altura, intensidade, timbre ou duração. Assumimos que esse nível básico de representação esteja disponível nos estágios iniciais do registro de estímulos. 'Música como objeto de percepção' refere-se à percepção de melodia, harmonia e ritmo sobre sequências de alturas. É essa dimensão que supomos ser suportada pelos subsistemas de processamento perceptivo e de ajuste de memória. 'Estrutura composicional' envolve comparações de similaridade entre frases musicais inteiras ou partes da composição. Vemos isso como uma habilidade de ordem superior, envolvendo processamento relacional recursivo entre a atividade perceptiva atual e os resultados anteriores integrados ao subsistema de memória de sintonia, possivelmente apoiado por conhecimentos adicionais trazidos da memória associativa. Finalmente, o 'conteúdo composicional' de uma peça envolve 'a cognição emocional ou compreensão empática do significado, caráter ou roteiro de uma composição' (Umemoto, 1990, p. 117). Isso, supomos, envolve o acionamento dos poderosos recursos completos da memória associativa pelo sistema de memória sintonizada. Um esboço esquemático dos componentes funcionais identificados até o momento e sua correspondência com as dimensões identificadas por Umemoto estão representados na Figura 1" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 520-521).

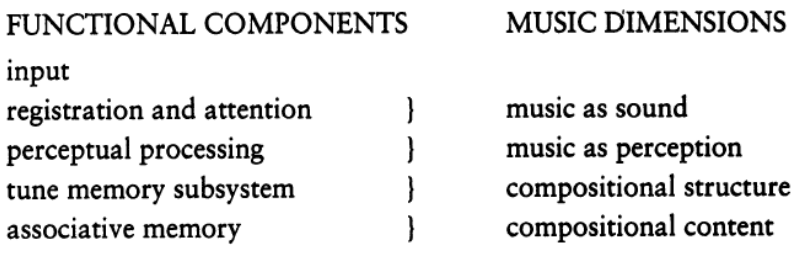

Fig. 1. Hypothesized major functional components of auditory perception and their relation to four musical dimensions.

"Em nosso modelo básico, assumimos que o processamento perceptivo é tipicamente orientado por dados, mas isso não exclui a possibilidade de suporte orientado a conceitos em níveis mais altos, nem exclui fatores cognitivos na segmentação do fluxo de informações perceptivas. Reconhecemos o argumento de Williams (1982) de que o caráter dinâmico da música mantém o ouvinte em um ciclo psicológico, fortemente controlado por sua experiência anterior junto à música. Concordamos que **'a capacidade do ouvinte de decodificar sinais neurais brutos,**

em percepções sensoriais e, posteriormente, organizá-las, depende da extensão em que seus esquemas musicais ou extramusicais lhes permitam decodificar, classificar e ordenar eventos sonoros'" (Williams, 1982, p. 35)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 521, grifo nosso).

"Williams continua afirmando que 'existe uma proporção crítica entre o grau em que a experiência passada permite que a taxa de processamento corresponda à taxa de informação da música; esquemas insuficientes resultam no descarte ou na perda de informações' (Williams, 1982, p. 35). Em termos de nossa estrutura, a presença de estruturas organizadoras ricas na memória associativa permitirá comparações cada vez mais detalhadas no subsistema de memória de sintonia. Por sua vez, um maior conhecimento em lidar com a dimensão do conteúdo musical permitirá comparações mais sofisticadas da estrutura composicional (cf. Gromko, 1993, para uma análise relacionada). No entanto, embora as memórias associativas mais ricas na mente dos especialistas provavelmente facilitem o processamento da música, também esperamos que a experiência musical seja multifacetada, como muitas habilidades cognitivas, e dependa de uma variação individual em uma ampla variedade de estágios perceptivos e pós-perceptivos" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 522).

"Questões de especialização à parte, essa estrutura perceptiva básica pode ser facilmente usada para explicar as imagens auditivas. Imaginar uma música em uma data futura implica a capacidade de reter aspectos da interação anterior com a sequência musical e recriar condições psicológicas semelhantes às produzidas pela percepção da sequência original. Uma maneira pela qual isso pode ocorrer é através da reprodução ou re-projeção de informações através do sistema. No momento, não queremos especular detalhes precisos desse processo, mas simplesmente fazer uma possível analogia entre a reativação de informações específicas da música que podem ser 'reproduzidas' de volta pelo sistema auditivo e submetidas a uma análise semelhante à realizada na percepção, e a maneira como se pensa que as imagens visuais se baseiam em processos de percepção visual (Finke, 1985). Assim, como indicamos anteriormente, adotamos como forte hipótese de trabalho a noção de que as imagens auditivas fazem uso dos principais subsistemas envolvidos na captação e codificação dos dados perceptivos auditivos, parcialmente com base nas evidências existentes que mostram interferência específica da modalidade entre a imagética auditiva e a percepção (p.ex., Intons-Peterson, 1980; Segal; Fusella, 1970; Serafine, Crowder; Repp, 1984), também por causa de dados neuropsicológicos indicando a correspondência entre imagem auditiva e percepção (Zatorre; Halpern, 1993), e em parte com base em argumentos pragmáticos de que essa hipótese orientadora provou sua utilidade no domínio visual" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 522).

"Pistas adicionais da natureza dos sistemas perceptivos em geral e da percepção musical em particular podem ser obtidas por um exame mais detalhado do tipo de estímulo com o qual eles precisam lidar. Com os estímulos musicais, uma importante distinção psicológica pode ser feita entre as propriedades dos próprios estímulos, por um lado, e as qualidades interestímulos, por outro. É claro que essa distinção é bem capturada pelas duas primeiras dimensões musicais delineadas por Umemoto (1990), mas merece uma consideração mais próxima. Estímulos musicais audíveis, como todos os fenômenos auditivos, ocorrem na natureza como ondas sonoras. A variação física da energia sonora carrega informações psicológicas importantes sobre a altura, timbre, intensidade e duração das notas em questão. No entanto, uma descrição das qualidades de estímulos musicais individuais, embora necessária, é claramente insuficiente para uma teoria completa da percepção musical. Assim como apenas uma teoria da percepção de palavras, sem uma teoria da gramática, é inadequada como explicação do processamento de sentenças, também é inadequada uma teoria da percepção da música que lida apenas com notas individuais. Importantes qualidades interestímulos devem ser consideradas. Isso inclui relacionamentos tonais

e, crucialmente, as qualidades organizacionais temporais de tempo, ritmo e andamento. Dentre estas qualidades de estímulo e interestímulo, tratamos as relações de alturas e ritmo como primárias, porque essas duas dimensões se combinam de maneira exclusiva para produzir uma sequência melódica. Tal sequência melódica pode, então, ser vista como exibindo constância musical, apesar das mudanças de timbre, intensidade, ritmo e assim por diante. Observe que não estamos exigindo que essa sequência seja esteticamente agradável, nem aceitável como música. Tomando emprestados termos gramaticais, aceitamos sequências bem formadas e mal formadas como material potencial para a percepção auditiva, e aqui chamamos atenção apenas para sua singularidade como estímulo e para seu caráter composicional" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 522-523).

"Supondo que o ritmo e a altura especifiquem, individual e conjuntamente, aspectos importantes das informações recebidas, segue-se que essas dimensões devem, em algum momento, ser extraídas após o registro imediato do estímulo. Assim como as qualidades visuais e espaciais são extraídas durante a percepção visual, podemos supor que, após o registro inicial de um estímulo musical, as dimensões da altura e do ritmo sejam analisadas em algum momento dos estágios de processamento após a entrada musical. No entanto, também afirmamos que, assim como na visão, onde o sistema deve acompanhar a correlação das dimensões visuais e espaciais para permitir a percepção dos objetos nos locais, também o sistema de processamento auditivo deve, em algum momento, vincular suas análises de alturas e rítmica para permitir a percepção de sequências de alturas organizadas temporalmente ou em sequências de características metodológicas. Supomos ainda que as análises de alturas e rítmica são feitas simultaneamente e em paralelo na sequência de entrada. Apenas a priori, o processamento completamente serial de alturas e ritmo provavelmente seria muito lento para acompanhar o processamento de sequências musicais de ritmo moderado, sem falar nas rápidas mudanças de, por exemplo, um arpejo. Outros arranjos de processamento são possíveis como alternativas ao serialismo estrito. Por exemplo, o sistema auditivo pode processar seções de sequências de alturas estendidas em paralelo e depois passar essas linhas para o subsistema rítmico para posterior análise. Embora esse arranjo, sem dúvida, reduza o número de etapas do processamento, manter a correspondência temporal entre as análises de alturas e rítmica seria mais complexo do que com o processamento totalmente paralelo, por isso assumimos por enquanto que ocorra o processamento totalmente paralelo de sequências de alturas e durações" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 523).

"A utilidade da suposição de que ritmo e alturas são processados em paralelo é confirmada pelo trabalho empírico recente de Peretz e Kolinsky (1993), que mostraram que **as alturas e o ritmo se dissociam em pacientes com lesões cerebrais**. Peretz (1993) esboçou um modelo de processamento de música que é semelhante em componentes essenciais ao nosso e foi projetado para dar conta de dados de pacientes com lesões cerebrais e pessoas saudáveis. Como nós, Peretz também propõe uma análise estrutural paralela de variações de alturas e características temporais (rítmicas). Outros estudos de laboratório obtiveram resultados compatíveis com o modelo de rota paralela de alturas e processamento rítmico (Halpern, 1984; Monahan; Carterette, 1985; Monahan; Kendall; Carterette, 1987; Palmer; Krumhansl, 1987a, 1987b). Além disso, na literatura neuropsicológica, vários outros casos foram descritos nos quais a melodia e o ritmo foram afetados separadamente por danos cerebrais. Por exemplo, Mann (1898, citado em Dorgeuille, 1966) mostrou que o ritmo pode ser poupado quando a melodia é perdida em termos de capacidade de cantar e vice-versa (Brust, 1980; Mavlov, 1980). Na leitura de música, uma dissociação dupla semelhante foi encontrada para o ritmo de Brust (1980) e para a melodia de Dorgeuille (1966) e Assal (1973)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 523-524, grifo nosso).

“Há, no entanto, um corpo adicional de evidências na literatura atual que apoia a visão alternativa de que **melodia e ritmo não são psicologicamente independentes** e estão totalmente integrados na percepção e na memória da música pelos ouvintes das sequências musicais (Boltz, 1989a, 1989b, 1989c; Boltz; Jones, 1986; Jones, 1987; Jones, Boltz; Kidd, 1982). Revendo essas evidências, Jones e seus colegas usam o termo ‘estrutura dinâmica de padrões’ para se referir às maneiras pelas quais ritmo e melodia se combinam. Jones usa o termo ‘dinâmico’ para enfatizar a integração das relações temporais com outros aspectos da estrutura do padrão musical, em particular melodia e ritmo. Ela argumenta que as relações de alturas em um padrão musical contribuem para sua melodia e harmonia, e as relações de tempo contribuem para a métrica, o ritmo e o andamento, mas que ambas as qualidades estão intimamente relacionadas. Sua análise da interação metódica e rítmica enfoca o que ela chama de ‘estrutura de acento conjunto’ que resulta dos padrões de acento melódico e rítmico que se combinam de maneira única (Jones, 1987, p. 625)” (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 524, grifo nosso).

“Jones e seus colegas fornecem um argumento forte, com experimentos de apoio, contra a separabilidade de ritmo e melodia, que não é nossa intenção ignorar. No entanto, o fato de que essa integração pode ocorrer em ouvintes normais de sequências musicais não implica que não possa haver uma separação anterior do processamento de sequências de alturas (em vez de melodias) e ritmo. Para tirar uma analogia da visão, análises locais de informações sobre objetos e localização podem ser realizadas independentemente, mas ainda assim resultam em uma percepção integrada de uma cena na qual as duas são combinadas. Da mesma forma, na audição, o processamento separado e paralelo de alturas e sequências rítmicas pode ser seguido na sequência perceptual por sua reintegração em uma melodia organizada ritmicamente” (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 524).

“Alguns aspectos adicionais da estrutura geral da percepção também podem ser esclarecidos nesta fase. A partir da observação e dos dados empíricos, é evidente que os indivíduos são capazes de reter memórias de músicas e sequências melódicas por longos períodos de tempo (Bartlett; Snelus, 1980). A capacidade de reproduzir uma música da memória indica que ambas as suas principais dimensões, nomeadamente as sequências de ritmo e alturas, devem ser mantidas de alguma forma durável. Mais adiante examinaremos se a altura e o ritmo são armazenados de forma integrada ou são representados separadamente e recombinados na recuperação. O que argumentamos por enquanto é que a memória da música subjacente provavelmente reterá os aspectos invariantes de uma sequência melódica, independentemente de instanciações particulares da sequência em uma determinada tonalidade ou tocada por um instrumento em particular ou cantada por uma voz em particular. Apenas por razões lógicas, uma representação comparativamente independente do estímulo parece necessária para realizar o feito comum de reconhecer a mesma música todos os dias, mesmo que possa ser tocada de uma maneira desconhecida, digamos por um piano em vez de um violão ou por uma tonalidade mais aguda do que o habitual (mas veja Crowder, 1989a, 1989b). Um aspecto adicional é que um ***buffer* auditivo[3], ou armazenamento razoavelmente transitório**, será necessário para reter sequências musicais de forma direta, quase sensorial, para permitir que segmentos temporais suficientemente grandes sejam selecionados por processos de atenção auditiva e retransmitidos para análises posteriores. Isso decorre da suposição de que o processamento de alturas e ritmo

[3] Um buffer elástico é um dispositivo que ajuda a suavizar a transferência de dados entre dois domínios. "Talvez o fato mais fundamental sobre a audição seja que o som é um evento intrinsecamente temporal. As informações auditivas são sempre espalhadas no tempo; nenhum milissegundo contém informações suficientes para serem muito úteis. Se as informações fossem descartadas assim que chegassem, a audição seria praticamente impossível, portanto, devemos assumir que algum 'buffer', algum meio para armazenamento temporário, esteja disponível no sistema cognitivo auditivo. (Neisser, 1967, p. 199-200).

provavelmente opera sobre grupos de estímulos, sendo que o primeiro se volta a relações de contorno, intervalo e tom tonal, e o segundo lida com propriedades duracionais dos padrões musicais. Finalmente, pressupõe-se que os processos atencionais auditivos modulem ou controlem o fluxo de informações do *buffer*" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 524-525, grifo nosso).

"A adição dessas considerações à estrutura básica leva ao modelo estendido mostrado na Figura 2" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 525).

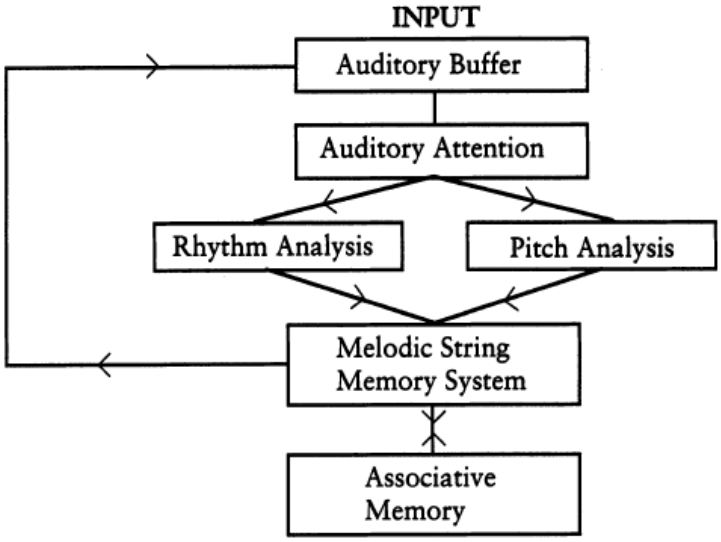

Fig. 2. An extended model of auditory perception and imagery.

Suporte empírico e elaboração do modelo

"Até agora, desenvolvemos, em linhas gerais, um modelo básico de percepção auditiva para sequências musicais, em grande parte, com base lógica, após uma análise básica dos requisitos computacionais de alto nível da tarefa. Nesta seção, são consideradas evidências em apoio ao modelo proposto. As evidências relatadas se enquadram em três grandes categorias: dados de experimentos psicológicos cognitivos, dados de investigações das habilidades comprometidas e intactas de pacientes com lesões cerebrais, e dados de estudos neurofisiológicos e neuroanatômicos da estrutura e função do cérebro" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 526).

"Aspectos do modelo que estão razoavelmente bem estabelecidos nas contas existentes da percepção auditiva são o *buffer* auditivo, a atenção auditiva e a memória associativa (cf. Kosslyn; Koenig, 1992). Dado que esses componentes são relativamente incontroversos, lidamos apenas brevemente com eles aqui, indicando onde vemos contato com outras teorias e dados existentes. Aspectos tratados com mais detalhes são os subsistemas de análise de alturas e rítmica e o sistema de memória de sequências melódica. Como mencionamos anteriormente, eles foram tratados separadamente, geralmente por grupos independentes de pesquisadores, com pouca atenção até muito recentemente prestados às suas inter-relações. Até onde sabemos, apenas Peretz e seus colegas de trabalho examinaram a dissociabilidade da altura e do ritmo e seus possíveis vínculos com um sistema de memória melódica, ou "sintonizar léxico" como o nomearam, com qualquer detalhe (p.ex., Peretz, 1993; Peretz; Kolinsky, 1993). Concordamos com Peretz que há mais conhecimento sobre a rota [*route*] da altura no processamento de informações

musicais do que a rota via ritmo, mas aproveitamos esta oportunidade para mostrar que existe um corpo de conhecimento sobre deficiências do ritmo que pode ser empacotado nesse contexto e isso implica áreas cerebrais na percepção musical e na memória, além daquelas geralmente consideradas envolvidas na percepção e nas imagens auditivas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 526).

BUFFER AUDITIVO

"**Existem boas evidências para um sistema que pode reter informações sensoriais auditivas por breves períodos de tempo de forma relativamente não processada. Neisser (1967) cunhou o termo memória ecóica para se referir a esse sistema,** argumentando que era o equivalente auditivo da memória icônica visual. Entendemos isso como o primeiro estágio do sistema de memória / processamento auditivo, com duração de apenas centenas de milissegundos, e para informações mantidas por ele de forma acústica (p.ex., Engle; Cantor; Turner, 1989; Penney, 1989). Supomos ainda que o processamento nesse estágio inicial seja de domínio geral, ou seja, o sistema auditivo de *buffer* / ecóico pode suportar estímulos auditivos musicais e não musicais, incluindo a fala. Distinguimos entre esse armazenamento sensorial e os componentes posteriores das informações do sistema e mantemos as informações por períodos mais longos. Portanto, não estamos sugerindo que o *buffer* auditivo seja equivalente, por exemplo, ao armazenamento fonológico em um sistema de memória de trabalho, mas sugerimos que os subsistemas de memória de trabalho e outros subsistemas de processamento auditivo, como aqueles para alturas e ritmo discutidos posteriormente, levem suas entradas do *buffer* auditivo (consulte Baddeley, 1990, para uma visão semelhante sobre a relação entre memória de trabalho e memória ecológica)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 526-527, grifo nosso).

"Parece altamente provável que o locus neurofisiológico do sistema ecóico seja encontrado nas principais áreas de recepção auditiva (Kosslyn; Koenig, 1992). Sabe-se que eles são organizados tonotopicamente, como os estudos eletro-fisiológicos e de varredura cerebral mostraram, com a estimulação resultando nos sons auditivos individuais de um tom específico, talvez também seja percebido como proveniente de uma direção específica (Penfield, 1967). Além disso, lesões nessas áreas podem resultar na perda da capacidade de discriminar sons particulares (Heffner; Heffner, 1990, 1986; Mendez; Geehan, 1988). Além disso, a atividade neural nessas áreas pode estar relacionada a dimensões psicológicas subjetivamente experimentadas, como a duração. Por exemplo, o trabalho magnetoencefalográfico recente de Lu, Williamson e Kaufman (1992) mostra que a duração da atividade neuronal no córtex auditivo primário pode ser usada para prever a duração psicofisicamente determinada da memória para a intensidade do som" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 527).

"A memória ecóica, como capturada pelo *buffer* auditivo, permite que uma representação sensorial básica do estímulo seja retida por tempo suficiente para que outras análises ocorram. Em nosso modelo, nenhum outro recurso da memória ecóica é postulado nesse estágio" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 527).

SUBSISTEMA DE ATENÇÃO

"Este não é o lugar para revisar completamente a literatura clássica sobre atenção seletiva auditiva ou para se envolver no debate sobre o lócus absoluto de qualquer atividade seletiva. Basta dizer que foi amplamente demonstrado que os participantes são capazes de se concentrar seletivamente nas entradas auditivas, em vez de outras entradas concorrentes, e que as entradas

claramente distinguíveis com base em sugestões físicas permitem uma seleção mais eficaz do que as entradas fisicamente semelhantes (p.ex., Broadbent, 1958; Cherry, 1953). No caso de entradas linguísticas e na ausência de pistas físicas claras, a seleção usando pistas de ordem superior é possível (p.ex., Treisman, 1964), embora, quanto mais tardia a seleção, mais trabalhosa ela parece (Eysenck; Eysenck, 1979; Johnston; Heinz, 1978)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 527).

"Como é sabido, filtros ou hierarquias seletivas de testes através dos quais as informações recebidas devem passar eram frequentemente postulados para explicar os resultados dos experimentos clássicos de escuta dicótica (Broadbent, 1958; Treisman, 1964). No entanto, apesar da atração, a neurofisiológica desses dispositivos permanece duvidosa. Consequentemente, é útil lembrar que relatos de atenção não baseados em filtro também foram propostos (Neisser, 1967, 1976). Utilizando um análogo visual de sombreamento, Neisser e Becklen (1975) mostraram que os participantes foram capazes de assistir seletivamente e com êxito a uma das duas sequências gravadas espacialmente sobrepostas, observando pouco da sequência não selecionada. Enfatizando a natureza ativa do seguimento perceptivo de uma sequência de ação, em vez da filtragem passiva, eles concluíram que a atenção é um subproduto da percepção especializada, não um processo adicional de bloqueio, e alegaram que as sequências não selecionadas simplesmente deixaram de ser processadas. A 'seleção como percepção hábil' também é uma maneira útil de explicar os resultados de um experimento recente sobre interlocução auditiva de Dowling (1973a), um experimento análogo, no domínio musical, ao estudo de Neisser e Becklen. Dowling usou duas músicas conhecidas, 'Frère Jacques' e 'Twinkle Twinkle', intercaladas temporalmente, para demonstrar características importantes da atenção na música. As duas melodias, quando tocadas juntas, separadas espacialmente, eram facilmente distinguíveis umas das outras, quando tocadas na velocidade de 7,5 notas por segundo, usando-se sugestões de alturas como base para a seleção. No entanto, como no estudo visual de Neisser e Becklen, os participantes puderam assistir a apenas uma melodia de cada vez. Em outro exemplo, Dowling permitiu a sobreposição dos intervalos de alturas, mas alterou o timbre de cada melodia. Mais uma vez, e de acordo com o trabalho clássico de atenção, a sugestão física do timbre foi uma sugestão eficaz para a seleção entre estímulos, assim como as diferenças de intensidade e a separação espacial das músicas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 527-528).

"No presente modelo, assumimos que ocorrerão interações entre os padrões ativados no sistema de memória da melodia e os do *buffer* auditivo, resultando em ênfase atencional seletiva das entradas cuja estrutura pode ser prevista a partir do conhecimento da sequência em questão. Esse destaque resultará na orientação dos subsistemas de processamento em direção aos estímulos musicais relevantes e na correspondência bem-sucedida da entrada com padrões de longo prazo, de maneira a ativação interativa (cf. McClelland; Rumelhart, 1986)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 528).

SUBSISTEMA DE ANÁLISE DE CAMPO

"No modelo atual, as funções do subsistema de análise de alturas são: (1) aceitar informações relativamente não processadas do *buffer* auditivo; (2) analisar essas informações com referência particular às inter-relações que existem dentro e entre as sequências de notas, (3) comunicar os resultados dessa análise a outras partes do sistema, especialmente aos subsistemas responsáveis por manter uma representação de memória de longo prazo de toda uma sequência melódica" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 528).

"Para explicar mais claramente as propriedades desse suposto subsistema, primeiro consideramos as várias distinções físicas e psicológicas associadas que podem ser feitas sobre o

som. Em seguida, e à luz dessas distinções, revisamos as características de desempenho de participantes humanos em estudos de processamento de alturas, juntamente com evidências neuropsicológicas relevantes. Depois, indicamos o que consideramos o subsistema de análise de alturas capaz e incapaz de fazer e, ao fazê-lo, o delineia de outros subsistemas, notadamente o *buffer* auditivo, por um lado, e o sistema de memória melódica, por outro" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 528-529).

"Três aspectos principais da altura musical são intervalo, escala e contorno. Intervalo refere-se à distância entre as notas, que por sua vez depende da frequência em hertz. Na música ocidental, o menor intervalo é um semitom, o que representa uma diferença de frequência de cerca de 5,9%. Uma escala é um grupo de notas sujeitas a certas restrições de alturas. A primeira restrição é que as notas em uma escala devem ter um tom discriminável entre si quando tocadas em sucessão. Segundo, as escalas devem exibir equivalência de oitava, ou seja, anotam uma oitava à parte, por exemplo, dois Dós são percebidos pela maioria dos ouvintes como semelhantes. A alturas musical ocidental divide ainda mais uma oitava em 12 semitons, conhecida como escala cromática. Usando isso, qualquer melodia pode ser transposta para começar em qualquer nota e ser reproduzida sem distorção, preservando os intervalos apropriados entre as notas. Assim, a transposição musical altera o local geral em que a melodia é tocada, com a música soando mais grave ou mais aguda, mas preservando os intervalos relativos entre as notas. Na prática, embora a divisão de cada escala em 12 semitons seja possível, normalmente apenas 7 ou 8 notas por escala (Dó móvel) são usadas na música. Finalmente, conjuntos de notas podem ser caracterizados em termos de contorno, o padrão de altos e baixos de alturas em uma melodia, juntamente com informações adicionais sobre onde devem ser 'penduradas' em uma escala (Dowling, 1973b)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 529).

"Cada uma dessas dimensões de alturas tem validade psicológica e implicações de desempenho. O intervalo e o contorno, em particular, podem mostrar efeitos distintos nas sequências de alturas correspondentes (Deutsch, 1980; Deutsch; Feroe, 1981; Frances, 1958; Jones, 1974) e relacionar-se ao nível de habilidade dos participantes. Assim, Bever e Chiarello (1974) argumentaram que, **enquanto músicos habilidosos confiam mais em intervalos para reconhecer melodias, os não-músicos confiam mais em contorno. Além disso, eles sugeriram que, enquanto julgamentos sobre intervalos são realizados por processos do hemisfério esquerdo, julgamentos sobre contornos dependem de processos do hemisfério direito.** Essa distinção e seu lócus hemisférico é corroborada pelo trabalho de outros pesquisadores, principalmente Peretz e colegas, sobre não-músicos (Peretz, 1987; Peretz; Morais, 1987; Peretz; Morais; Bertelson, 1987) e sobre músicos (Peretz, 1993; Peretz; Babai, 1992). Evidências convergentes também vêm de estudos de pessoas com lesões cerebrais de Peretz (1990), que afastaram ainda mais o efeito da lateralidade. Ela mostrou que as lesões no hemisfério esquerdo não afetam a capacidade dos pacientes de discriminar e reconhecer as melodias em termos de contorno, mas prejudicam sua capacidade de discriminar e reconhecer as melodias usando intervalos. As lesões no hemisfério direito, por outro lado, interrompiam os procedimentos baseados em intervalos e contornos. Assim, enquanto uma dissociação após danos no hemisfério esquerdo pode ser demonstrada entre desempenho com intervalo prejudicado e desempenho com contorno relativamente intacto, uma associação é demonstrada após dano no hemisfério direito que resulta em comprometimento para ambos. Esse padrão de resultados leva Peretz a concluir que **a extração de contorno, pelo hemisfério direito, é uma etapa necessária antes do processamento mais detalhado dos intervalos pelo hemisfério esquerdo** (Peretz, 1993). Resta ver se essa divisão detalhada do trabalho entre os hemisférios é sustentada por trabalhos posteriores, porque até hoje a maioria dos estudos sobre a localização neurológica da altura implicou

geralmente processos do hemisfério direito no córtex temporal (p.ex., Milner, 1962; Samson; Zatorre, 1988; Zatorre, 1985; Zatorre; Halpern, 1993). No entanto, um estudo recente de tomografia por emissão de pósitrons (PET) realizado por Zatorre, Halpern, Perry, Meyer e Evans (no prelo) demonstrou que a ativação bilateral ocorre nos córtices auditivos durante a percepção e a imagem de canções familiares. Embora não seja incompatível com a ideia de que **o processamento do alturas depende da atividade nos dois hemisférios cerebrais**, deve-se notar que a tarefa deles é mais complexa do que aquelas normalmente usadas para estudar o processamento do altura sozinho (p.ex., Deutsch, 1969, 1970, 1972, 1973) e inclui componentes rítmicos e verbais também. (Os participantes tiveram que julgar as diferenças de alturas entre duas palavras em músicas familiares imaginadas ou percebidas.) O fato de outras áreas do cérebro estarem ativas durante a tarefa, incluindo os lobos frontais, os lobos parietais esquerdos e as áreas motoras suplementares, sugere ainda que sua tarefa, como reconhecem, envolve mais do que simples processamento de alturas. A ativação em algumas dessas áreas é, portanto, como veremos em breve, mais fácil de explicar dentro do modelo maior de processamento musical, do que apenas no subsistema de análise de alturas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 529-530, grifos nossos).

"Também existem evidências de que os indivíduos são sensíveis à escala e às funções tonais associadas. Por 'funções tonais', entendemos as regras que governam o conjunto de notas e suas combinações geralmente aceitáveis na música tonal ocidental e usamos 'conhecimento tonal' para nos referir às estruturas psicológicas, esquemas, processos ou representações necessárias para se interpretar funções tonais. A noção de funções tonais e conhecimento de sons associados sugere que existem regras de construção claras e fixas que governam as sequências tonais musicais e que, como uma gramática na linguagem natural, essas 'regras' devem especificar se as sequências musicais são consideradas bem formadas ou malformadas. No entanto, na prática, pode ser difícil especificar com precisão o que constitui uma sequência bem formada, mesmo dentro do sistema musical ocidental, dada sua ampla variação de formas e gêneros musicais. Por exemplo, uma passagem inaceitável dentro de uma peça de Mozart pode ser considerada perfeitamente admissível se aparecer em uma peça de, digamos, Stockhausen. Fatores culturais, históricos e artísticos influenciarão fortemente o que é considerado musicalmente bem formado. De maneira mais geral, a sintonização ocidental com o Dó móvel reflete o desenvolvimento único da música em um nexo cultural. A música da Idade Média, ou, digamos, a música tradicional japonesa ou indiana, acultura diferentes habilidades de julgamento em indivíduos frequentemente expostos a essas formas musicais (Castellano; Bharucha; Krumhansl, 1984). Nós também estamos conscientes de que essas habilidades são susceptíveis de variar em função da habilidade de percepção e da sofisticação musical de um indivíduo. Ao contrário da linguagem, em que um julgamento gramatical pode ser feito recorrendo às intuições básicas de um falante nativo, parece ser necessária uma especificação mais cuidadosa das características dos julgamentos de musicalidade e os julgamentos parecem ser necessários. Portanto, pode ser mais seguro restringir a noção de boa formação e consequente tonalidade como afetando julgamentos feitos dentro de uma categoria relacionada de música, por um indivíduo com um nível específico de habilidade e experiência. Assim, embora possa ser difícil fazer afirmações absolutas ou universais sobre funções e conhecimentos tonais, essas construções ainda têm validade psicológica" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 530-531).

"As evidências até o momento sugerem que o conhecimento tonal pode ser demonstrado por: relativa facilidade com que os indivíduos detectam alterações nas melodias tonais em oposição às atonais (Frances, 1958); incapacidade dos sujeitos de fazer julgamentos baseados em intervalos em melodias atonais (Dowling; Fujitani, 1971); sua capacidade contrastante de

distinguir alterações de intervalo em uma melodia tonal quando seguida por sequências atonais que preservam o contorno (Dowling, 1978); sua habilidade em prever porções finais de porções anteriores de melodias (Bharucha, 1987). Às vezes, esse conhecimento tonal pode ser muito preciso. Por exemplo, Halpern (1989) demonstrou que as pessoas podem gerar ou selecionar a nota inicial de uma música depois que elas geram a música dentro de suas cabeças, e ela mostrou que as pessoas têm representações muito boas do som absoluto das músicas familiares" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 531).

"A neuropsicologia fornece o suporte adicional de que **o conhecimento tonal é central para o processamento de alturas, e também é dissociável do processamento de contorno e intervalo**. Após o exame de seu paciente, GL, Peretz (1993) conclui que o paciente foi capaz de fazer uso de informações de contorno e intervalo, mas era insensível à estrutura tonal" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 531, grifo nosso).

"Analisamos as três principais distinções psicológicas, intervalo, contorno e funções tonais, que podem ser feitas sobre o som musical. Um outro aspecto que agora notamos brevemente é o timbre, que se refere à 'cor' ou som característico de uma determinada nota tocada por um instrumento específico. Assim, um Lá tocado no piano, violino ou trombone pode compartilhar a mesma altura, mas diferir no timbre. Além disso, enquanto as características de alturas, como contorno, intervalo e estrutura tonal, dependem de conjuntos de notas, o timbre pode ser uma característica de notas ou sons únicos. Não é nossa intenção aqui revisar detalhadamente o trabalho sobre o timbre, mas simplesmente reconhecer que essa dimensão também pode ser psicologicamente distinta de outras, como intervalo, escala e contorno (Crowder, 1989a, 1989b), imaginada (Pitt; Crowder, 1992) e potencialmente prejudicada por lesão cerebral, especialmente no lobo temporal direito (Samson; Zatorre, 1994)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 531-532).

"Até o momento, relatamos evidências de habilidades de processamento de intervalo, contorno, tonalidade e timbre e sua possível diminuição. Experimentos sobre essas habilidades costumam ser realizados com notas simples ou sequências de notas, mas, é claro, a música inclui relações harmônicas mais complexas de consonância e dissonância entre notas. Julgamentos perceptivos de ordem superior também podem ser feitos ao longo dessas dimensões, e isso pode depender de sistemas que sejam neuropsicologicamente distinguíveis daqueles necessários para processar aspectos mais básicos das alturas, como funções tonais. Distinguindo entre diferentes tipos de tarefas de alturas dessa maneira, Tramo, Bharucha e Musiek (1990) examinaram a percepção musical e a capacidade cognitiva em um homem de 30 anos de idade, após danos no córtex auditivo causado por derrames. Lesões bilaterais completas dos giros transversais de Heschl, juntamente com lesões bilaterais parciais dos giros temporais superiores direito e esquerdo, em seu paciente, prejudicaram seriamente a percepção da consonância, resultando em grandes tríades consideradas dissonantes. Por outro lado, o paciente apresentava limiares normais de sensação de som puro, e a preparação associativa de julgamentos espectrais por contexto harmônico também não foi prejudicada. Eles assumiram que o último era uma tarefa cognitiva envolvendo a estruturação hierárquica das informações de alturas. Tramo et al. sugerem que as funções sensoriais e cognitivas que envolvem o processamento de informações tonais da música, deixadas intactas por danos às áreas corticais em questão, são dissociáveis das funções que suportam a percepção de consonância" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 532).

"A partir desta breve revisão da literatura sobre processamento de alturas e seus impedimentos, podemos concluir que **o sistema de processamento de alturas é sensível às funções de intervalo, contorno, escala e sons e timbre, e pode ser usado para fazer julgamentos**

de ordem superior, como como aquelas que envolvem consonância, boa formação de sequências e expectativas perceptivas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 532, grifo nosso).

"Dentro desse sistema, pouco se sabe ainda em detalhes sobre como o som é representado, embora os modelos atuais (p.ex., Shepard, 1982a, 1982b) ajudem a explicar certos aspectos. No modelo de Shepard, considera-se que o som é representado de maneira helicoidal, um arranjo que não apenas captura a semelhança das notas próximas entre si, mas também oitavas equivalências e outras relações tonais às quais os indivíduos são sensíveis (cf. Krumhansl; Shepard 1979). Ainda não se sabe muito sobre a dinâmica do sistema necessária para lidar com conjuntos de notas recebidas e para realizar análises harmônicas de alto nível, embora tenha havido algum progresso no entendimento de como os julgamentos de boa formação são caracterizados. Observe, em primeiro lugar, que tais julgamentos podem presumivelmente ser executados, mesmo que os indivíduos não conheçam (no sentido de terem experimentado anteriormente) a sequência exata em questão. Isso sugere que a representação de longo prazo da cadeia precisa não necessita estar envolvida, mas que existe alguma capacidade de fazer um julgamento generativo. Apesar de nossas advertências anteriores, é instrutivo traçar uma analogia aqui com gramáticas de estados finitos (ver Miller 1967, para discussão). Sequências musicais podem ser pensadas como sequências de estado finito nas quais partes posteriores de uma sequência são parcialmente determinadas por partes anteriores. Isso sugere ainda que um ouvinte habilidoso, capaz de detectar violações da sequência, é capaz de usar a previsibilidade inerente a uma sequência. Tampouco a comparação entre as sequências musicais e as gramáticas nos compromete com um modelo de julgamentos de alturas em que regras ou gramáticas armazenadas são empregadas (mas veja Deutsch; Feroe, 1981; Lerdahl; Jackendoff, 1983, para exemplos desta última). Hubbard e Stoeckig (1992) revisam várias alternativas, incluindo modelos conexionistas que capturam as principais relações intertonais e harmônicas, mas, como atualmente constituídos, esses modelos lidam apenas implicitamente com sequências melódicas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 532-533).

"Finalmente, distinguimos o subsistema de análise de alturas do *buffer* auditivo com base no fato de o primeiro envolver-se na análise perceptiva ativa das sequências de alturas, em contraste com o registro passivo de sensações pelo *buffer*. Também delineamos o subsistema de análise de alturas do sistema de memória melódica, que consideraremos em breve. Fazemo-lo amplamente em termos conceituais, aceitando que as evidências psicológicas e neuropsicológicas atuais em apoio à divisão ainda não são claras. De acordo com nossa visão, o sistema de análise de alturas é distinguível do sistema de memória melódica com base em três critérios. Primeiro, o sistema de análise de alturas é usado para o processamento de qualquer sequência musical, conhecida ou desconhecida; não é usado para reconhecer sequências que foram ouvidas anteriormente ou para categorizar as melodias como novas. Assim como Peretz (1993), distinguimos entre o processo de acesso a uma entrada em um sistema de memória musical ou léxico e a ativação da entrada no léxico, o primeiro, em nosso modelo, sendo aquele realizado principalmente pelo campo sistema de análise, este último pelo sistema de memória melódica. Nossas razões para adotar essa visão são amplamente baseadas em uma meta-hipótese de que o processamento da música se comportará de maneira semelhante a outras atividades perceptivas, como a leitura (p.ex., Morton, 1969) ou o reconhecimento facial (p.ex., Bruce; Young, 1986), onde as distinções entre acesso e entradas de memória já foram aplicadas de maneira proveitosa. Essa distinção não nos compromete com nenhum modelo particular de acesso musical. Embora no momento ainda tratemos isso como um processo orientado por dados, suspeitamos que uma atividade interativa possa muito bem ocorrer entre o sistema de memória melódica e o processo de acesso em si. (Também assumimos e concordamos com Peretz, que o acesso via sistema de

alturas é mais confiável do que o acesso através do subsistema rítmico; cf. Peretz, 1993). Segundo, assumimos que as análises no sistema de processamento de alturas são realizadas de maneira fracamente modular, independentemente das análises rítmicas, enquanto (como veremos) uma entrada completa em nosso sistema de memória melódica inclui componentes rítmicos e de alturas. Terceiro, associamos mais as atividades do sistema de processamento de alturas à atividade de memória de curto prazo ou de trabalho envolvida no processamento em linha de sequências musicais comparativamente curtas, enquanto o sistema de memória metodológica está envolvido na aquisição, retenção e reativação de sequências melódicas inteiras e conhecimento tonal geral. Esse 'critério de memória', que impõe restrições fundamentais às atividades do subsistema de alturas, resulta dos aspectos temporais e potencialmente em rápida mudança do estímulo musical e do curto tempo de armazenamento do *buffer* auditivo que alimenta as informações, através da atenção auditiva subsistema, ao sistema de processamento de altura. **Assim, levantamos a hipótese de que apenas análises locais e não globais podem ser realizadas pelo subsistema alturas**. De acordo com essa sugestão, encontra-se a descoberta de Zatorre e Samson (1991) de que lesões unilaterais do lobo temporal podem prejudicar a retenção de informações de alturas na memória de curto prazo ou de trabalho, sugerindo a existência de sistemas neurais especializados para esse fim. Evidências adicionais para um sistema de memória de trabalho tonal específico e indicações de que, dependendo da tarefa, ele pode depender, em maior ou menor grau, das estruturas do lobo frontal, provêm de estudos PET recentes de tarefas de monitoramento de sons; Evans, 1993) e julgamentos de alturas com novas melodias (Zatorre; Evans; Meyer, 1994). Nesses estudos, o aumento do fluxo sanguíneo cerebral foi registrado na área 46, com assimetria à direita em ambos os casos. Comparações de porções anteriores de uma melodia longa e familiar com uma porção atual, aparentemente, exigiriam logicamente que uma forma mais durável de representação fosse usada em conjunto com as informações atuais do que as formas usadas para lidar com novas melodias. Em casos como esses, o foco do fluxo sanguíneo cerebral muda posteriormente para o limite das áreas 45 e 9 e possivelmente da área 44 (Zatorre et al., no prelo). **No entanto, como dissemos anteriormente, essas tarefas vão além do processamento simples de alturas em linha e também requerem acesso a representações de memória de longo prazo, ao que denominamos sistema de memória melódica**. Para tirar uma analogia da leitura, o processamento de alturas, como a vemos, é mais parecido com a percepção contínua de palavras únicas e grupos de palavras curtas do que com reconhecimento, identificação, compreensão e, finalmente, memória de unidades textuais maiores, como parágrafos e histórias" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 533-534, grifos nossos).

"Defendemos nosso tratamento separado dos sistemas de alturas e de memória melódica pelos motivos que acabamos de descrever, mas também observamos que há implicações testáveis dessa divisão. Se existir um léxico de melodia separado ou um sistema melódico, podem surgir várias condições neuropsicológicas que, em princípio, não seriam previstas a partir de uma visão de sistema único. Por exemplo, e mais obviamente, seria possível, em princípio, descobrir distúrbios que causam danos ao sistema de memória melódica, que, como consequência, deixam o processamento de alturas totalmente intacto, mas afetam a identificação de melodias como antigas ou novas. Por outro lado, os danos ao sistema de processamento de alturas afetariam não apenas o processamento de novas sequências de alturas, mas também o reconhecimento das antigas. Uma analogia útil pode ser desenhada aqui na literatura sobre reconhecimento de faces, que descreve pacientes que são incapazes de reconhecer rostos como familiares ou desconhecidos, mas que ainda são capazes de distinguir rostos de não-rostos e realizando uma variedade de tarefas perceptivas de correspondência com eles (p.ex., DeRenzi, 1982). Presume-se que esses pacientes tenham danos aos aspectos do sistema de reconhecimento de face, mas que

tenham uma análise estrutural das faces intacta. Por outro lado, também existem pacientes, que se acredita estarem prejudicados na análise estrutural de rostos, que são incapazes de executar tarefas de correspondência facial e também têm dificuldades em distinguir rostos familiares de desconhecidos (p.ex., Bodamer, 1947). Outra dissociação neuropsicológica que pode surgir é que a ativação / recuperação de músicas já conhecidas pode ser preservada com a capacidade prejudicada de aprender novas músicas. Esses pacientes devem ser capazes de executar o processamento de alturas e reconhecer o som antigo de novas músicas, mas ser incapazes de memorizar novas sequências melódicas. Como costuma ser o caso da psicologia, esses assuntos aguardam teste empírico e apreciamos completamente os perigos de processar a psicologia em uma área por analogia com outra, mas o ponto principal que fazemos aqui é que a visão dos dois sistemas oferece previsões claras" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 534-535).

"Se a separação entre o acesso e a ativação de entradas melódicas parecer provável, embora ainda não totalmente estabelecida, reconhecemos que as evidências são ainda mais mistas quanto à divisão real do trabalho entre o processamento de alturas e os sistemas de memória melódica. É necessário cuidado ao alocar funções apenas para acessar ou léxico, ou para alguma cooperação estreita, mas definida, entre os dois. Por exemplo, o processamento intervalado e as funções tonais podem depender em parte da memória de longo prazo para sequências musicais específicas ou conhecimentos tonais gerais, presumivelmente com base na exposição a sequências apropriadas dentro de um gênero. Portanto, as tarefas que investigam essas questões podem ser melhor consideradas como mistas e envolvem uma contribuição do léxico para o próprio processamento de alturas. Nesse sentido, é interessante notar que Dowling e Bartlett (1981) consideraram as informações específicas sobre cromas ou tamanhos de intervalos mais importantes em tarefas de memória de longo prazo do que em tarefas de memória de curto prazo, com um contorno mais relevante para breves memória de longo prazo. Para que o contorno fosse totalmente eficaz, parecia que a melodia tinha que ser bem aprendida e familiar (Dowling; Fujitani, 1971)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 535).

"Nesta seção, abordamos as principais funções e os relacionamentos estruturais com outros componentes do subsistema de análise de alturas. Agora consideramos o subsistema de análise de ritmos" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 535).

SUBSISTEMA DE ANÁLISE DE RITMOS

"Enquanto a altura se preocupa principalmente com os aspectos sonoros do estímulo, o ritmo se preocupa principalmente com suas características temporais, especialmente a proporção de durações de estímulo e interestímulo, e a representação deles como uma sequência de tempo usada para controlar a produção rítmica. Feita essa distinção, estamos atentos ao fato de que anteriormente implicamos que questões de ordenação serial são cruciais para a representação de contornos ou trajetórias de alturas. Essa ordenação também parece ser crucial para capturar a sequência correta de uma estrutura rítmica e, finalmente, correlacionar análises de alturas e ritmos. Assim, é provável que as análises de alturas e ritmos como um todo sejam fracamente modulares, no sentido de que ambas requerem acesso a sistemas sensíveis à organização serial. No entanto, argumentamos que existem módulos específicos para o processamento rítmico que não são essenciais para a alturas e vice-versa (cf. Large; Kolen, 1994). No caso do alturas, acabamos de discutir as operações realizadas pelo subsistema de análise de alturas. No caso do ritmo, haverá subsistemas relacionados ao tempo e à programação das representações motoras. Para desenvolver esse argumento, examinamos primeiro o conceito de ritmo com mais detalhes,

verificamos as tarefas que foram usadas para estudá-lo e consideramos sua base neural" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 535-536).

"O ritmo pode ser definido ampla ou estritamente. Ao restringir sua definição à música, ela pode ser equiparada simplesmente ao acento e duração periódicos das notas. Isso tem a vantagem de vincular o conceito à música, mas a desvantagem de se relacionar com outras áreas do funcionamento psicológico governadas ou especializadas para lidar com ritmos que podem ser excluídos a priori. Uma definição muito ampla, por outro lado, por exemplo, equiparar ritmo a qualquer variação temporal de estímulos ou respostas, tem a vantagem de não prejudicar a relação entre ritmo, no sentido musical, e outras manifestações rítmicas, mas pode não ser suficientemente preciso para limitar a consideração àquele conjunto de ritmos governados pelo mesmo conjunto de princípios psicológicos. Na prática, é claro, é impossível ter certeza do nível correto de análise. Como em muitas outras áreas da investigação psicológica, é provável que as definições surjam e mudem à medida que o trabalho avança. No entanto, adotamos a seguinte definição com base em que ela parece ser ampla o suficiente para nos permitir examinar se existe um conjunto comum de princípios psicológicos subjacentes a todo processamento rítmico, mas suficientemente preciso para descartar manifestações triviais ou mais distantes de mudança temporal, como quebrar vidros, ou as variações temporais evidentes, por exemplo, na pronúncia de um fonema" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 536).

"Assim, definimos ritmo como os padrões organizados temporalmente resultantes da iniciação e do término de elementos de uma sequência de estímulos dentro da mesma modalidade, ou como o padrão resultante de mudanças discretas em um atributo de estímulo (por exemplo, aumentos ou diminuições regulares no intensidade ou brilho) de magnitude aproximadamente igual ou como o padrão manifestado por um conjunto de respostas regulares. Padrões rítmicos que variam em um atributo perceptivo, como intensidade ou brilho, não precisam ser cobertos em nenhuma outra dimensão, coma altura, cor, pressão ou localização. Tipicamente, uma sequência rítmica consiste em estímulos que incorporam descontinuidades temporais. Expressa assim, a definição é ampla o suficiente para abranger sequências de estímulos, digamos, na modalidade visual ou tátil, bem como na audição (ver, p.ex., Mavlov, 1980). O mesmo ritmo pode sustentar uma sequência de batidas em uma mesa, uma sequência de estímulos auditivos ou uma sequência de flashes de luz, embora seja ou não capturado pelo mesmo sistema de processamento seja uma questão empírica. Para simplicar, a definição é formulada para excluir sequências e muda de uma modalidade para outra, tal como com, por exemplo, uma sequência com três flashes de luz, seguido por dois sinais auditivos, seguido por três ondas de luz, seguido por dois sinais auditivos, embora pudesse ser facilmente estendido para acomodá-los. A definição também é ampla o suficiente para incluir sequências rítmicas bem formadas e malformadas. Assim, não exigimos que os estímulos rítmicos tenham necessariamente meta-qualidades de tempos do compasso, nem respeitemos as regras musicais capturadas pelas assinaturas de tempo, embora muitos desses estímulos o façam na prática. Além disso, e crucialmente, o ritmo pode ser exposto por sequências de estímulos que não variam de outras maneiras. Isso significa que apenas a informação rítmica deve ser suficiente para especificar uma sequência rítmica e permitir sua análise; embora a informação rítmica possa, na prática, é frequentemente covariante com outros tipos de informação, como alturas, ela não precisa necessariamente fazê-lo. Finalmente, incluímos ritmos que podem ser percebidos nos movimentos e respostas humanos, como tocar, acenar com a cabeça, piscar ou flexionar os membros" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 536-537).

"Apesar da amplitude de nossa definição, os estímulos rítmicos na pesquisa empírica são tipicamente mais restritos. A maioria, se não todos os estímulos rítmicos operam em um intervalo

de tempo restrito no qual os elementos de uma sequência rítmica são da mesma ordem de duração, na qual os elementos são geralmente mantidos por durações comparáveis e onde as durações dos elementos 'longos' são fixadas, são pequenos múltiplos das durações dos segmentos 'curtos'. Na prática, esse intervalo de tempo é restrito pelas limitações de processamento de participantes humanos. O intervalo de tempo para percepções subjetivas do ritmo parece estar entre 115 e 1580 ms (Bolton, 1894), e estudos de andamento sugerem que cerca de 100 batimentos por minuto ou cerca de 600 ms por item é preferível e corresponde ao tempo para a resolução temporal ideal (Fraisse, 1982). Muitos desses estímulos também costumam exibir regularidade na qual elementos rítmicos (intervalos de estímulos e interstímulos, ISIs) de uma determinada sequência podem ser descritos como sendo membros de um conjunto restrito de durações e repetições nas quais uma sequência rítmica usada anteriormente pode se repetir (cf. Large; Kolen, 1994, para uma discussão mais aprofundada dessas qualidades)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 537).

"Antes de começarmos a considerar os estudos do processamento rítmico, alguns pontos preliminares precisam ser feitos para colocar esta seção em contexto. Nossa leitura da literatura sugere que muitos estudos relevantes do ritmo podem ser encontrados na grande literatura sobre atividade motora e na literatura um pouco menos extensa, embora ainda considerável, sobre percepção e processamento temporal. Essas literaturas têm suas próprias agendas e, embora esperemos mostrar que elas se sobrepõem ao trabalho de percepção e cognição de música, elas incluem grandes trabalhos que não são estritamente relevantes para o nosso relato. Portanto, nossa revisão é necessariamente seletiva. A literatura que trata da neurofisiologia da atividade motora também é extremamente complexa, pois uma grande variedade de regiões cerebrais tem sido implicada na produção e controle de sequências de movimento. O mesmo se aplica à literatura de temporização. Dentro desses domínios mais amplos, muitos problemas ainda precisam ser resolvidos. No caso de ritmo em particular, não acreditamos que um mapeamento preciso ou de grão fino ainda seja possível entre os (muitos) processos cognitivos necessários para lidar com o ritmo e os sistemas neurais que lhes dão suporte. Apesar disso, é possível identificar os principais aspectos funcionais dos sistemas cognitivos envolvidos no processamento do ritmo, por um lado, e os sistemas cerebrais que parecem capazes de suportar tais operações, por outro, com detalhes suficientes para especificar um modelo que, embora ainda não seja mapeado para um 'diagrama de fiação' neural preciso, no entanto, é suficientemente especificado para permitir que previsões testáveis sejam feitas sobre seus componentes cognitivo-neurais. Para construir esse modelo, chamamos atenção explicitamente para o que parecem ser várias dissociações amplas em estudos de pacientes com lesões cerebrais. Como os dados específicos dessas dissociações ainda são limitados, nossas conclusões devem ser tratadas como provisórias, mas oferecemos nossas sugestões como alternativas mais detalhadas às tentativas de localizar o processamento do ritmo em um ou outro hemisfério cerebral (Peretz, 1990). Ao discutir o ritmo, excluímos propositadamente questões de ordenação serial, que acreditamos serem mais relevantes para a questão do que vem a seguir e que interpretamos como a província do sistema de análise de alturas, e não na próxima, que é o domínio do ritmo (cf. Large; Kolen, 1994). Nem temos ainda consideradas as possíveis relações entre processos rítmicos e articulatórios, embora, como veremos a discutir mais tarde, essas ligações acabarão por terem de ser abordadas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 537-538).

"Na literatura empírica, várias tarefas motoras foram criadas usando esses estímulos para examinar a natureza do processamento rítmico. Isso inclui tocar, ter estimulação auditiva, discriminação de ritmo e reprodução de ritmo (p.ex., Fraisse, 1982; Fries; Swihart, 1990; Halsband; Ito; Tanji; Freund, 1993; Ivry; Keele, 1989; Keele; Pokorny; Corcos; Ivry, 1985). As tarefas de

escutas, sem nenhum estímulo presente, têm sido usadas de várias maneiras, geralmente na literatura de habilidades motoras, tanto para estudar a resposta motora diretamente (Keele; Ivry; Pokorny, 1987) quanto como uma tarefa secundária para interferir junto a outras atividades mentais (Radii; Mates; Ilmberger; Poppel, 1990; Radii; Mates; Poppel, 1991). A estimulação auditiva pode ser pensada como uma tarefa de rastreamento ou sombreamento rítmico, na qual o participante é obrigado a corresponder ou sincronizar alguma resposta motora (normalmente tocando) a um estímulo externo, como uma sequência rítmica visual ou auditiva (Fries; Swihart, 1990; Ivry; Keele, 1989). Por outro lado, **discriminação de ritmo, reprodução de ritmo e reconhecimento de ritmo envolvem memória. A discriminação de ritmo exige que os participantes detectem a semelhança ou a diferença entre duas sequências rítmicas apresentadas sucessivamente** (Jones; Summerell; Marshburn, 1987; Peretz; Kolinsky, 1993), **a reprodução do ritmo requer que os participantes reproduzam uma sequência rítmica ouvida anteriormente** (Ivry, Keele; Diener, 1988), **e o reconhecimento do ritmo exige que os participantes realizem uma correspondência entre uma sequência atual e uma apresentada anteriormente** (Poulton, 1974). **Essas tarefas de memória permitem que variáveis adicionais, como a duração do intervalo de retenção ou a natureza do material interpolado, sejam manipuladas, o que não ocorre apenas por estimulação auditiva ou tempo do compasso**" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 538-539, grifos nossos).

"Foi identificada uma variedade de condições que resultam em comprometimentos do ritmo de vários tipos. Isso inclui a doença de Parkinson (p.ex., Benecke; Rothwell; Dick; Day; Marsden, 1987; Crawford; Henderson; Kennard, 1989; Jorda; Sagar; Cooper, 1992), a coreia de Huntington [uma desordem neurológica que causa movimentos involuntários] (p.ex., Halsband; Hilperath; Lange, 1990b; Hefter; Homberg; Lange; Freund, 1987; Lasker; Zee; Hain; Folstein; Singer, 1987), danos às áreas motoras do córtex (Dick; Benecke; Rothwell; Day; Marsden, 1986; Freund; Hummelshein, 1984, 1985; Halsband; Ito; Tanji; Freund, 1993), danos aos gânglios da base (p.ex., Fries; Swihart, 1990; Laplane et al., 1989) e danos ao cerebelo (p.ex., Arkhipova; Troshina; Shabalov, 1991; Brown; Hefter; Mertens; Freund, 1990; Inhoff; Rafal, 1990; Ivry et al., 1988; Stein, 1986)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 539).

"Aqui, chamamos atenção especial para dois estudos recentes que, combinados, parecem estabelecer uma dupla dissociação entre o desempenho na estimulação auditiva direta e outras tarefas que envolvem memória rítmica. Fries e Swihart (1990) relataram o caso de um paciente previamente musicalmente qualificado que, após danos nas áreas temporais direitas e nos gânglios da base direitos, ficou seriamente comprometido em corresponder suas respostas de tempos do compasso a uma batida do metrônomo ou bater com os tempos do compasso junto com uma banda música, mas que não apresentou dificuldade em perceber ritmos ou produzi-los a partir da memória. A especificidade do comprometimento do paciente na estimulação auditiva foi ainda demonstrada por sua habilidade intacta em tocar em resposta a estímulos visuais e táteis rítmicos" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 539).

"Por outro lado, Halsband et al. (1993) relatam estudos de vários pacientes com lesões unilaterais no córtex pré-motor lateral ou medial (PMA) e na área motora suplementar (SMA) que foram profundamente prejudicados na reprodução de sequências rítmicas da memória, mas no caso do grupo SMA capaz de estimulação auditiva (o grupo de PMA tinha etiologia mista e incluía alguns pacientes com lesões da SMA que não foram testados em estimulação auditiva). Em outro experimento, pacientes com lesões na SMA foram solicitados a recuperar uma sequência de movimentos dos dedos, a partir da memória ou sob orientação visual. Em relação aos controles, os pacientes com lesões na SMA levaram muito mais tempo para iniciar a sequência dos dedos a

partir da memória, com pouca ou nenhuma diferença sob orientação visual" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 539).

"Um esboço de duas rotas da entrada rítmica à resposta pode ser formulado com base nesses estudos (ver Figura 3). A figura ilustra o que chamaremos de rota direta, ou SR, entre entrada e comportamento, e há uma segunda rota mais tortuosa na qual ritmos auditivamente apresentados são processados e reproduzidos na memória (cf. Halsband et al., 1993, para conclusão semelhante). Supomos ainda que ambas as rotas dependem, em primeira instância, da entrada no *buffer* auditivo, embora outras rotas, por exemplo, através de modalidades visuais e táteis, sejam sem dúvida possíveis, mas não as consideraremos por enquanto" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 540).

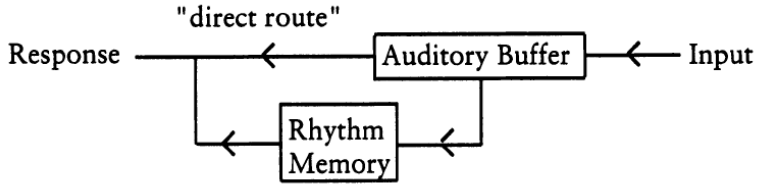

Fig. 3. Two routes in rhythmic processing.

"Examinar cada uma dessas rotas com mais detalhes revela mais informações sobre sua estrutura cognitiva e neurofisiológica. Considerando primeiro a rota direta, notamos que o paciente estudado por Swihart e Fries sofreu danos nos gânglios da base. A literatura sobre habilidades motoras implica fortemente essas estruturas no controle e produção de movimento (ver, p.ex., Connor; Abbs, 1990, para uma revisão), e sabe-se que a doença de Parkinson e Huntington, ambas conhecidas por afetar a gânglios da base, resultam em distúrbios do sistema motor, incluindo movimento voluntário sequencial e preditivo (Stern; Mayeux; Rosen; Ilson, 1983) e a aquisição de novas habilidades motoras (Sasaki; Gemba, 1981; Taylor, 1978). Além disso, pensa-se que os gânglios da base modulam sequências de movimento influenciando a seleção dos parâmetros corretos necessários para o movimento bem-sucedido (Marsden, 1987). É necessário cuidado aqui, no entanto, na descrição do déficit de rota direta, juntamente com a rota de memória poupada, apenas em termos de danos aos gânglios da base, porque pacientes com coreia de Huntington, em particular, demonstraram ser prejudicados em tarefas que envolvem memória de ritmo (Halsband; Hilperath; Lange, 1990b), pacientes com doença de Parkinson demonstraram ser capazes de usar uma estratégia motora preditiva do tipo presumivelmente necessário para estimulação auditiva (Day; Dick; Marsden, 1984) e a estimulação auditiva pode ser prejudicada em pacientes com anormalidades do tálamo e do mesencéfalo superior (relato de caso citado em Fries; Swihart, 1990). Atribuir estimulação auditiva prejudicada apenas ao dano dos gânglios da base é adicionalmente arriscado, uma vez que o paciente de Fries e Swihart também sofreu danos no lobo temporal direito em sua superfície lateral e exibiu outras deficiências psicológicas, incluindo distúrbios na altura, tempo, e discriminação de timbres e memória tonal. Portanto, sua própria conclusão de que o paciente estava sofrendo de um distúrbio auditivo central pode ser mais segura no momento" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 540-541).

"A distinção geral entre alturas e processamento rítmico que defendemos é prejudicada pelo comprometimento concomitante no processamento de alturas sofrido pelo paciente de Swihart e Fries? Achamos que não. Apesar da gravidade das deficiências do paciente, (a) a reprodução de sequências rítmicas da memória não foi afetada, sugerindo que informações

suficientemente detalhadas sobre a sequência temporal da entrada auditiva estavam disponíveis para subsistemas não danificados, especializados em análise, retenção e reprodução de ritmos, e (b) o toque nas sequências visuais não foi afetado, implicando um problema específico para a rota auditivo-motora" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 541).

"Voltando agora aos pacientes examinados por Halsband et al. (1993), embora ambos os pacientes com lesões da AMP e os pacientes com lesões da AME apresentassem distúrbios da memória rítmica, pode-se concluir definitivamente que pacientes com lesões da AME apresentaram estimulação auditiva intacta porque seus pacientes com lesões da AME não foram testados desta maneira. No entanto, e à luz dos dados de Swihart e Fries, a sugestão de Halsband et al. de que 'uma distinção crucial pode ser feita entre tarefas nas quais o sujeito é solicitado a executar uma determinada tarefa motora em que o modelo de desempenho está fisicamente presente no momento da performance e aquelas em que o modelo não está presente' (p. 262) provavelmente está correto. De acordo com isso, eles interpretam suas descobertas como implicando a AME 'na preparação de sequências motoras lembradas internamente' (p. 262). Essa visão recebe apoio de imagens PET de pessoas solicitadas a criar imagens, mas não a executar sequências motoras nas quais a atividade na SMA é detectada (Roland; Larsen; Lassen; Skinhoj, 1980), sugerindo que os planos motores podem ser ativados e preparados, mas não executado se necessário (Heilman; Bowers; Valenstein; Watson, 1987; Marteniuk; McKenzie; Jeannerod; Athènes; Dugas, 1987)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 541).

"Assim como a distinção básica entre o mapeamento direto da resposta ao estímulo das sequências rítmicas (estimulação auditiva) e o processamento das sequências rítmicas da memória, distinções mais refinadas podem ser traçadas nas tarefas da memória rítmica, considerando um aspecto adicional dos dados de Halsband et. al. (1993). Juntamente com as habilidades severamente prejudicadas de reprodução de ritmo, seus pacientes, no entanto, mostraram discriminação intacta de ritmo. Na última tarefa, os pacientes foram solicitados a verificar se dois ritmos apresentados sucessivamente eram iguais ou diferentes. Achamos mais útil nos referir a essa tarefa como uma que envolva reconhecimento de ritmo, embora em um curto intervalo de tempo, e não discriminação, porque algum registro do primeiro ritmo deve necessariamente ser formado e retido para comparação com o segundo. Afirmamos que esse desempenho de reconhecimento depende de algumas análises temporais anteriores da estrutura rítmica anterior ou de uma comparação simultânea dos dois ritmos em um subsistema sensível à estrutura temporal rítmica. Esse subsistema, presumivelmente suficiente para as principais atividades envolvidas no reconhecimento, e sem danos nos pacientes estudados por Halsband et al., claramente não é suficiente, embora (como argumentemos) seja necessário para a reprodução / recuperação do ritmo, como os pacientes em o estudo de Halsband et al. foram prejudicados no último, mas não no primeiro" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p 541-542).

"Para resumir, nossa análise até agora sugere que o processamento rítmico tem três aspectos principais. **Primeiro, os ritmos podem ser copiados diretamente através de estimulação auditiva; segundo, os ritmos podem ser comparados e combinados (reconhecidos); terceiro, eles podem ser recuperados e reproduzidos**. Existem dissociações duplas entre a primeira atividade, por um lado, e a segunda e a terceira atividades, por outro, em que a estimulação auditiva pode ser prejudicada sem afetar a memória do ritmo e vice-versa. Além disso, foi demonstrada uma única dissociação entre o reconhecimento do ritmo e a reprodução do ritmo, com o reconhecimento poupado quando a reprodução é prejudicada. Até onde sabemos, a dissociação reversa de discriminação prejudicada com reprodução poupada de ritmos após a percepção recente ou remota (pré-lesão) não foi demonstrada" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 542, grifo nosso).

“Esse padrão de habilidades poupadas e intactas sugere que existem subsistemas neurais / cognitivos essenciais envolvidos exclusivamente em tarefas de memória de ritmo que não são estritamente necessárias para estimulação auditiva (e vice-versa) e subsistema(s) adicional(is), ou um subsistema completamente distinto é necessário para a reprodução do ritmo além dos subsistemas utilizados para o reconhecimento do ritmo. A divisão entre a memória e as rotas de estimulação (Figura 3, acima) captura apenas a primeira dessas distinções; para fazer justiça à distinção reconhecimento / reprodução, é necessária uma especificação adicional dos subprocessos na memória de ritmo. Aqui, oferecemos um esboço do tipo geral e do arranjo dos componentes de processamento necessários para executar a memória de ritmo” (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 542).

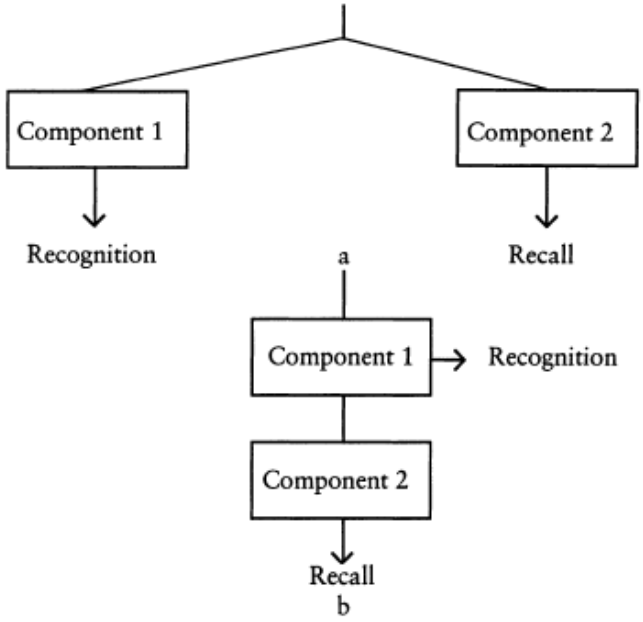

Fig. 4. Two possible arrangements of rhythm memory processing components: (a) complete independence of recognition and recall (production) and (b) rhythm recognition and production share a common processing component.

“Com base nos dados de Halsband et al. (1993), acabamos de argumentar que existem dois subsistemas principais envolvidos na memória rítmica, diferencialmente envolvidos no reconhecimento e na reprodução do ritmo. Uma questão crítica que surge nesta conjuntura é a que acabamos de aludir, a que ponto as tarefas de reconhecimento e reprodução de ritmo se baseiam, em algum momento de sua sequência de processamento, em componentes de processamento totalmente separados, ou é o relacionamento deles de tal modo que os subsistemas para reconhecimento são necessários, mas não suficientes para a reprodução rítmica? O leitor pode ter uma ideia dessas alternativas examinando a Figura 4, na qual estão representados dois arranjos dos componentes 1 e 2 do sistema de memória rítmica. Na Figura 4a, os dois componentes são organizados de modo que a reprodução e o reconhecimento dependam de componentes independentes dedicados a uma tarefa ou outra, enquanto na Figura 4b, os componentes 1 e 2 são organizados sequencialmente e usados de maneira diferenciada, de modo que o reconhecimento de ritmo (pelo menos sobre o intervalos curtos de retenção testados até o momento), podem ser realizados usando-se apenas o componente 1, enquanto a reprodução do ritmo requer os componentes 1 e 2. De acordo com a Figura 4a, deve ser possível descobrir pacientes com a dissociação inversa à relatada por Halsband et al. Esses indivíduos mostrariam

reprodução intacta de ritmos, incluindo os recém-adquiridos, mas com reconhecimento prejudicado. O arranjo sequencial dos componentes (Figura 4b), por outro lado, implica que (1) enquanto o dano ao componente 2 prejudicar a reprodução sem afetar o reconhecimento, (2) o dano ao componente 1 afetará tanto o reconhecimento quanto a reprodução das sequências rítmicas recentemente apresentadas. O arranjo sequencial também prevê que esses pacientes, com danos ao componente 1 ainda possam reproduzir, de memória, sequências rítmicas aprendidas antes da lesão, sendo incapazes de reproduzir sequências recém-apresentadas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 542-543).

"É impossível decidir entre essas alternativas com base apenas nos dados coletados por Halsband et al. Embora aparentemente implausível, e ainda não demonstrada, a reprodução intacta de sequências recentemente apresentadas com reconhecimento prejudicado não pode ser descartada pelo menos como uma possibilidade teórica. No entanto, existem evidências consistentes com danos ao componente 1 em um arranjo sequencial. Em uma série de estudos, Ivry e associados forneceram boas evidências para um componente comum necessário tanto para a percepção quanto para a produção de tarefas de temporização, danos que prejudicam tanto a discriminação quanto a produção e evidências de danos a tempo de produção mas percepção intacta (p.ex., Inhoff; Rafal, 1990; Ivry; Keele, 1989; Ivry et al., 1988). Por exemplo, Ivry e Keele compararam diferentes grupos de pacientes em uma tarefa de produção e temporização. Os participantes incluíram pacientes com lesão cerebelar, pacientes com doença de Parkinson, pacientes com lesão cortical e indivíduos controle idosos e estudantes. Apenas os pacientes com lesão cerebelar apresentaram comprometimentos na percepção e nas tarefas de produção envolvendo processamento temporal, com forte indicação de que a região lateral está implicada no tempo de discriminação e na geração de previsões de movimentos a curto prazo. Pacientes com lesões corticais tiveram um desempenho ruim na tarefa de produção; assim como os pacientes cerebelares, eles exibiram alta variabilidade no toque da memória para um padrão em comparação com os indivíduos controle idosos, mas não foram prejudicados na percepção temporal. Pacientes com doença de Parkinson tiveram um desempenho comparativamente bom. Eles mostraram pouco comprometimento na percepção temporal e, embora mais rápidos ao tocar se comparados aos idosos de controle, apresentaram significativamente menos variabilidade temporal ao tocar do que os outros pacientes com lesões cerebrais. Com base nesses dados, Ivry e Keele argumentam que pacientes com lesões cerebelares sofreram danos ao mecanismo de tempo comum, necessário para ambas as tarefas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 543-544).

"Certamente, basear um argumento para um mecanismo compartilhado em duas tarefas (reconhecimento e reprodução) em uma associação neuropsicológica como a observada nos pacientes com lesão cerebelar de Ivry e Keele pode não ser considerada evidência suficiente de que esse mecanismo existe. Há muitas razões pelas quais uma associação pode ser descoberta que tem pouco a ver com identidade funcional ou semelhanças entre tarefas. No entanto, existem outras evidências convergentes para um mecanismo de tempo comum compartilhado pela percepção e produção no trabalho realizado por Ivry e Hazeltine (1995) em participantes não comprometidos. Eles computaram funções Weber separadas para a percepção e produção de intervalos temporais em participantes não prejudicados e descobriram que quando as duas tarefas envolvem uma única apresentação do intervalo alvo por produção ou julgamento, as inclinações das funções são quase idênticas. Ivry e colegas argumentam que esse mecanismo de tempo é necessário em uma ampla gama de tarefas, tanto motoras quanto perceptivas (Ivry; Hazeltine, 1995; Keele; Ivry, 1991)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 544).

“Portanto, adotamos o arranjo sequencial como o mais provável e nos referimos ao componente 1 como o subsistema de análise temporal. Este sistema é necessário para processar o padrão rítmico recebido em termos da duração relativa e número de estímulos e seus intervalos interstímulos. É provável que essa análise seja "on-line" e restrita pela duração absoluta de uma sequência rítmica e, assim, como o subsistema de alturas, operará sobre sequências rítmicas locais e não globalmente. Se o mecanismo de temporização opera como um ‘processador’ de intervalos temporais (Ivry; Hazeltine, 1995) ou como um oscilador interno que é ‘arrastado’ por ou ‘ressoa’ sinais externos (Large; Kolen, 1994) ou de alguma outra maneira continua a ser vista” (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 544-545).

“Sobre o componente 2, supostamente danificado nos estudos de pacientes de Halsband et al. e nos pacientes com lesão cortical estudados por Ivry e Keele, hipotetizamos ter duas funções. Primeiro, ele recebe e retém a saída do subsistema de análise temporal. Como tal, pode ser pensado como um alojamento mais durável para sequências rítmicas. Segundo, ele está envolvido no controle e execução de sequências rítmicas da memória, resultando em saída motora, como palmas [*tapping*]. Assim, na medida em que o componente 2 possui as funções duplas de controle de armazenamento e saída, nos referimos a ele como o subsistema do plano de ritmo. Ainda não se sabe se essas funções de armazenamento e saída são dissociáveis. A incorporação desses dois componentes no sistema de processamento de ritmos é ilustrada na Figura 5” (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 545).

“No momento, só podemos oferecer algumas sugestões sobre como um plano de ritmo pode ser representado. Com base na economia cognitiva, sua representação deve ser flexível o suficiente para funcionar em uma variedade de tarefas, desde a identificação de ritmos como novos ou bem conhecidos, até tocando, cantarolando ou imaginando sequências rítmicas. Assumimos que o plano de ritmo seja representado de maneira semelhante aos componentes temporais de um plano motor necessários para governar uma sequência de ações, ou seja, é abstrato porque captura os aspectos essenciais e invariantes do componente de temporização de uma sequência de ações, mas não está vinculado a nenhum sistema de entrada ou saída em particular, conjunto específico de movimentos ou mesmo tempo absoluto. Também é completo, na medida em que especifica uma sequência rítmica inteira que pode vir a ser bastante longa, não apenas suas partes. Assim, uma característica fundamental do modelo é que a representação de longo prazo das sequências rítmicas está tão intimamente ligada aos sistemas de tempo quanto ao sistema auditivo. Finalmente, dadas as estreitas relações entre os sistemas de tempo e motor, sugerimos que o subsistema do plano de ritmo incorpore ou esteja intimamente ligado a outro subsistema para a execução, controle e, finalmente, a saída dos planos de ritmo armazenados” (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 545-546).

“Resumindo, o envolvimento desses subsistemas de memória de ritmo nas principais tarefas rítmicas é o seguinte. O subsistema de análise temporal será necessário para todas as tarefas que envolvam memória, nomeadamente reconhecimento e reprodução. Também pode ser útil, mas não essencial, para estimulação auditiva direta (linhas pontilhadas na Figura 5; Radii et al., 1990). No caso do reconhecimento, particularmente de sequências curtas retidas em intervalos curtos, a análise temporal será suficiente para que uma combinação / incompatibilidade efetiva seja feita entre o estímulo presente e o estímulo anterior. Para recordar, a análise temporal é necessária para a construção do plano de ritmo necessário, mas insuficiente para o armazenamento do plano completo e a reprodução do ritmo. A re-chamada requer uma análise temporal prévia, seguida pelo armazenamento como uma sequência rítmica, que pode então funcionar como o componente temporal de um plano motor. Este último, por sua vez, precisará

ser selecionado e preparado para reprodução e sua produção final controlada pelo subsistema de execução" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 546).

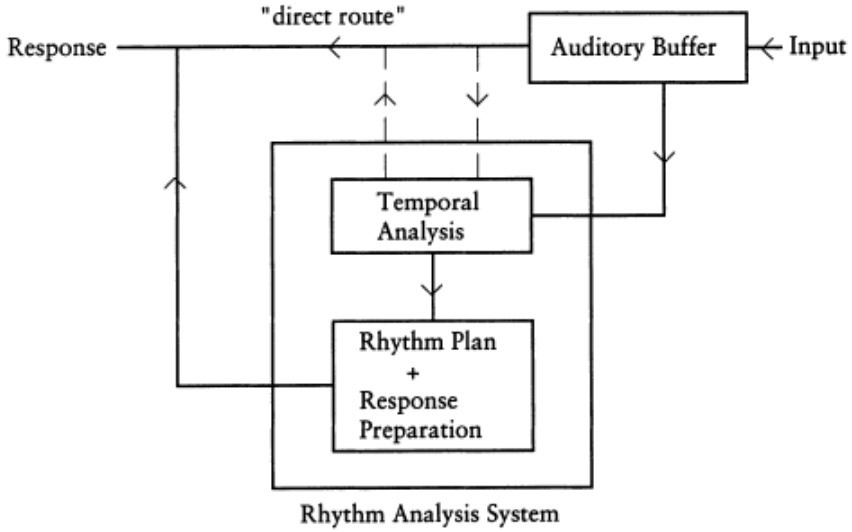

Fig. 5. An extended model of rhythmic processing.

"Como nas alturas, tentar uma localização neurológica precisa desses subsistemas cognitivos é um tanto prematuro, dado o estado atual da literatura motora (cf. Kosslyn; Koenig, 1992), mas, para recapitular algumas de nossas observações anteriores, três afirmações gerais podem ser feitas: Primeiro, como vimos anteriormente, o cerebelo tem sido implicado em uma série de tarefas que envolvem tempo (Bloedel, 1992; Ivry; Keele, 1989; Ivry et al., 1988). Segundo, acredita-se que os córtices motores estejam implicados na representação de planos motores (Eccles, 1982; Freund; Hummelshein, 1984, 1985; Halsband; Freund, 1990; Halsband et al., 1993; Rolls, 1983). Terceiro, a distinção entre seleção e preparação, por um lado, e execução e controle de sequências de ação já foi feita antes (Goldberg, 1985; Jeannerod, 1981, 1984; Kosslyn e Koenig, 1992). As evidências atuais parecem sugerir que a SMA desempenha um papel importante no desenvolvimento da intenção de agir e é ativa quando uma tarefa motora é imaginada e executada (Roland et al., 1980) Por mais intrigantes que sejam essas observações, seria imprudente equiparar exclusivamente os subsistemas controle temporal, plano de ritmo e execução com o cerebelo, a SMA e a PMA, respectivamente. Por um lado: sabe-se que o cerebelo tem controle de saída, bem como funções de tempo de entrada (Bloedel, 1992; Ivry et al., 1988; Thach; Goodkin; Keating, 1992); segundo, Ivry e Keele (1989) são cuidadosos ao apontar que, embora os danos ao cerebelo possam atrapalhar o circuito de temporização, o próprio circuito não está totalmente contido dentro do cerebelo; terceiro, não equiparamos o plano rítmico a um programa motor em sua totalidade com o componente temporal de tal programa e, em qualquer caso, outras estruturas subcorticais, especialmente os gânglios da base (Graybiel, 1990), têm um papel a desempenhar na programação e no planejamento motor. No entanto, uma previsão que segue do modelo é que, embora ainda não seja possível um mapeamento exclusivo da cognição à neurologia, é altamente provável que os danos nas áreas cerebrais mencionadas tenham consequências, pelo menos para as três funções psicológicas em discussão: tempo, plano representação e execução. Um mapeamento mais e mais preciso das funções psicológicas nos sistemas neurológicos deve aguardar mais pesquisas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 546-547).

SUBSISTEMA DE MEMÓRIA DE SEQUÊNCIA MELÓDICA

"A observação cotidiana e as evidências empíricas apoiam a existência de um sistema de memória de sequências melódicas. Indivíduos selecionados aleatoriamente podem cantarolar músicas a partir de pistas verbais (p.ex., 'Jølin Brown's Body'), e sabe-se que os participantes possuem memórias de longo prazo para músicas (Bartlett; Snelus, 1980). Obviamente, é necessário que o sistema reconheça sequências melódicas apresentadas em ocasiões separadas, e esteja atento a temas semelhantes em uma peça, talvez separados por vários minutos, para reproduzir músicas da memória e fornecer informações para avaliação e associação adicionais" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 547).

"Além disso, pouco se sabe em detalhes sobre a forma subjacente das representações usadas pelo sistema de memória melódica, seu modo de operação ou seu status neurológico, mas várias de suas propriedades podem ser hipotetizadas:" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 547).

> "1. **As representações da memória melódica devem ser suficientemente flexíveis para permitir o reconhecimento da melodia, apesar das mudanças de escala, timbre ou instrumentos**. **Isso implica que eles instanciam aspectos de músicas invariantes em tais transformações, a saber, a combinação única de intervalos, contorno e ritmos necessários para especificar a música.** Portanto, em nosso modelo, propomos que a sequência melódica seja composta de dois elementos: uma entrada em um léxico de melodia, na forma de uma sequência de alturas (de toda a melodia) construída a partir das saídas sucessivas do subsistema de processamento de alturas, e o endereço do plano de ritmo associado criado pelo sistema de memória de ritmo. Assim, o sistema de memória melódica combina aspectos dos produtos dos subsistemas de alturas e rítmica (Figura 6). Como Peretz, assumimos que o acesso ao sistema de memória melódica e, portanto, o reconhecimento de sintonia, é principalmente através de uma análise de alturas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 547, grifo nosso).
>
> "2. **Representações de memória melódica podem ser usadas com flexibilidade. A mesma representação de memória melódica presumivelmente dirige uma música assobiada, cantarolada, cantada ou visualizada, além de permitir o reconhecimento de músicas familiares. Artistas qualificados em instrumentos musicais, quem 'toca de ouvido' também pode ser capaz de usar uma representação melódica para guiar a sua reprodução sem necessariamente ter partituras à sua frente ou ter sido mostrado ou previamente ensaiado o dedilhado preciso, a reverência ou outra sequência de movimentos necessários para produzir a melodia.** A reprodução sintonizada, abertamente através do canto ou do zumbido, ou usando secretamente imagens auditivas, começa com a ativação de uma entrada no léxico. Isso pode ser tratado de várias maneiras, por exemplo, um trecho da música pode ser ouvido no rádio de um carro que passava, seu título pode ser mencionado ou uma experiência passada lembrada associada à música pode reviver sua entrada. Em todos esses casos, **a ativação da entrada indicará simultaneamente a sequência de contorno e, através do seu endereço, o plano de ritmo associado**" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 547-548, grifos nossos).
>
> "3. **As palavras não são uma parte necessária de uma representação da memória melódica.** Anedoticamente, um dos autores pode assobiar passagens melódicas do flauta Zauber, mas não se lembra do libreto alemão. A evidência objetiva sobre esse assunto, no entanto, é menos direta. Assim, Samson e Zatorre (1991) mostraram vulnerabilidade

diferencial dos códigos melódicos e verbais às lesões do hemisfério direito e esquerdo, respectivamente, quando palavras e são apresentadas sozinhas. No entanto, eles descobriram que tanto as lesões do hemisfério direito quanto as do hemisfério esquerdo prejudicavam o reconhecimento da música e das letras quando estas eram apresentadas juntas como texto cantado. Esses achados sugerem que representações de letras e melodias podem ser altamente integradas na memória e suscetíveis a danos em conjunto. Em um estudo posterior, no entanto, as lesões do lobo temporal esquerdo não tiveram efeito no desempenho de uma tarefa de varredura lírica (Zatorre; Halpern, 1993). Zatorre e Halpern explicam essa discrepância ao observar que, enquanto o estudo de Sansão e Zatorre usava novos materiais, o estudo posterior utilizava músicas com muito aprendizado. Em tais canções, eles sugerem, 'a música tornou-se abstraída do texto em grande parte e pode ser acessada independentemente dela' (p. 229-230). Além disso, também foram relatados outros pacientes que não conseguem discernir as letras enquanto reconhecem músicas (Yaqub; Gascon; Alnosha; Whitaker, 1988) ou que não reconhecem músicas, mas que reconhecem as palavras de canções familiares (Peretz; Kolinsky, 1993), sugerindo que tais dissociações ocorrem" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 548-549, grifo nosso).

"4. **Haverá fortes ligações entre a entrada melódica e a memória associativa de determinadas músicas**. Por exemplo, músicas ligadas a informações ambientais ricas, como filmes, fortes eventos autobiográficos ou emocionais em contextos limitados específicos ou **sujeitas a extensas reflexões, estudos ou análises**, provavelmente provocam associações cognitivas e emocionais elaboradas e específicas. Por outro lado, novas músicas ou músicas comumente ouvidas em uma variedade de contextos que perdem seu sabor episódico provavelmente têm associações mais fracas, mas, no caso de músicas familiares, pelo menos, ainda serão prontamente classificadas nas categorias semânticas apropriadas, como 'Natal' ou 'música folclórica' (ver Halpern, 1984, para evidências da última habilidade)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 549, grifo nosso).

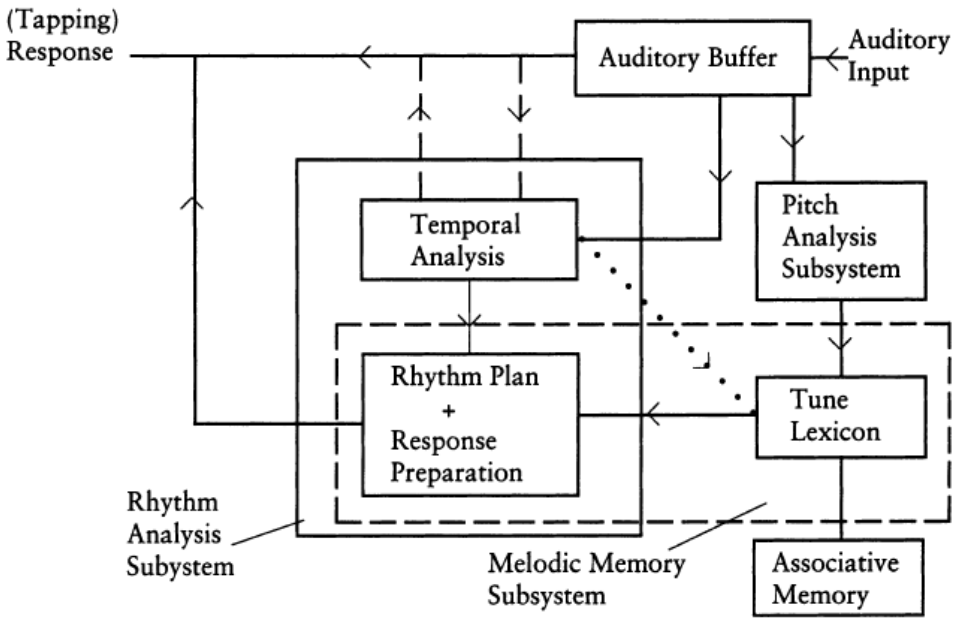

Fig. 6. Rhythm and pitch components and the melodic memory system.

MEMÓRIA ASSOCIATIVA

"A necessidade de memória associativa acaba de ser notada. Estímulos em qualquer modalidade são capazes de desencadear grandes quantidades de informações associadas. No caso de estímulos musicais, estes variam de associação factual e nominal a mais pessoais, idiossincrásicas e emocionais. Suponha que alguém esteja ouvindo o *Noturno n. 15* de Chopin em Fá menor. Durante essa atividade, uma grande variedade de processos cognitivos e afetivos pode ser levada a efeito, desde a recordação do nome e identidade da música, a consciência da origem polonesa do compositor, memórias episódicas específicas das aulas de piano quando criança, respostas emocionais à peça e assim por diante. Kosslyn e Koenig adotaram esse subsistema para incluir associações semânticas e episódicas. Mais especificamente, vemos a memória associativa como fortemente dependente de representações declarativas e envolvendo extensas quantidades de processamento relacional e exigindo o envolvimento do sistema hipocampo para sua formação e recuperação (ver Cohen; Eichenbaum, 1993, para uma revisão detalhada)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 549-550).

"O envolvimento da memória associativa é o ponto em que a percepção e a imagem se transformam em cognição. Em geral, portanto, o relato que propomos é mais bem caracterizado como um Modelo Geral de Sistemas, em vez de um relato estreito de imagens – relações de percepção (cf. Intons-Peterson, 1992). Esse modelo geral de sistemas propõe que imagens, percepção e cognição podem recrutar processos semelhantes, mas em extensões diferentes, dependendo das demandas da tarefa. Assim, certas tarefas de imagens podem exigir julgamentos amplamente perceptivos, enquanto outras exigirão mais atividade cognitiva. Por exemplo, compare as atividades envolvidas na resposta ao seguinte: Qual é o pelo mais liso, de um terrier ou um gatinho? E agora considere: Qual seria o melhor companheiro de brincadeira para uma criança? As duas tarefas provavelmente recrutarão imagens, no primeiro caso em grande parte tátil, no segundo altamente visual e possivelmente auditivo, mas é provável que o último dependa de conhecimentos mais gerais e experiência específica de gatos, cães e crianças do que o primeiro. Em cada caso, os processos induzidos refletirão as demandas da tarefa, visão semelhante à abordagem de Neisser (1972)" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 550).

"É provável que o local de armazenamento de memórias associativas esteja em áreas de associação cortical não-sensorial e, embora não possamos especular sobre as bases neurológicas precisas de tal atividade geral, parece provável que elas se baseiem em informações de uma ampla diversidade de áreas corticais e fazer uso extensivo da categorização linguística. Entretanto, sabe-se que certos entusiastas específicos que envolvem a identificação de estímulos auditivos podem surgir como resultado de danos às áreas auditivas distintas daquelas envolvidas em análises perceptivas mais básicas da audição. Vignolo (1982), por exemplo, forneceu evidências mostrando que o dano às áreas temporais esquerdas poderia produzir comprometimento em um teste de identificação de sons sem sentido envolvendo associações a estímulos auditivos, diferentemente dos danos nas áreas temporais direitas, que afetavam a percepção e a discriminação detectadas em um teste de discriminação com sons sem sentido" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 550).

Rumo a uma teoria das imagens auditivas

"Tendo discutido agora os principais componentes do sistema necessários para perceber a música, finalmente consideramos, em termos gerais, como esse sistema pode dar origem a imagens auditivas para sequências melódicas. Terminamos, então, com uma série de hipóteses

sobre imagens auditivas derivadas da teoria conceitual dos parentes. A maioria, se não todas, exige testes extensivos, mas deve ser possível fazer isso usando-se uma combinação de metodologias experimentais, como técnicas de interferência seletiva, exames neuropsicológicos e técnicas diretas de imagem cerebral. Começamos a examinar várias dessas hipóteses em nosso próprio trabalho, mas desejamos que outros as explorem também" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 550-551).

"A orientação que guia todas as nossas hipóteses é que as imagens auditivas para sequências musicais fazem amplo uso dos sistemas e estruturas usados na percepção musical, especialmente os subsistemas de ritmo e alturas e o sistema de memória melódica. Imaginar uma sequência auditiva implica que a informação é realimentada pelo sistema e reanalisada e, concomitantemente, que a atividade motora preparatória ocorre governando o ritmo ou a articulação. Já existem boas evidências pertinentes a essa questão nos estudos de Zatorre, Halpern e associados (p.ex., Zatorre; Halpern, 1993; Zatorre et al., no prelo). Zatorre e Halpern (1993) estudaram a percepção e a imagem auditiva de canções em dois grupos de pacientes submetidos à excisão do lobo temporal esquerdo ou direito para epilepsia grave. Em sua tarefa perceptiva, os participantes ouviram uma música familiar cantada e simultaneamente leram suas letras. Em um determinado julgamento, eles foram convidados a julgar se a segunda das duas letras escritas com tipos maiúsculos era mais grave ou mais aguda em relação à primeira. A tarefa de imagens era idêntica à perceptiva, exceto que a música foi gerada usando-se imagens, ao invés de serem ouvidas. **Os resultados apoiaram claramente a ideia de que imagens e percepção compartilham mecanismos comuns.** Embora todos os pacientes tenham achado a tarefa de imagens mais difícil do que a tarefa perceptiva, o padrão de resultados para as duas tarefas foi semelhante, pois os pacientes com lesão do lobo temporal direito tiveram um desempenho pior do que aqueles com lesão temporal esquerda. Zatorre e Halpern concluem que tanto a imagem auditiva quanto a percepção dependem fortemente de mecanismos neurológicos comuns, **particularmente no lobo temporal direito**. Eles também indicam que o comprometimento que observam não é um simples déficit no processamento do alturas, mas provavelmente será específico da modalidade auditiva e envolverá sequências melódicas da memória. O suporte e a extensão desses achados vêm de um estudo do fluxo sanguíneo cerebral de Zatorre et al. (no prelo). Eles examinaram os correlatos neurais da imagem e percepção auditivas usando o método do *bolus* de água para avaliar o fluxo sanguíneo cerebral regional em participantes saudáveis que executaram a mesma tarefa lírica usada por Zatorre e Halpern. Tanto a imagem quanto a percepção resultaram em padrões semelhantes de atividade neural com, como dissemos anteriormente, aumento da ativação bilateral nos córtices auditivos secundários com alguma assimetria lateral na tarefa de imagem, lobos frontais esquerdo e direito, lobos parietais esquerdos e SMA, embora a ativação consideravelmente mais fraca nas imagens do que na percepção. As comparações entre imagens e percepção indicaram aumento da ativação quando as imagens entre outras áreas, o córtex frontal e o hipocampo. A ativação no córtex temporal era menos forte e extensa nas imagens em comparação à percepção e tendiam a se concentrar na área auditiva primária" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 551-552, grifos nossos).

"Esses resultados são particularmente relevantes para o modelo atual. Em geral, eles oferecem apoio claro à proposição de que percepção e imagem utilizam mecanismos semelhantes, embora não idênticos, e apoiam trabalhos anteriores que mostram a importância dos córtices auditivos secundários. No entanto, uma leitura mais atenta do artigo sugere uma série de relações mais específicas que agora precisam ser exploradas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 552).

"**Primeiro, e central ao nosso próprio modelo, é a nossa afirmação de que os processos rítmicos dependem de áreas normalmente não vinculadas à audição, incluindo partes do sistema motor.** Diante disso, é intrigante notar que a ativação foi observada por Zatorre e colegas de trabalho na SMA. Embora previsto pelo nosso modelo, não podemos ter certeza no momento de que essa atividade reflita especificamente o processamento rítmico porque a tarefa exige o estudo de Zatorre et al. eram tais que **os participantes eram muito propensos a se envolver em articulações secretas. Até que ponto a articulação encoberta, ou 'cantar para si mesmo', é uma atividade psicológica distinta ou distinguível da criação de uma imagem auditiva organizada ritmicamente, ou simplesmente o único meio pelo qual uma imagem auditiva organizada ritmicamente pode ser construída, é algo que ainda precisa ser estudado. Se cantar para si mesmo é a criação da imagem, sem resíduos, sugere-se um paralelo interessante entre as dimensões sonoras e rítmicas da imagética auditiva e as dimensões fonológica e articulatória, respectivamente, da memória de trabalho** (ver também Gupta; MacWhinney, 1995; Baddeley; Logie, 1992). Segundo, de acordo com Zatorre et al., as estruturas frontais estão mais envolvidas na imagem do que na percepção. Não é de surpreender que as imagens impõem exigências construtivas adicionais aos participantes, especialmente em tarefas como a leitura de letras, que requerem operações cognitivas centrais e que exigem atenção na memória de trabalho, provavelmente dependentes dessas regiões do cérebro. Esses são aspectos que vão além do nosso modelo atual, mas precisam ser considerados oportunamente. Terceiro, pouca ativação foi descoberta por Zatorre et al. no córtex auditivo primário na imagem. Isso contrasta com as evidências da modalidade visual, em que as imagens visuais provocam ativação no córtex visual primário (Kosslyn et al., 1993) e podem refletir uma distinção básica entre representação auditiva e visual das imagens visuais. Em termos do presente modelo, as representações reconstruídas das imagens auditivas podem não se estender até o *buffer* auditivo, mas podem depender mais da atividade nos subsistemas de alturas, rítmica e melódica. Nesse sentido, pode-se dizer que suas representações se desviam da entrada imediata em direção a processos mais centrais e de saída" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 552, grifos nossos).

"Esses paralelos gerais e diferenças entre imagem auditiva e percepção nos incentivam a derivar uma série de hipóteses mais específicas de nosso modelo atual:" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 552).

HIPÓTESE 1

"Imagens auditivas de longo prazo (inativas) são armazenadas como representações no sistema de memória melódica. Essas são precisamente as representações que resultam da análise perceptiva prévia das sequências musicais e consistem em uma sequência melódica mais o endereço de um plano de ritmo associado" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 553).

HIPÓTESE 2

"Representações subjacentes no sistema de memória melódica podem ser ativadas e usadas para gerar imagens auditivas. Existem várias maneiras pelas quais as representações da memória melódica podem ser atendidas. Duas maneiras importantes são a atividade simultânea no sistema melódico, quando, por exemplo, um fragmento da música em questão é ouvido, ou através da memória associativa, depois de ouvir o nome da música, seu compositor ou outras informações relacionadas. Portanto, deve ser possível examinar a estrutura de uma representação da memória melódica por meio de efeitos de *priming*, nos quais os efeitos da indicação anterior

de, digamos, o nome, fragmentos de letras, sequências de alturas ou fragmentos rítmicos podem ser examinados nos tempos de processamento de segmentos posteriores de letra, alturas ou ritmo. A tarefa de varredura lírica de Halpern pode ser vista como um caso especial de um procedimento mais geral no qual os componentes anteriores da música ou da melodia são comparados com os componentes posteriores" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 553).

HIPÓTESE 3

"**Imagens auditivas, como suas contrapartes perceptivas, de sequências musicais têm componentes dissociáveis de ritmo e alturas**" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 553, grifo nosso).

"Essa hipótese possui vários corolários, incluindo a ideia de que deve ser possível interferir seletivamente nos componentes rítmicos e de alturas. Trabalhos preliminares em nosso laboratório sugerem que isso é possível. Por exemplo, em um estudo recente, testamos a ideia de que o toque simultâneo interferiria seletivamente nas sequências rítmicas da imagem, afetando a codificação, manutenção ou implantação de um plano rítmico, mas com pouco ou nenhum efeito no som da imagem. Os participantes julgaram se duas notas, separadas por 5 ou 10 segundos, tinham a mesma altura ou se duas sequências rítmicas, separadas pelos mesmos intervalos de retenção, eram idênticas. Durante a execução dessas tarefas, os participantes das condições experimentais tocavam um ritmo regular, tocavam um ritmo irregular previamente aprendido ou executavam essas atividades secretamente. As comparações com uma condição de controle de não tocar, indicam que o toque explícito ou oculto de ritmos irregulares interferia fortemente na capacidade de reter e combinar sequências rítmicas imaginadas, mas não teve efeito na tarefa de alturas. Vale ressaltar que a atividade motora preparatória, o toque encoberto, interrompe a memória do ritmo, fornecendo um suporte adicional à noção de que os dois se baseiam em mecanismos comuns. Uma possível crítica deste estudo, no entanto, é que os julgamentos de alturas podem ser intrinsecamente mais fáceis do que os julgamentos de sequência rítmica, pois o primeiro consiste em correspondências entre elementos de estímulo únicos em oposição a múltiplos elementos de estímulo. Portanto, o efeito de interferência pode surgir nas condições de ritmo devido à competição por recursos gerais limitados, em vez de recursos específicos do processo. Para explorar isso ainda mais, agora estamos examinando os efeitos da interferência de tempos do compasso em várias sequências de alturas, bem como em sequências de ritmo" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 553-554).

HIPÓTESE 4

"O componente rítmico, ou componente articulatório, de uma imagem auditiva não pode ser ativado sem o recrutamento de sistemas neurais que se sabe estarem envolvidos na atividade motora, especialmente aqueles envolvidos no planejamento de sequências motoras. Danos a esses sistemas neurais resultarão em comprometimentos específicos nos componentes rítmicos da audição" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 554).

"Já discutimos evidências de Zatorre et al. (no prelo) que indica atividade particularmente na SMA ao criar melodias. O corolário disso é que a lesão cerebral que resulta em danos a esta e a outras áreas terá implicações para a geração de imagens de sequências melódicas em processos gerais e rítmicos em particular. Prevemos que os danos aos mecanismos neurológicos conhecidos por estarem envolvidos no tempo afetarão tanto o reconhecimento quanto a recuperação das sequências rítmicas, enquanto áreas como a SMA que se sabe estar envolvida na preparação

motora afetarão a recuperação do ritmo e o reconhecimento do ritmo realizados em intervalos que requerem a formação e reativação de planos de ritmo armazenados anteriormente, mas terá pouco ou nenhum efeito no reconhecimento do ritmo realizado em curtos intervalos de retenção. Por outro lado, os danos nos mecanismos de sincronismo e motor em questão não devem ter efeito sobre o processamento simples do alturas" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 554).

HIPÓTESE 5

"**Sequências curtas, não associadas a representações melódicas conhecidas, podem ser 'mantidas vivas' por curtas durações, por meio de atividades contínuas nos subsistemas de alturas e ritmo. Dessa maneira, memórias auditivas de curto prazo podem ser mantidas para a formação de novas sequências [mais longas]. Presumivelmente, com exposição ou ensaio suficientes, eles resultarão na formação de novas representações melódicas, caso contrário, decairão rapidamente**" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 554, grifo nosso).

"A extensão em que uma ou todas essas hipóteses são suportadas pelos dados permanece por ser vista. O que é claro e testável é a previsão do presente modelo de que as imagens auditivas e a percepção auditiva compreendem subsistemas dissociáveis organizados em torno da altura e do ritmo. **Também testável é a ideia de que a imagem auditiva é uma atividade na qual processos de colocação, particularmente aqueles envolvidos com ritmo, tempo e possivelmente articulação, são usados para controlar a reprodução de sequências de alturas.** Sugere-se que esses processos serão tão importantes quanto os que permitirem uma re-percepção do som do estímulo original. **Em resumo, as imagens auditivas podem ser construídas com mais êxito ao se tocar fisicamente, ou ao se tocar músicas na cabeça, do que ao se ouvir as músicas apenas**[4]" (CARROLL-PHELAN; HAMPSON, 1996, p. 554-555, grifo nosso).

A bibliografia do artigo original deve ser conferida.

[4] Os autores agradecem a Jack Baird, Andrea Halpern, Stephen Kosslyn, David Marks, Isabelle Peretz e um avaliador anônimo por seus comentários úteis sobre os rascunhos anteriores deste artigo. O segundo autor também gostaria de agradecer ao Departamento de Psicologia, Colby College, Maine, pelo apoio e pelo uso de suas instalações para a elaboração de parte deste trabalho.