

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

Dimensões cognitivas espaço-temporais do senso tonal da música

Érico Artioli Firmino

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área: Psicologia.

RIBEIRÃO PRETO - SP

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

Dimensões cognitivas espaço-temporais do senso tonal da música

Érico Artioli Firmino

José Lino Oliveira Bueno

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área: Psicologia.

RIBEIRÃO PRETO - SP

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Firmino, Érico A.

Dimensões cognitivas espaço-temporais do senso tonal da música. Ribeirão Preto, 2009.

135 p. : il.; 30 cm

Tese, apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto / USP – Dep. de Psicologia e Educação.

Orientador: Bueno, José Lino O.

1. Senso Musical Tonal. 2. Tempo Subjetivo. 3. Modelos.

DIMENSÕES COGNITIVAS ESPAÇO-TEMPORAIS DO SENSO TONAL DA MÚSICA

ÉRICO ARTIOLI FIRMINO

BANCA EXAMINADORA

(Nome e Assinatura)

Tese defendida e aprovada em: __/__/____

A

*minha mulher Márcia,
meus filhos Felipe e Miguel,
e minha madrinha Marina.*

Ao Professor Doutor José Lino Oliveira Bueno pela amizade e pela orientação segura com que me guiou no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Doutor Emmanuel Bigand e à Professora Doutora Sylvie Droit-Volet pelas sugestões apresentadas por ocasião do exame de qualificação.

Ao Movimento Comunhão Libertação pela companhia afetiva oferecida a mim.

Aos amigos integrantes do Laboratório de Processos Associativos, Controle Temporal e Memória.

Finalmente, a meus pais Juarez Firmino e Gracinda Maria Artioli Firmino pela minha formação pessoal.

Para esperar é preciso ter recebido uma grande graça.

C. Péguy

RESUMO	viii
<hr/>	
<i>ABSTRACT</i>	ix
<hr/>	
INTRODUÇÃO	1
Parte 1—Tempo Subjetivo	5
Parte 2—Dimensão Espacial da Tonalidade	9
Parte 3—Dimensão Temporal da Tonalidade.	32
<hr/>	
CAPÍTULO 1: Experimento 1 - Efeitos de modulações tonais reversas para tonalidades próximas e distantes sobre reproduções temporais retrospectivas	47
Método	50
Resultados	56
Discussão	58
<hr/>	
CAPÍTULO 2: Experimento 2 - Efeitos de modulações tonais em percursos diferentes (ciclo de terças menores <i>versus</i> ciclo de quintas), bem como em sentidos contrários do ciclo de quintas (horário <i>versus</i> anti-horário) sobre reproduções temporais retrospectivas	61
Método	72
Resultados	76
Discussão	78
Modelo Fração de Desenvolvimento Esperado (incrementado)	85
<hr/>	
REFERÊNCIAS	115
<hr/>	
ANEXO 1: Disco compacto com gravação dos estímulos	121
<hr/>	
ANEXO 2: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	122
<hr/>	
ANEXO 3: Questionário	123

FIRMINO, E. A. *Dimensões cognitivas espaço-temporais do senso tonal da música*. Ribeirão Preto, 2009. 135 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

Este trabalho investigou as dimensões cognitivas espaço-temporais do senso tonal da música tradicional ocidental. O primeiro experimento mostrou que modulações tonais reversas distantes eliciaram reproduções temporais retrospectivas menores que modulações tonais reversas próximas. O segundo experimento mostrou que modulações tonais via ciclo de terças menores eliciaram estimacões temporais menores que via ciclo de quintas, bem como mostrou que modulações tonais via lado anti-horário do ciclo de quintas eliciaram estimacões temporais menores que via lado horário. O modelo fração de desenvolvimento esperado (*FDE*) de Firmino e Bueno (*no prelo*) prediz subestimacões temporais em função inversa de distâncias intertonais, com impacto maior para modulações súbitas. Para contemplar os resultados, esse modelo foi incrementado com medidas espaciais dos modelos *CFMP* de Krumhansl (1990) e *TPS* de Lerdahl (2001), para processar também tonalidades menores, bem como com a inclusão de um gradiente de assimetria concernente aos ciclos de quintas e de terças menores e com a inclusão do efeito medial entre os outros efeitos local, global e desenvolvimental.

Palavras-chave: Senso Musical Tonal, Tempo Subjetivo, Modelos.

FIRMINO, E. A. *Cognitive spatial-temporal dimensions of music tonal sense*. Ribeirão Preto, 2009. 135 p. Thesis (Doctoral Degree). Faculty of Philosophy, Sciences, and Letters of Ribeirão Preto, University of São Paulo.

This work investigated the cognitive spatial-temporal dimensions of tonal sense of western traditional music. The first experiment showed that distant reverse tonal modulations elicited retrospective time reproductions shorter than close reverse tonal modulation ones. The second experiment showed that tonal modulations via cycle of minor thirds elicited shorter time estimations than modulations via cycle of fifths, and also showed that modulations via counterclockwise side of cycle of fifths elicited shorter time estimations than clockwise ones. The expected development fraction model (*EDF*) of Firmino and Bueno (*in press*) predicts that tonal modulations elicit time underestimations in inverse function of interkey distances, with a major impact for sudden modulations. In order to contemplate the empirical findings, the model was incremented with spacial measures from *CFMP* model of Krumhansl (1990) and *TPS* model of Lerdahl (2001) to process minor keys, as well as with the inclusion of an asymmetry gradient regarding the cycles of fifths and minor thirds, and with the inclusion of the medial effect among the other local, global, and developmental effects.

Palavras-chave: Music Tonal Sense, Subjective Time, Models.

INTRODUÇÃO

Uma peça musical tonal ocidental que modula de uma tonalidade para outra poderia ser apreciada ou mesmo compreendida como uma metáfora artística e bela de um corpo material se movendo através de espaço e tempo. A ferramenta composicional de modulação tem sido usada tipicamente para estender seções desenvolvimentais ou transitivas e de multiplicar a expressividade estética da música. A teoria musical descreve extensivamente as possibilidades e implicações dessas migrações entre tonalidades (Piston & DeVoto, 1987; Schenker, 1935/1979; Schoenberg, 1922/1974). Aproximações de modelos físicos a processos psicomusicológicos pelas áreas teoria musical e cognição musical também são muito comuns (Larson & VanHandel, 2005; Vines, Nuzzo, & Levitin, 2005).

O senso subjetivo de um espaço tonal induzido por música tradicional ocidental tem sido um dos principais focos de pesquisa de vários psicólogos e teóricos musicais (Shepard, 1982). Entre esses, os trabalhos de Carol Krumhansl (Krumhansl, 1990; Krumhansl & Kessler, 1982) e de Fred Lerdahl (1988; 2001; Lerdahl & Jackendoff, 1983) são muito relevantes na literatura cognitiva (veja também Lerdahl & Krumhansl, 2007). Entretanto, a questão sobre uma impressão subjetiva de tempo evocada por uma música modulatória, isto é, um tempo psicológico induzido justamente de acordo com uma particular excursão entre tonalidades, foi contemplada apenas recentemente (Firmino & Bueno, *no prelo*; veja também Firmino, 2003).

Usualmente, na literatura da cognição musical, a dimensão do tempo da música tem sido abordada diretamente através da pesquisa sistemática de aspectos de ritmo, andamento e grade métrica, ou indiretamente, através do tempo de processamento inferido a partir de tarefas empíricas, como tempo de reação, ou de modelos teóricos, como redes neurais artificiais para processamento de alturas, intervalos ou progressões de acordes. Uma abordagem totalmente diferente do tempo musical consiste em medidas de comportamento de

estimação temporal para duração de intervalos preenchidos por conteúdo musical, tanto analiticamente (ou ecologicamente), isto é, usando peças musicais genuínas (integrais ou em partes), ou sinteticamente (ou artificialmente), isto é, explorando poucos parâmetros musicais separados (Berlyne 1974; Bueno, Firmino, & Engelmann, 2002; Firmino & Bueno, *no prelo*). Por exemplo, Boltz (1989; Jones & Boltz, 1989) e Schmuckler e Boltz (1994) estudaram estimativas temporais eliciadas por seqüências de tons e acordes, respectivamente. Seus resultados apontam para modos de temporalidade subjetiva relacionados a correntes de eventos musicais coerentes, ou em termos mais específicos, a estruturas tonais de baixa e mediana escalas. Estudo a respeito de efeitos de estruturas de larga escala (tais como tonalidade e modulação) sobre estimação temporal é de certa forma novo na literatura (Firmino & Bueno, *no prelo*).

A tarefa de reprodução temporal retrospectiva não-verbal eliciada por estímulos musicais não-verbais preenchidos por modulações tonais é o procedimento utilizado nesta tese de doutorado (veja Zakay, 1990). O método reprodução consiste em repetir o intervalo temporal alvo com auxílio de um cronômetro. O paradigma retrospectivo consiste do aviso acerca da tarefa temporal somente depois da apresentação do estímulo. Usando essa metodologia, Firmino e Bueno (*no prelo*) encontraram modulações tonais eliciando subestimações temporais em função inversa a distâncias tonais atravessadas, com impacto maior para modulações súbitas. Eles propuseram o *modelo fração de desenvolvimento esperado* (modelo *FDE*) a fim de formalmente explicar processos baseados em memória e expectativa mediando os dados. Desse modo, modulações para frente atravessando qualquer distância (e.g., de C para F), seja súbita, isto é, usando poucos acordes para modular (e.g., 26 acordes para a tonalidade origem e 3 acordes para a modulação para a tonalidade destino), ou gradativa, isto é, passando através de tonalidades intermediárias e usando vários acordes para modular (e.g., de C para Gb, mas passando por Eb), assim como modulações reversas (e.g., de C para F e retornando para C) podem ser explicadas pelo modelo *FDE* no que diz respeito

aos efeitos temporais (Letras maiúsculas e minúsculas em fonte *arial* indicam tonalidades maiores e menores, respectivamente. Letras maiúsculas e minúsculas em fonte *times new roman* indicam acordes maiores e menores, respectivamente. Algarismos romanos indicam grau da escala em que acordes ou tonalidades foram construídos. Tons são indicados como dó, ré, etc. Uma breve descrição musicológica destes conceitos é oferecida na parte 1 desta introdução).

Foram três as principais questões examinadas por esta tese de doutorado. A primeira objetivou encontrar bases empíricas para as predições do modelo *FDE* acerca de modulações reversas sobre a estimação temporal. Este trabalho também exibiu uma primeira aproximação da conjugação do modelo *FDE* com a teoria de espaço de alturas de Lerdahl (2001) assim como de outros modelos de tempo psicológico aos dados encontrados (veja Capítulo 1). As outras duas questões são descritas a seguir.

Apesar de Firmino e Bueno (*no prelo*) mencionarem a possibilidade de extensão da estrutura do modelo *FDE* para explicar tonalidades menores também, eles restringiram o modelo explorando tonalidades maiores para concentrar teoricamente nos mecanismos do modelo e para contemplar os dados eliciados por progressões de acordes baseadas em tonalidades maiores. Assim, a segunda questão desta tese de doutorado reside no estudo de tonalidades menores fazendo parte de modulações tonais. Então, duas estratégias foram designadas: primeiro, a execução de um experimento que observou os efeitos de dois percursos tonais completamente diferentes, a saber, modulação via ciclo de quintas (*CGDA*) *versus* modulação via ciclo de terças menores (*CaA*) sobre estimações temporais; segundo, um incremento teórico formal da dimensão espacial do modelo *FDE* através do empréstimo das medidas de distâncias intertonais de Krumhansl (1990; de aqui por diante *CFMP*, do livro *Cognitive Foundation of Musical Pitch*; em português, Fundação Cognitiva da Altura Musical) e das medidas de espaço de alturas de Lerdahl (2001; de aqui por diante *TPS*, do livro *Tonal Pitch Space*; em português, Espaço de Altura Tonal). O arrazoado deste estudo

pode ser mais bem expressado por perguntas. Que percurso tonal poderia ser mais longo em espaço e tempo considerando passos modulatórios via tonalidades maiores ou menores? Poderiam as medidas teórico-cognitivas de Krumhansl e Lerdahl, quando incorporadas na arquitetura lógica do modelo *FDE*, explicar tais efeitos?

Cuddy e Thompson (1992) encontraram uma assimetria especial do ciclo de quintas quando, através de técnica de tons-de-prova, apresentaram aos sujeitos trechos de corais de Bach adaptados, modulando para um ou dois passos no ciclo de quintas tanto pelo lado horário quanto pelo lado anti-horário. O lado anti-horário pareceu espacialmente mais longo que o lado horário. Esse resultado inspirou a terceira questão desta tese de doutorado: a questão sobre uma possível assimetria temporal acompanhando tal assimetria espacial do ciclo de quintas. Assim, foram estudados os efeitos de modulações através dos lados do ciclo de quintas sobre estimções temporais (a modulação anti-horária *CEbGb* *versus* a modulação horária *CAF#*). Uma vez que o modelo *FDE* prediz simetria, tal qual predizem outros principais modelos da literatura da teoria musical e cognitiva (por exemplo, o *CFMP* de Krumhansl e o *TPS* de Lerdahl), se um efeito de assimetria ocorresse, então o modelo *FDE* deveria ser ajustado correspondentemente.

A seção Introdução reúne trabalhos pertinentes da literatura em três partes: Parte 1—Tempo Subjetivo; Parte 2—Dimensão Espacial da Tonalidade; Parte 3—Dimensão Temporal da Tonalidade. O Capítulo 1 descreve os efeitos de modulações reversas para tonalidades próximas e distantes sobre estimções temporais. O Capítulo 2 descreve os efeitos de modulações via ciclo de quintas ou via ciclo de terças menores e de modulações via lados horário ou anti-horário do ciclo de quintas sobre estimções temporais. Ademais, o modelo *FDE* é incrementado para explicar os efeitos descritos.

Parte 1—Tempo Subjetivo

Tempo subjetivo é o processo subjacente ao comportamento de estimação temporal. A literatura reúne classes de modelos baseados em memória, atenção e expectativa para explicar o processo tempo subjetivo em função das condições metodológicas. Existem dois principais paradigmas para o estudo do comportamento de estimação temporal, o prospectivo e o retrospectivo. Respectivamente, o participante é avisado acerca da tarefa de estimação temporal antes ou depois da apresentação do estímulo (Zakay, 1990). Uma vez que o presente estudo aborda estruturas musicais de larga escala como tonalidade e modulação, supostamente implicando estruturas cognitivas implícitas de ordem superior, o paradigma retrospectivo pareceu apropriado. O método de estimação temporal utilizado foi o de reprodução que consiste em repetir intervalos temporais de estímulos através do uso de cronômetro.

Comumente, na psicologia experimental do tempo subjetivo, para clarificar a apreciação de resultados, a seguinte convenção terminológica é utilizada: As palavras subestimação ou superestimação temporais se referem a estimacões temporais respectivamente menores ou maiores que a duração física do intervalo alvo. No entanto, o referencial comparativo que se revela mais freqüentemente apropriado é a média de estimacões temporais relativas ao estímulo controle. Neste caso, as médias de estimacões temporais relativas aos outros estímulos são referidas então como maiores ou menores que a média controle. A média controle pode ou não coincidir com a duração do estímulo alvo. Esta convenção também é adotada nesta tese de doutorado.

O modelo tamanho do armazenamento de Ornstein (1969) afirma que quanto maior é a quantidade ou complexidade de informação presente no estímulo ou na tarefa, maior será a quantidade de reservas cognitivas armazenadas na memória, e por sua vez, maior será a estimação temporal. Ornstein mostrou que um número maior (*versus* menor) de ângulos em figuras geométricas ou ainda seqüências visuais ou auditivas aleatórias (*versus* ordenadas)

umentam as estimações temporais. Adicionalmente, o modelo mudança contextual de Block e Reed (1978) afirma que a duração relembra envolve a reconstrução cognitiva apoiada na retomada das informações contextuais externas (i.e, ambiente, condições experimentais, etc.) ou internas (i.e, postura, temperatura corpórea, pensamentos, etc.).

Underwood e Swain (1973) destacaram o fator do esforço atencional no alongamento da duração subjetiva. Em experimento, os sujeitos detectaram dígitos em trechos verbais mascarados por ruídos brancos de diferentes intensidades. Inesperadamente (paradigma retrospectivo), os sujeitos eram solicitados a estimar o tempo de cada trecho. Os trechos verbais mais mascarados receberam estimações mais longas que os trechos menos mascarados. Os autores concluíram que os trechos que exigiam mais atenção (i.e., bem mascarados) foram superestimados, apesar da quantidade de informação verbal permanecer constante. Nessa mesma perspectiva atencional da duração subjetiva, Hicks e colaboradores (Hicks, Miller, & Kinsbourne, 1976; Hicks, Miller, Gaes, & Bierman, 1976) mostraram que julgamentos verbais prospectivos realizados com tarefas concorrentes (e.g., classificação de cartas) implicaram que quanto maiores foram as exigências de atenção para aspectos temporais, maiores foram as estimações temporais. Inversamente, quanto mais atenção for exigida por aspectos não-temporais (i.e., tarefa concorrente) as estimações não sofrerão tanto alargamento.

Jones e Boltz (1989; veja também Large & Jones, 1999) propuseram o modelo contraste que afirma que eventos altamente coerentes (i.e., composições tonais) possuem inícios e finais não-arbitrários, previsíveis a partir de vários níveis estruturais, que se desdobram ao longo de si mesmos. Em razão dessa previsibilidade, uma pessoa é capaz de extrapolar o contexto eventual precedente e gerar expectativas acerca do “como” e “quando” o evento terminará. Esse instante final esperado serve para definir o intervalo de tempo total do evento, ou seja, orienta uma possível estimacão temporal. Qualquer discrepância entre o instante final real e o instante final esperado será saliente à atenção, manifestando-se como uma surpresa

momentânea ou contraste. Assim, o modelo contraste de Jones e Boltz (1989) também prediz o seguinte: (1) eventos que finalizam no “tempo certo” confirmam a expectativa induzindo estimações quase precisas (contraste zero); (2) eventos que finalizam depois do esperado parecem relativamente longos induzindo superestimções (contraste positivo); e (3) eventos que finalizam antes do esperado parecem relativamente curtos induzindo subestimções (contraste negativo).

Em níveis estruturais baixos, foram encontrados indícios empíricos e processuais diretos acerca da relação entre sistema tonal e tempo subjetivo, bem como suporte para o modelo contraste. Boltz (1989) estudou melodia tonal e Schmuckler e Boltz (1994) estudaram harmonia tonal. Nesses estudos, o efeito tonal (i.e., estimção temporal, boa completeza) do evento final do trecho musical é balanceado conforme sua ocorrência no instante esperado, antes ou depois do instante esperado. Melodicamente, tons tonalmente esperados ocorrentes no instante esperado recebem estimções temporais quase precisas; e tons tonalmente esperados ocorrentes antes do instante esperado recebem subestimções temporais (Boltz, 1989). Harmonicamente, acordes estruturalmente próximos e ocorrentes no instante esperado recebem julgamentos de ótima completeza (Schmuckler & Boltz, 1994). Acordes estruturalmente distantes ocorrentes antes do instante esperado recebem julgamentos de péssima completeza. Por fim, acordes estruturalmente próximos ou distantes e ocorrentes depois do instante esperado recebem, respectivamente, mediana ou baixa completeza.

Um outro fator relevante na percepção temporal é a aprendizagem. Segundo Boltz, Kupperman e Dunne (1998), o fato das pessoas comumente poderem planejar temporalmente as atividades diárias, por exemplo, indica que tais pessoas parecem ter conhecimento implícito acerca das durações intrínsecas aos eventos previamente experimentados. As autoras propuseram o modelo da lembrança estrutural, no qual eventos ambientais variam quanto à sua coerência estrutural, que por sua vez determinam a tendência e a precisão das estimções temporais. Quanto mais coerentes são os eventos, mais seu processamento temporal é

facilitado. Nesse sentido, adicionalmente, estágios prévios de aprendizagem podem ser comparados ao contato com eventos incoerentes, ao passo que estágios tardios de aprendizagem podem ser análogos ao contato com eventos coerentes e previsíveis.

Bases empíricas para as suposições de Boltz et al (1998) provieram de dois experimentos. No primeiro experimento, os sujeitos aprenderam uma de duas tarefas: (1) manusear um pacote computacional de análise estatística; (2) construir um modelo de carro. Ambas as tarefas continham, respectivamente, uma, três e cinco práticas de aprendizagem. Estimacões temporais verbais retrospectivas relativas às durações totais das tarefas mostraram alta precisão nos estágios intermediários de aprendizagem, bem como mostraram baixa precisão nos estágios prévios, devido a superestimacões, e nos estágios tardios, devido a subestimacões. No segundo experimento, pianistas experientes e inexperientes foram solicitados a estimar verbalmente, de antemão, quanto tempo eles levariam para tocar melodias que variavam acerca do grau de familiaridade, ou seja, recentemente aprendida, bem aprendida e extremamente bem aprendida. As estimacões temporais de antemão foram comparadas com as durações de fato dos pianistas tocando as melodias. Os resultados do segundo experimento foram paralelos aos do primeiro experimento: tanto pianistas experientes como inexperientes superestimaram, estimaram quase-precisamente e subestimaram as durações das melodias recentemente aprendidas, bem aprendidas e extremamente bem aprendidas, respectivamente. Enfim, conforme o modelo de lembrança estrutural de Boltz et al (1998), eventos são processados conforme um continuum partindo da incoerência e chegando na coerência estrutural, em face de estágios de aprendizagem, respectivamente, partindo de prévios e chegando em tardios. Esses estágios de aprendizagem vão sucessivamente facilitando o processamento temporal.

Em níveis estruturais altos, Bueno et al (2002) investigaram a influência da complexidade composicional generalizada sobre o comportamento de estimacão temporal. Eles observaram que os primeiros 90s do Terceiro Movimento da Sinfonia no. 2 de Gustav

Mahler (de baixa complexidade) sofreram subestimações, ao passo que os primeiros 90s do Terceiro Movimento da Sinfonia para Oito Vozes e Orquestra de Luciano Bério (de alta complexidade) sofreram superestimações. O trecho de Mahler é tradicional e organiza-se nas dimensões rítmica e harmônica coerentemente. Porém, o trecho de Bério é uma outra leitura do trecho de Mahler: sobre a base composicional do trecho de Mahler, Bério explorou a complexidade em vários elementos musicais temporais (ritmo), não-temporais (altura, timbre, textura e densidade) e verbais (texto, palavra e fonema).

Como o paradigma utilizado foi o prospectivo, é possível que os participantes tenham elaborado estratégias para prestarem atenção no tempo e depois reproduzirem (Hicks, Miller, Gaes & Bierman, 1976; Zakay, 1990). Como as durações eram longas, é possível que os participantes tenham recorrido a suas reservas de memória para reproduzirem (Ornstein, 1969). Ademais, os autores argumentaram que o trecho de Bério em vários momentos viola a expectativa dos participantes (Jones, 1976; Jones & Boltz, 1989): a estrutura (temporal e não-temporal) relativamente familiar e previsível do trecho de Mahler, ainda presente de alguma maneira no trecho de Bério, gera expectativas na direção de seu desdobramento, embora sendo descontinuamente violada, devido às várias novidades de complexidade estrutural dadas por Bério. Finalmente, devido à baixa familiaridade do trecho de Bério – em comparação com o trecho de Mahler, e conforme ratificado pelos participantes em questionário, após o experimento – é possível também que o trecho de Bério tenha sido apresentado a ouvintes com estágios de aprendizagem prévios para este tipo de evento, o que dificultou o processamento temporal da mesma e eliciou as superestimações; em negativo, a propósito do trecho de Mahler (Boltz et al., 1998).

Parte 2—Dimensão Espacial da Tonalidade

Tonalidade ou região tonal é um conjunto de alturas e acordes intensamente organizado em hierarquia de vários níveis estruturais, o qual constitui o peculiar ambiente sonoro da música tradicional ocidental (Piston & DeVoto, 1987; Schenker, 1935/1979; Schoenberg, 1922/1974). Uma tonalidade é considerada como próxima da outra quando principalmente as escalas que lhes servem de alicerce compartilham muitos tons. Por exemplo, a escala dó-ré-mi-fá-sol-lá-si-dó' da tonalidade C compartilha seis tons com a escala fá-sol-lá-sib-dó-ré-mi-fá' da tonalidade F (ou seja, os tons dó, ré, mi, fá, sol e lá); assim, as tonalidades C e F são próximas. Por outro lado, a escala dó-ré-mi-fá-sol-lá-si-dó' da tonalidade C compartilha apenas um tom com a escala solb-láb-sib-dób-réb-mib-fá-solb' da tonalidade Gb (ou seja, o tom fá); assim, as tonalidades C e Gb são distantes. A partir desse fator de comunialidade de tons, as 12 tonalidades maiores são dispostas no *ciclo de quintas* no qual seus tons-tônicas (i.e., primeiro tom da escala) distam entre si uma quinta justa (ou sete semitons; veja Figura 1a). O ciclo de quintas é musicologicamente simétrico. Cada passo no ciclo de quintas acrescenta um tom sustenizado ou bemolizado naquelas escalas maiores, que afastam gradativamente suas tonalidades correspondentes entre si.

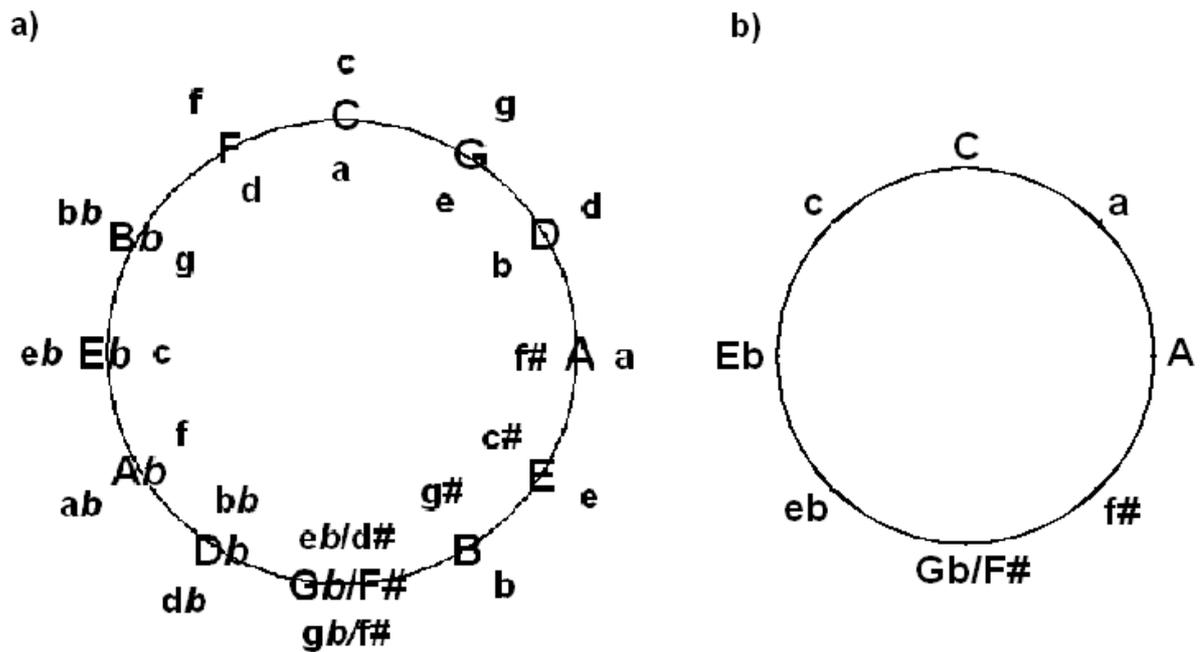


Figura 1. Representações espaciais para tonalidades da teoria musical tradicional ocidental: em a), o ciclo de quintas para tonalidades maiores pareadas com suas correspondentes tonalidades menores relativas (inscritas) e paralelas (circunscritas); em b), o ciclo de terças menores para tonalidades maiores e menores onde cada tonalidade está situada entre seus vizinhos adjacentes relativo e paralelo.

Entretanto, há também o grupo de tonalidades menores que também se relaciona em termos de afinidade ou similaridade estrutural com o grupo de tonalidades maiores, o que torna mais complexa a representação espacial das mesmas. A escala maior que fundamenta a tonalidade maior possui a estrutura intervalar 2-2-1-2-2-2-1 semitons, ao passo que a escala menor que fundamenta a tonalidade menor possui a estrutura intervalar 2-1-2-2-1-2-2 semitons. O intervalo que mais caracteriza cada uma dessas modalidades escalares é a terça formada entre o tom-tônica e o terceiro tom. Na tonalidade maior a terça é maior com quatro semitons (e.g., dó-mi de C) e na tonalidade menor a terça é menor com três semitons (e.g., dó-mib de c). A estrutura menor resulta, por exemplo, na tonalidade a de escala lá-si-dó-ré-mi-fá-sol-lá', que compartilha todos seus tons com a escala dó-ré-mi-fá-sol-lá-si-dó' da tonalidade C. Esse tipo de proximidade estrutural é chamado de relação de *relativo*, isto é, C é o relativo maior de a e vice-versa. Além disso, a estrutura menor resulta também, por exemplo, na tonalidade c de escala dó-ré-mib-fá-sol-láb-sib-dó' que compartilha seus tons mais funcionais, a saber, primeiro, quarto e quinto, com a escala dó-ré-mi-fá-sol-lá-si-dó' da tonalidade C, ou seja, os tons dó, fá e sol. Esse tipo de proximidade estrutural é chamado de relação de *paralelo*, isto é, C é o paralelo maior de c e vice-versa. A Figura 1a também apresenta as tonalidades menores relativas e paralelas, respectivamente, inscritas e circunscritas às tonalidades maiores ao longo do ciclo de quintas. De maneira complementar, a Figura 1b apresenta tonalidades maiores e menores distribuídas ao longo do chamado *ciclo de terças menores* onde cada tonalidade está situada entre seus vizinhos adjacentes relativo e paralelo.

Modulação tonal é o procedimento composicional de mudança de uma tonalidade para outra. Uma modulação típica se desdobra através de três etapas:

(1) definição da tonalidade origem através de uma sintaxe convencional chamada cadência (por exemplo, a progressão final de acordes d-G-C define a tonalidade C; onde um

acorde é uma unidade sonora formada pela superposição de terças, ou seja, d = ré-fá-lá, G = sol-si-ré e C = dó-mi-sol);

(2) utilização de acordes pivôs, que são acordes que pertencem a ambas tonalidades origem e destino, no caso delas serem próximas entre si (por exemplo, os acordes C, a, F, etc., pertencentes às tonalidades C e F), ou que são os mais bem relacionados possíveis a ambas tonalidades origem e destino, no caso delas serem distantes entre si (por exemplo, os acordes Eb ou Ab referentes às tonalidades C e Gb); e

(3) definição da tonalidade destino através de cadência (por exemplo, a progressão final de acordes ab-Db-Gb define a tonalidade Gb, quando C modula para Gb).

Krumhansl e Shepard (1979) introduziram o procedimento tom-de-prova (*probe-tone*), que consiste na apresentação de um elemento tonal, como uma escala diatônica, acorde, cadência, etc., seguido da apresentação do tom-de-prova, que é um dos 12 tons da escala cromática dentro de uma oitava (i.e., dó-dó#-ré-ré#-mi-fá-fá#-sol-sol#-lá-lá#-si) escolhido aleatoriamente, para ser julgado acerca de quão bem este combina com o elemento tonal precedente, através de escalas verbais de diferencial semântico de sete divisões (1 para pouco e 7 para muito; ver Engelmann, 1978). Os perfis de estimativas tonais quanto à afinidade entre escala diatônica maior ascendente/descendente e tom-de-prova encontrados refletiram a hierarquia entre tons proposta pela teoria musical: o tom-tônica recebeu o maior índice (e.g., o tom dó em C), seguido abaixo pelos tons do acorde-tônica (e.g., os tons mi e sol em C), depois, pelos demais tons da coleção diatônica (e.g., os tons ré-fá-lá-si em C), e depois, pelos demais tons da coleção cromática (e.g., os tons dó#, ré#, fá#, sol# e lá# em C).

Krumhansl e Kessler (1982; veja também Krumhansl, 1990) investigaram as distâncias e modulações entre tonalidades percebidas utilizando uma maior sofisticação da técnica elemento-tom através de dois experimentos. No primeiro experimento a propósito de distâncias intertonais, os autores usaram uma variedade maior de elementos tonais que Krumhansl e Shepard (1979), a saber, escalas diatônicas completas, acordes-tônica e

diferentes cadências, todos nas modalidades maior ou menor e em várias versões transpostas (e.g., C, Db, D, etc.). O espectro acústico utilizado para constituição dos estímulos foi o tom de Shepard (1964), a fim de minimizar graves e agudos. Uma vez que a presente tese de doutorado utilizou o mesmo tipo de espectro acústico, veja sua descrição detalhada na seção Materiais do Capítulo 1 (página 52). Os sujeitos eram altamente treinados em prática musical (média de 11 anos) e foram submetidos a muitas tentativas ou práticas tom-de-prova para treino e teste.

Os perfis tonais eliciados, sejam por diferentes elementos tonais maiores ou menores, sejam por suas diferentes transposições, foram substancialmente os mesmos. Por essa razão, foram feitas médias para todos os perfis maiores e foram orientados em C; do mesmo modo, foram feitas médias para todos os perfis menores e foram orientados em c. Esses perfis tonais maiores e menores apresentados na Figura 2 abaixo são em geral semelhantes e replicaram os resultados do experimento de Krumhansl e Shepard (1979), mas dessa vez com as diferenças bem mais marcadas, na seguinte ordem decrescente de estimativas: tônica; terça e quinta; membros da coleção diatônica; e membros da coleção cromática. No entanto, certas diferenças entre os perfis tonais maiores e menores também ocorreram, por exemplo: o tom distando terça menor em relação ao tom-tônica no perfil tonal menor (e.g., mib em relação a dó, em c) recebeu estimativa maior que o tom distando terça maior em relação ao tom-tônica no perfil tonal maior (e.g., mi em relação a dó, em C). Conforme mencionado acima, esses tons são os que estruturalmente mais caracterizam as modalidades maior ou menor de uma tonalidade.

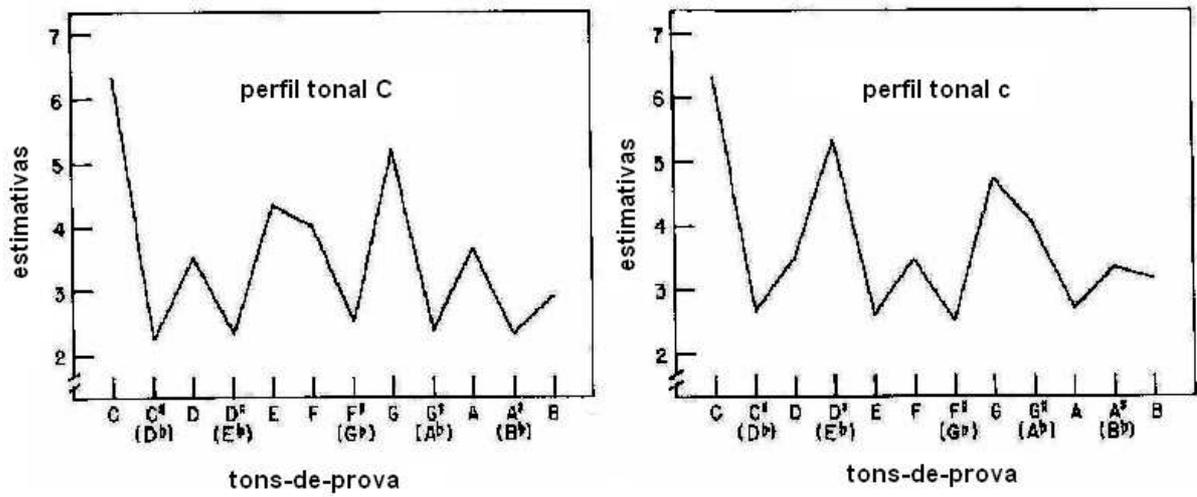


Figura 2. Estimativas verbais para tons-de-prova orientados em C (à esquerda) e em c (à direita). Os resultados provêm de músicos experientes respondendo a contextos que foram acordes-tônica e cadências (Krumhansl, 1990).

Esses perfis tonais evocados foram entendidos por Krumhansl e Kessler (1982) como uma medida de alta estabilidade tonal configurada hierarquicamente. Por isso, ao mostrar o grau de similaridade entre pares de perfis tonais através de correlações estatísticas, os autores obtiveram medidas que exibem distâncias entre tonalidades. Em outras palavras, se dois perfis tonais são semelhantes, eles são muito correlacionados, e assim, suas tonalidades são próximas; em contraste, se dois perfis tonais são dessemelhantes, eles são pouco correlacionados, e assim, suas tonalidades são distantes. Assim, a correlação entre os perfis tonais foi computada para cada possível par de tonalidades maior e menor, isto é, todas as combinações maior-maior, menor-menor e maior-menor. A Tabela 1 lista as correlações encontradas a partir dos perfis tonais de C e c para todos os outros perfis tonais. A escala correlacional varia de -1, para padrões que são exatamente o oposto, a 1, para padrões que são exatamente o mesmo. Por exemplo, o valor 0,651 indica moderado alto nível de concordância entre os perfis tonais de C e a. Por outro lado, o valor -0,683 indica discordância entre os perfis tonais de C e F#.

Tabela 1. Correlações entre perfis tonais. [Krumhansl, (1990). *Cognitive Foundations of Musical Pitch*. New York & Oxford: Oxford University Press, 38.]

	C	c
C	1,000	0,511
C#/Db	-0,500	-0,158
D	0,040	-0,402
D#/Eb	-0,105	0,651
E	-0,185	-0,508
F	0,591	0,241
F#/Gb	-0,683	-0,369
G	0,591	0,215
G#/Ab	-0,185	0,536
A	-0,105	-0,654
A#/Bb	0,040	0,237
B	-0,500	-0,298
c	0,511	1,000
c#/db	-0,298	-0,394
d	0,237	-0,160
d#/eb	-0,654	0,055
e	0,536	-0,003
f	0,215	0,339
f#/gb	-0,369	-0,673
g	0,241	0,339
g#/ab	-0,508	-0,003
a	0,651	0,055
a#/bb	-0,402	-0,160
b	-0,158	-0,394

Por fim, com o objetivo de se obter um sumário mais visual de todas as distâncias entre tonalidades, Krumhansl e Kessler (1982) submeteram as medidas correlacionais encontradas a partir dos perfis tonais ao método estatístico denominado escalonamento multidimensional não-métrico (para uma introdução ao assunto, veja Kruskal & Wish, 1978). Esse escalonamento permite definir pontos em coordenadas espaciais, sendo cada ponto um dos objetos do domínio em consideração; no caso, os 24 pontos correlacionais referentes às 24 tonalidades maiores e menores listados na Tabela 1. A melhor solução obtida foi o alinhamento dos pontos em quatro dimensões: duas dimensões distribuídas em forma circular representando as relações de círculo de quintas para tonalidades maiores e menores e duas dimensões também em forma circular, mas de raio menor, representando as relações de relativo e paralelo. Essa distribuição duplamente circular e complementar face-a-face forma a figura geométrica quadri-dimensional denominada *torus*. Para facilitar a visualização, uma versão bidimensional equivalente a essa é também apresentada por Krumhansl e Kessler (1982; Krumhansl, 1990) e retomada aqui na Figura 3.

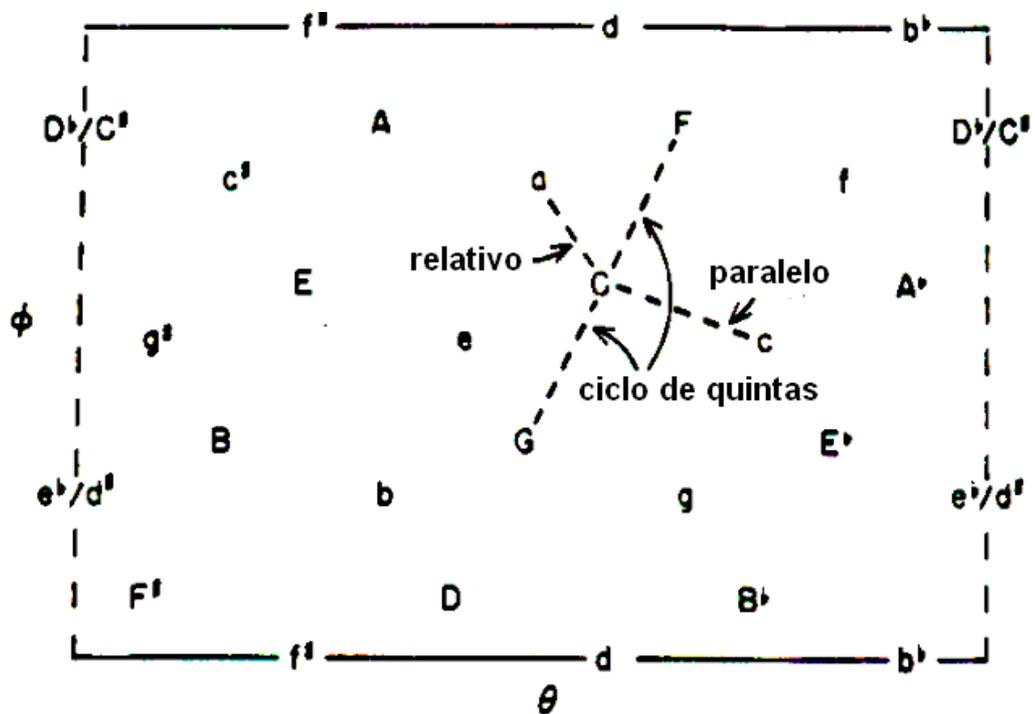


Figura 3. Mapa bidimensional equivalente à solução do escalonamento multidimensional das 24 tonalidades maiores e menores. As extremidades verticais (tracejadas) são idênticas, bem como as extremidades horizontais (sólidas). O ciclo de quintas e as relações de relativos e paralelos para a tonalidade C estão apontados (Krumhansl, 1990).

Em palavras simples, esse torus é, em última instância, um mapa cognitivo das distâncias entre todas as tonalidades maiores e menores e será referido nesta tese de doutorado como modelo *CFMP* (do livro *Cognitive Foundation of Musical Pitch* de Krumhansl, 1990; em português, Fundação Cognitiva da Altura Musical). Essa topologia do modelo *CFMP* corresponde aos espaços musicais propostos anteriormente por teóricos da música como Schoenberg (1954) e Weber (1817-21).

No segundo experimento de Krumhansl e Kessler (1982) a propósito de modulações tonais, foram utilizadas 10 progressões de nove acordes, algumas sem modulação (i.e., C-C, c-c), outras com modulação entre tonalidades próximas, distantes, de maior para menor e vice-versa (C-G, C-Bb, C-a, C-d, c-f, c-c#, c-C, c-Ab). O primeiro acorde de uma progressão foi apresentado. Em seguida, foi apresentado o tom-de-prova a ser julgado. Depois, o primeiro acorde foi apresentado novamente seguido de outro tom-de-prova. Esse processo continuou até os 12 tons terem sido apresentados. Com a média dos valores das respostas verbais de boa completeza, obtiveram um perfil tonal para o primeiro acorde da seqüência. Depois ainda, os primeiro e segundo acordes foram apresentados seguido de um tom-de-prova. Em seguida, os primeiro e segundo acordes foram reapresentados seguidos de um segundo tom-de-prova. Esse processo continuou até que 12 tons-de-prova fossem apresentados. Os autores obtiveram, assim, um perfil tonal para os dois primeiros acordes da progressão. Análoga e sucessivamente, foram obtidos perfis de tonalidade para cada comprimento da progressão até seus finais no nono acorde. Todas as 10 progressões acordais foram submetidas a esse mecanismo do design experimental.

Para cada um dos nove perfis encontrados de cada uma das 10 seqüências, foram feitas duas análises correlacionais, uma que buscou visualizar a intensidade da tonalidade induzida a cada passo acordal segundo o grupo de acordes contextual precedente (efeito global), e outra que buscou visualizar a intensidade da tonalidade induzida por cada acorde da progressão sem se considerar os acordes precedentes (efeito local). Os resultados de Krumhansl e Kessler

(1982) indicaram que os ouvintes processam acordes como funções harmônicas múltiplas cuja integração faz emergir um senso de tonalidade que é parcialmente dependente dos acordes individuais. Isso permite aos ouvintes conciliar interpretações tonais alternativas e facilmente assimilar modulações para tonalidades vizinhas ou próximas. Porém, quando as tonalidades são mais distantes entre si, os ouvintes tendem a resistir à mudança para a nova tonalidade durante um tempo relativo e subitamente saltam para a nova tonalidade, praticamente suprimindo o senso da tonalidade inicial (Krumhansl, 1990).

Cuddy e Thompson (1992) examinaram a percepção de modulação tonal, considerando tanto as distâncias entre tonalidades quanto a direção percorrida no ciclo de quintas. Os autores utilizaram progressões de acordes curtas adaptadas de corais de Bach. As quatro progressões modulavam, respectivamente, para um e dois passos nas direções horária (ascendente, i.e., C-G-D-...) e anti-horária (descendente, i.e., C-F-Bb-...) do ciclo de quintas (veja Figura 1). Foi utilizado o procedimento tom-de-prova ao final de cada progressão. Por um lado, observou-se que as correlações decresceram na medida que as distâncias intertonais cresceram, ou seja, quanto maior a distância entre as tonalidades, menor é a sua proximidade estrutural. Esse resultado reforça os resultados de Krumhansl e Kessler (1982) descritos acima. Por outro lado, e mais importante, Cuddy e Thompson (1992) encontraram correlações menores para modulações no sentido anti-horário que para modulações no sentido horário, indicando uma assimetria cognitiva espacial do ciclo de quintas. Isso significa também que o senso de mudança de tonalidade é mais intenso quando a progressão de acordes se desdobra na direção anti-horária do que quando a progressão de acordes se desdobra na direção horária.

Bharucha e Stoeckig (1986) introduziram o paradigma experimental *priming* (em português, pré-ativação ou preparação). O procedimento *priming* consiste na apresentação de um acorde alvo depois de um acorde *prime* (que prepara), para que o participante julgue o mais rápido possível se o acorde alvo está afinado ou desafinado. O tempo de reação envolvido é uma medida indireta do índice de aproximação harmônica entre os acordes alvo e

prime. Acordes harmonicamente próximos eliciam tempos de reação curtos, enquanto que acordes harmonicamente distantes eliciam tempos de reação longos. Resultados nesse sentido serviram de suporte empírico a Bharucha e colaboradores na descrição de um processo de facilitação perceptual para acordes, mediado por ativações que se propagam via conexões neurais de unidades representativas de estruturas tonais (Bharucha, 1987; 1994). Por exemplo, o processamento do acorde alvo F é mais facilitado se comparado ao acorde alvo F# quando ocorre depois do acorde prime C. Esse processo foi formalizado em um modelo de redes neurais artificiais nomeado MUSACT (*music activation*).

No Modelo MUSACT, a atividade relativa das unidades de acordes e de tonalidades reflete as hierarquias tonais pressupostas pela teoria musical. A ativação tende a decrescer na medida que crescem as distâncias harmônicas entre acordes e tonalidades ao redor do ciclo de quintas. O quão preparado por um contexto é um acorde ou tonalidade é indicado pela ativação da unidade representando esse acorde ou tonalidade no modelo. Inversamente, quanto mais a unidade do acorde ou tonalidade é ativada, mais o acorde ou tonalidade é preparado (Bharucha, 1987).

De acordo com Tillmann, Bharucha e Bigand (2000), o modelo MUSACT consiste no estado final idealizado de um processo de aprendizagem implícita. Aprendizagem implícita diz respeito ao conhecimento adquirido de maneira incidental através de exposição passiva às regularidades ambientais, sem verbalização consciente sobre o que é aprendido (Seger, 1994). Com o algoritmo computacional de aprendizagem denominado “mapa auto-organizável” (SOM; Kohonen, 1995), os autores mostraram como o conhecimento do sistema tonal pode se aprender implicitamente. Após treinamento com material tonal típico (i.e., acordes), a estrutura conexionista da rede-SOM espelhou a arquitetura neural do MUSACT.

Tillmann et al (2000) simularam dados empíricos de vários trabalhos da literatura pertinente, mostrando desempenho e processamento perceptual similares entre participantes humanos e redes-SOM tonalmente treinadas, em situações de exposição de tons, acordes e

tonalidades. Um dos trabalhos selecionados pelos autores para simulação de dados relacionados ao senso dinâmico modulatório foi o de Krumhansl e Kessler (1982) descrito acima. Três progressões de acordes usadas no experimento 2 foram distribuídas ao longo de seus respectivos rastreamentos de tonalidade inferidos dos perfis tonais. Também estes foram distribuídos ao longo de suas respectivas unidades de tonalidade mais ativas na rede-SOM. As progressões de acordes usadas foram as seguintes: uma em C (sem modulação); outra que modulava de C para G (próxima); e outra ainda que modulava de C para Bb (distante ou remota). Em suma, Tillmann et al (2000) observaram que os desempenhos dos participantes e o modelo foram paralelos, nos quais ambos traçaram similarmente o senso de modulação para progressões de acordes. Além disso, nenhum indicou interpretação de progressões de acordes como uma sucessão de tônicas diferentes relativas a tonalidades diferentes, embora alguns efeitos locais tenham ocorrido. O senso de tonalidade emerge e permanece estável mesmo quando o acorde-tônica não está presente. Os autores também sugerem que a tonalidade é uma estrutura abstrata mais profunda para humanos e a rede neural, e não meramente uma coleção de acordes. Por exemplo, a apresentação dos acordes F e G é já suficiente para a tonalidade C ser induzida. Também, no sétimo acorde da progressão modulatória remota, a tonalidade Bb foi induzida mesmo que o acorde Bb não tenha sido apresentado previamente.

Finalmente, Tillmann et al (2000) também simularam os dados empíricos de Cuddy e Thompson (1992) e obtiveram um desempenho paralelo da rede neural com relação ao dos participantes, isto é, a assimetria espacial do ciclo de quintas em que o sentido anti-horário foi indicado como mais longo (menores correlações e ativações) que o sentido horário.

Várias outras abordagens computacionais auto-organizáveis para indução de tonalidade têm sido desenvolvidas pela literatura cognitiva, embora nem todas possuam bases empíricas próprias. O modelo de Griffith (1994; veja também Griffith, 1995) classifica alturas e intervalos musicais extraídos de um grupo de canções infantis na direção de tonalidades ou centros tonais (em curto e médio prazo de processamento) e de graus de escalas (em longo

prazo de processamento), respectivamente. A implementação é feita através de redes neurais ART2 (*adaptive resonance theory*; em português, teoria da ressonância adaptativa), mapas de aspectos de Kohonen e de propagação para frente (*feedforward*) em arquitetura modular. Similarmente, Leman (1995) propôs um modelo computacional para reconhecer e interpretar centros tonais a partir de um sinal acústico musical que consiste em dois módulos: um módulo de percepção e um módulo de cognição. O módulo de percepção contém um modelo auditivo que transforma o sinal acústico musical em um fluxo de imagens auditivas, a saber, as imagens de culminação de tom e as imagens de contexto de tom. As imagens de contexto transmitem as informações sensíveis ao contexto de passado recente. Em seguida, o fluxo de imagens é processado pelo módulo cognitivo em dois tipos de dinâmica, isto é, auto-organizável e de atração de centro tonal. Também, Krumhansl e Toiviainen (2003) propuseram duas redes auto-organizáveis para modelar o senso de tonalidade representado no modelo *CFMP* descrito acima (Krumhansl, 1990): uma das redes usa a distribuição de tons ao longo da composição musical e a outra usa distâncias de alturas e temporais entre tons (i.e., *transição de tons*). Ambas produzem resultados comparáveis aos dos participantes. O mapeamento distribuído da tonalidade é usado para visualizar padrões de ativações que mudam ao longo do tempo.

O alcance explicativo desses modelos baseados em redes neurais artificiais auto-organizáveis confia no pressuposto ou na plausibilidade biológica a propósito da semelhança metafórica com a morfologia e funcionalidade de neurônios naturais, bem como a propósito da adaptação ao meio e resiliência (i.e., capacidade de recuperação). Essas redes são capazes de representar dinamicamente padrões ambientais e oferecem uma saída (*output*) muito visual, a saber, mapas de categorias numéricas hierárquicas espacialmente distribuídas. Portanto, redes auto-organizáveis tornam-se adequadas para modelar espaços tonais e sua aquisição. No entanto, apesar do dinamismo temporal inerente ao processamento dessas redes, oferecendo inclusive uma resolução temporal detalhada de cada passo de processamento, elas

não delineiam explicitamente a dimensão ou o processo tempo subjetivo, isto é, a evocação de uma “imagem global” do tempo decorrido pela música – conservando a terminologia própria do conexionismo – a partir dos elementos estruturais da mesma música, pelo menos dessa maneira em que tais redes são programadas.

Paralela e adicionalmente às modelagens computacionais acima, Janata, Birk, Horn, Leman, Tillmann e Bharucha (2002) encontraram bases neurais naturais para o processo espaço tonal em nível de tonalidades. Através de ressonância magnética funcional, eles encontraram uma área específica no córtex pré-frontal rostromedial que apresenta rastreamento de ativação para espaço tonal. *Voxels* (sítios) diferentes nessa área exibiram seletividade para diferentes tonalidades. Dentro do mesmo conjunto de voxels consistentemente ativos, a seletividade acerca da topografia de tonalidade se rearranjou ao longo das sessões de neuro-escaneamento. A estrutura da tonalidade foi mantida como uma topografia dinâmica em áreas corticais conhecidas por se situarem em um *nexus* de processamento, cognitivo, afetivo e mnemônico.

Uma perspectiva complementar a todas essas descritas acima para modelagem do mapa entre tonalidades provém da teoria musical. O modelo analítico de espaço de alturas proposto no livro *Tonal Pitch Space* (*TPS*; Espaço de Altura Tonal) por Lerdahl (2001; veja também Lerdahl, 1988), quando combinado com o modelo analítico de hierarquia de eventos musicais que também aborda relações rítmicas proposto no livro *Generative Theory of Tonal Music* (*GTTM*; Teoria Generativa da Música Tonal), permite quantificar implicações tonais em vários níveis estruturais de uma composição musical. O livro *TPS* também propõe teorias para explicar tensão e atração da estrutura musical, particularmente de superfície.

Lerdahl e Krumhansl (2007) confirmaram a capacidade de predição das teorias de Lerdahl (2001) a propósito da tensão tonal evocada por um grupo de trechos musicais estilisticamente diferentes em participantes músicos, especialmente quando combinados os quatro componentes do modelo: estrutura prolongacional, espaço de alturas, tensão de

superfície e atração. Foram utilizadas a tarefa de tensão interrompida e a tarefa de tensão contínua. Na tarefa de tensão interrompida, o primeiro evento foi apresentado para ser avaliado quanto a tensão; depois, o primeiro e segundo eventos foram apresentados para o último evento ser avaliado quanto a tensão; depois, o primeiro, segundo e terceiro eventos da mesma maneira foram avaliados; e assim por diante, até que a sucessão inteira de eventos musicais fosse avaliada. Na tarefa de tensão contínua, os participantes interagiram com uma interface gráfica que os permitiram mover um botão *slider* (de trilho) para direita e esquerda na tela do computador através do *mouse*, em correspondência as suas experiências correntes de aumento e diminuição de tensão. Os resultados ao lado das simulações permitiram a visualização empírica e teórica do fluxo contínuo de tensão-relaxamento e indicaram também pequenos ajustes de método de aplicação do modelo.

O componente da teoria de Lerdahl (2001) de mais relevância para esta tese de doutorado é o de espaço de alturas (que será referido aqui como modelo *TPS*). O modelo *TPS* em uma única e intrincada arquitetura é capaz de quantificar distâncias entre tons, acordes e regiões (tonalidades), dentro do mesmo nível ou entre níveis de tons, acordes e regiões. O modelo inicia com o *espaço básico* da Figura 4, orientado para tonalidade **C** (ou ainda, na terminologia de Lerdahl, **I/C**). O espaço básico é hierárquico no sentido de que se uma classe de altura é estável em um nível, ela se repete no nível imediatamente superior. A escala diatônica é construída a partir de membros da escala cromática e a tríade (acorde) a partir de membros da escala diatônica. A tríade em si possui uma hierarquia interna, com a quinta mais estável que a terça e o tom fundamental como o elemento mais estável de todos. A forma da estrutura do espaço básico corresponde ao perfil tonal para tonalidade **C** do *CFMP* (veja Figura 1), podendo ser entendido como sua forma idealizada. O número de passos adjacentes verticais e horizontais de um tom qualquer até o tom no topo da hierarquia do espaço básico (nesse caso, **dó**) quantifica a distância de alturas tonalmente dispostas.

Para o nível dos acordes, o espaço básico se transforma por meio da seguinte regra diatônica de distância de acorde: $\delta(x \rightarrow y) = i + j + k$, onde $\delta(x \rightarrow y)$ é a distância entre o acorde x e o acorde y , i é o número de movimentos no ciclo de quintas no nível (d), j é o número de movimentos no ciclo de quintas nos níveis ($a-c$), e k é o número de classes de alturas não-comuns no espaço básico de y comparado com aquelas do espaço básico de x . Em outras palavras, os fatores envolvidos são o grau de recorrência de tons comuns e o número de movimentos ao longo de dois ciclos de quintas, um para as tríades sobre a coleção diatônica e o outro para a coleção diatônica sobre a coleção cromática. O cálculo das distâncias entre acordes dentro de uma mesma região resulta no círculo de quintas diatônico e no círculo de tons comuns (ou de terças) diatônico, que quando combinados formam uma representação toroidal denominada *espaço acordal*.

O nível das tonalidades é desenvolvido a partir do acorde-tônica de uma região, ou ainda, a proximidade de uma região secundária é medida através da distância entre o acorde-tônica local e o acorde-tônica referencial global. O pressuposto é o de que a distância para o acorde-tônica local é um indicador confiável da distância para a região que ele representa. Assim, o *espaço regional* é formado da mesma maneira que o espaço acordal. Os acordes-tônica locais são selecionados a partir dos menores valores para δ , ou seja, I/V, I/IV, i/vi e i/i (e.g., G, F, a e c) para os quais $\delta = 7$. As regiões relacionadas por quintas (i.e., I/V e I/IV, ou particularmente, G e F) são dispostas em um eixo e as regiões relacionadas por relativo e paralelo menores (i/vi e i/i, ou particularmente, a e c) em outro. As relações δ são sucessivamente transpostas para gerar dois ciclos, verticalmente em quintas e horizontalmente em terças menores, de passos equidistantes, para todo par maior-menor paralelo. Esse espaço regional (Figura 5) possui forma toroidal similar ao espaço acordal, e também corresponde à solução multidimensional desenvolvida a partir de dados empíricos por Krumhansl e Kessler (1982; Krumhansl, 1990), ou seja, o modelo *CFMP* (veja Figura 3).

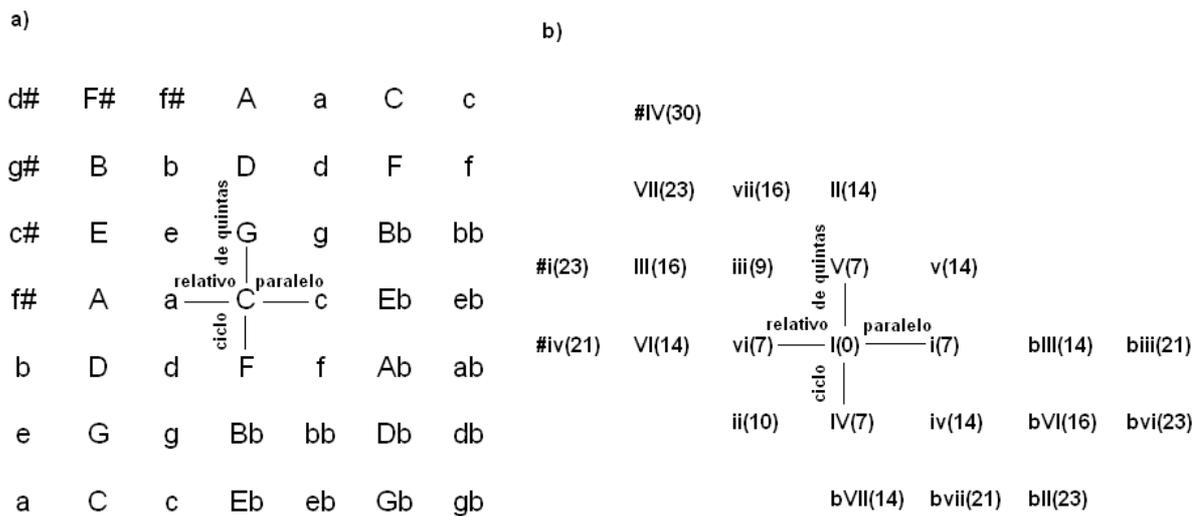


Figura 5. Espaço regional ligeiramente adaptado do modelo *TPS*: em a), com notação alfabética e orientado em **C; em b), com notação de algarismos romanos e com menores valores Δ para todas as tonalidades maiores e menores em relação a I. Relações de ciclo de quintas, relativos e paralelos estão apontadas (Lerdahl, 2001).**

Segundo Lerdahl (2001), o conceito de pivô é crucial para medir longas distâncias. Em curtas distâncias, as regiões compartilham acordes que funcionam como pivôs de uma região para a outra. Por outro lado, na medida que as mudanças cromáticas alcançam regiões mais distantes, os pivôs diretos desaparecem, e se requer pivôs intermediários que ainda não foram considerados. Os pivôs podem ser entendidos como pontos de reorientação de tônica ao longo de um caminho baseado em passos através de regiões. Por isso, no espaço regional, o modelo *TPS* define âmbitos de acordes pivôs centrados na tonalidade tônica (seja *I* ou *i*). Assim, a regra para distância regional fica estabelecida da seguinte maneira: $\Delta(I \rightarrow R) = [\delta_1(P_1 \rightarrow P_2)] + [\delta_2(P_2 \rightarrow P_3)] \dots + \delta_n(P_n \rightarrow R)$, onde $\Delta(I \rightarrow R)$ é a distância da tônica da região-pivô origem *I* para a região alvo *R*, δ_1 é o passo de região pivô a partir da primeira tônica da região-pivô P_1 para a segunda tônica da região-pivô P_2 , e assim por diante, e $\delta_n(P_n \rightarrow R)$ é a distância da tônica da região-pivô P_n para *R*, até que *R* se situe na região-pivô mudada. As etapas dentro dos colchetes se aplicam somente se a condição $\delta_n(P_n \rightarrow R)$ não for alcançada ainda. Por exemplo, tem-se $\Delta(C \rightarrow c\#) = \delta_1(C \rightarrow e) + \delta_2(e \rightarrow E) + \delta_3(E \rightarrow c\#) = 9 + 7 + 7 = 23$ (Figura 6a). Diferentemente, se *c#* é entendido como *db*, tem-se $\Delta(C \rightarrow db) = \delta_1(C \rightarrow c) + \delta_2(c \rightarrow Ab) + \delta_3(Ab \rightarrow Db) + \delta_4(Db \rightarrow db) = 7 + 9 + 7 + 7 = 30$ (Figura 6b). O cálculo de $\Delta(C \rightarrow db)$ refere-se a um percurso maior que aquele referido pelo cálculo de $\Delta(C \rightarrow c\#)$.

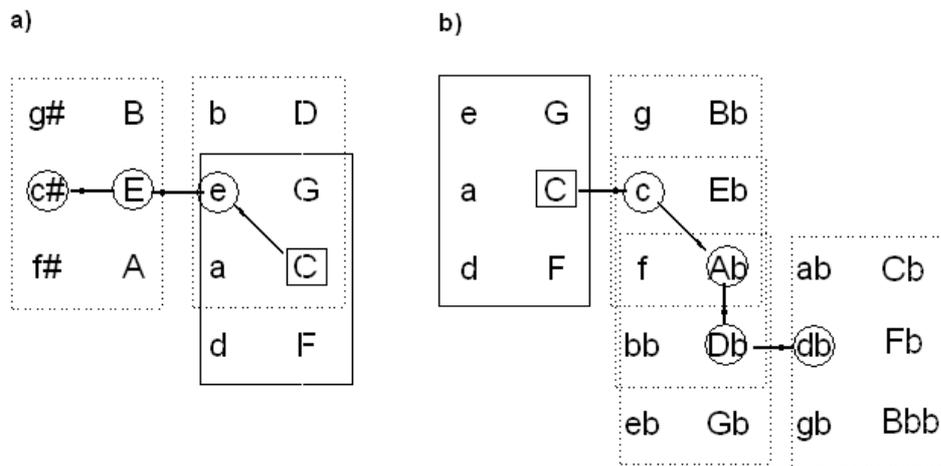


Figura 6. Exemplos de regiões-pivô (dentro de retângulos) mudando para regiões-pivô não adjacentes. O quadrado em torno da letra indica tonalidade tônica referencial. O círculo em torno da letra indica tonalidade tônica local. O cálculo de $\Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{c\#})$ em a) exibe um percurso computacional menor que o cálculo de $\Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{db})$ em b) (Lerdahl, 2001).

Finalmente, o modelo *TPS* confia no princípio do caminho mais curto de todos (*shortest path principle*) para a computação de qualquer distância, especialmente entre acordes e entre tonalidades: a distância de espaço de altura entre dois eventos é preferivelmente calculada em seu menor valor. Este princípio tem como plano de fundo a tradição da *Gestalt* de economia cognitiva pela qual certos membros de uma categoria são os mais simples, prototípicos, normativos, únicos, autoconsistentes, melhores, etc. (Goldmeier, 1982; Kofka, 1935; Krumhansl, 1990). Para um exemplo no nível de acordes, tem-se que o resultado menor, mais musicalmente razoável e preferível de $\delta(C \rightarrow G)$ é obtido a partir de $\delta(I/I \rightarrow V/I) = 5$ e não de $\delta(I/I \rightarrow I/V) = 7$. Para outro exemplo no nível de tonalidades, tem-se que o resultado preferível de $\Delta(C \rightarrow A)$ é obtido a partir de $\delta_1(C \rightarrow a) + \delta_2(a \rightarrow A) = 14$ e não de $\delta_1(C \rightarrow G) + \delta_2(G \rightarrow D) + \delta_3(D \rightarrow A) = 21$.

Em certo sentido, Lerdahl (2001, p.41) afirma que “a hierarquia tonal [em geral] é atemporal porque ela representa um conhecimento mais ou menos permanente a respeito do sistema ao invés de uma resposta para uma seqüência de eventos específica. Esse conhecimento advém da experiência de escuta”. Por outro lado, em uma peça musical contendo modulação tonal, é comum Lerdahl (2001) se referir a este deslocamento no espaço regional como uma “viajem” (*travelling*) ou uma “jornada” (*journey*) espacial. Está implícita nesses termos, até mesmo “poeticamente” a idéia de movimento musical que leva um certo tempo para se desdobrar. Assim, tem-se que a dimensão temporal de uma modulação tonal é latente do ponto de vista motivacional para ser investigada.

Parte 3—Dimensão Temporal da Tonalidade

Uma vez que qualquer processo modulatório delimita seções formais de uma peça musical, este implica também inevitavelmente desenvolvimento temporal. Por essa razão, é possível supor que, tal como parece existir uma realidade psicológica para o espaço tonal em

nível de tonalidades e modulação, também pode existir uma contraparte temporal desse senso espacial. Um intervalo temporal preenchido por música desenvolvendo modulação tonal pode possuir um reflexo temporal subjetivo. Essa impressão de tempo passível de ser inferida a partir de medidas diretas de comportamentos de estimação temporal é denominada processo *tempo subjetivo*.

Firmino e Bueno (*no prelo*) examinaram o efeito de modulações tonais súbitas e gradativas para tonalidades próximas e distantes através de experimento e modelo teórico. Participaram 66 alunos universitários, não músicos, de ambos os sexos, de idades entre 18 e 25 anos. Os equipamentos utilizados foram um computador IBM-PC, um fone de ouvido Koss-R80, um equalizador Cygnus GE2000, o software *WaveSurfer* (gerador de design experimental) e o software *Csound* (gerador de estímulos), dispostos em sala acusticamente isolada e bem iluminada. Os estímulos consistiam de progressões de 29 acordes maiores e menores constituídos de tons de Shepard (1964; veja descrição na seção Materiais página 52) e seguindo as regras típicas da harmonia tonal ocidental com a duração física de 20 segundos (Tabela 2; ANEXO 1). Cada participante foi submetido a um de quatro estímulos: sem modulação (CC), modulação súbita para tonalidade próxima (CF), modulação súbita para tonalidade distante (CGb), modulação gradativa para tonalidade distante (CEbGb). Depois de escutar, o participante foi solicitado a reproduzir retrospectivamente a duração da música usando um cronômetro via teclado de computador. A duração média entre o término do estímulo e o início da estimação temporal (i.e., tempo de resposta) foi de 71,931s.

Tabela 2. Progressões de acordes modulatórias utilizadas como estímulos por Firmino e Bueno (no prelo). A letra “n” indica a ordem do acorde. A letra “t” indica o instante do ataque (onset) do acorde.

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29					
Estímulo CC (não-modulação)																																		
C:	C	d	G	C	e	a	d	G	C	G	a	d	G	C	e	a	d	G	C	G	a	d	G	C	e	G	d	G	C					
	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	vi	ii	V	I	iii	V	ii	V	I					
	origem				prolongamento																													
Estímulo CF (súbita próxima)																																		
C:	C	d	G	C	e	a	d	G	C	G	a	d	G	C	e	a	d	G	C	G	a	d	G	C	e	G	g	C	F					
	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	vi	ii	V	I	iii	V	vi	ii	V	I				
	origem				prolongamento																								F:	ii	V	I	modulação	
Estímulo CGb (súbita distante)																																		
C:	C	d	G	C	e	a	d	G	C	G	a	d	G	C	e	a	d	G	C	G	a	d	G	C	e	G	ab	Db	Gb					
	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	vi	ii	V	I	iii	V	vi	ii	V	I				
	origem				prolongamento																								Gb:	ii	V	I	modulação	
Estímulo CEBGb (gradativa distante)																																		
C:	C	d	G	C	e	a	d	G	C	G	c	f	Bb	Eb	g	c	f	Bb	Eb	Bb	eb	ab	Db	Gb	bb	eb	ab	Db	Gb					
	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	Eb:	V/vi	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	Gb:	V	i	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I			
	origem				prolongamento					1ª modulação					intermediária					2ª modulação					destino									
<i>t</i>	0,000	0,689	1,378	2,067	2,756	3,445	4,134	4,823	5,512	6,201	6,891	7,580	8,269	8,958	9,647	10,336	11,025	11,714	12,403	13,092	13,781	14,470	15,159	15,848	16,537	17,226	17,915	18,604	19,293					

A estatística ANOVA e o teste de Duncan (*post hoc*) confirmaram as diferenças entre os grupos (Tabela 3). As modulações tonais afetaram as estimações temporais eliciando subestimções temporais. Ademais, o teste de Duncan mostrou (1) que as estimações para modulações distantes foram mais curtas que as das modulações próximas e (2) que as estimações para modulações súbitas foram mais curtas que as das modulações gradativas. Assim, Firmino e Bueno (*no prelo*) enunciaram que modulações tonais eliciam reproduções temporais retrospectivas em função inversa do aumento da distância entre as tonalidades, com impacto maior para modulações súbitas.

Tabela 3. Médias e desvios padrões de reproduções temporais retrospectivas para progressões de acordes musicais desdobrando modulações tonais com 20s físicos cada. [Firmino, E., & Bueno, J. (*no prelo*). Tonal modulation and subjective time. *Journal of New Music Research*.]

<i>Estímulos</i>	<i>Reproduções Temporais (s)</i>	
	<i>Médias</i>	<i>Desvios Padrões</i>
CC _{não-modulação}	21,242	6,290
CF _{súbita próxima}	17,689	3,655
CGb _{súbita distante}	13,474	4,166
CEbGb _{gradativa distante}	16,916	4,829

A informação cognitiva concernente às modulações tonais deve ter um conteúdo temporal. Desse modo, é possível supor que o senso de tonalidade possui também expressão temporal inerente possivelmente mediada por processos de memória (Schacter & Tulving, 1994). A memória semântica deve estar envolvida, uma vez que a tonalidade e seu tempo correspondente são padrões de contexto internalizados. Também, um tipo de memória operacional com expressão implícita deve estar envolvido, uma vez que a tarefa de reprodução temporal retrospectiva implica a recuperação da imagem do estímulo igualmente não-verbal, ou de sua duração, cuja expressão deve ser não-verbal e de curto prazo. A inferência é a de que o fator que causou as subestimações temporais sistemáticas relacionadas às modulações tonais é o seguinte: quando uma distância intertonal se desdobra através do estímulo musical, há uma indução de expectativa a respeito do instante final da tonalidade destino. Distâncias longas implicam baixa probabilidade da tonalidade destino suceder à tonalidade origem (Bharucha, 1987). O nível de antecipação do evento final depende do quão gradativo ou súbito a modulação é, refletindo dessa maneira o baixo ou alto grau de subestimação temporal resultante.

Por essas razões, os resultados encontrados por Firmino e Bueno (*no prelo*) foram interpretados da seguinte maneira: Para o estímulo CGb, houve indução de expectativa para tonalidade destino muito distante, mas rapidamente percorrida através de poucos acordes. O instante alvo pareceu extremamente antecipado. Para o estímulo CEbGb, a distância intertonal (a mesma do estímulo CGb) foi percorrida lentamente, distribuída em vários acordes. O instante alvo foi menos antecipado que para o estímulo CGb. Para o estímulo CF, houve indução de expectativa para tonalidade destino próxima, embora percorrida rapidamente. O instante alvo foi fracamente antecipado. Para o estímulo CC, não houve indução de expectativa para outra tonalidade. O instante alvo não foi antecipado.

Ainda sob essa perspectiva, Firmino e Bueno (*no prelo*) adicionalmente propuseram o *modelo fração de desenvolvimento esperado* (modelo FDE). De antemão, ao se descrever efeitos de modulações tonais sobre tempo subjetivo, vê-se a necessidade da conjugação das dimensões

espacial e temporal do tempo simultaneamente. Todo o modelo foi elaborado considerando essa perspectiva. De fato, as dimensões espacial S e temporal T foram consideradas numericamente idênticas, isto é, $S \equiv T$. O princípio básico do modelo *FDE* é o de que a memória semântica fornece o desenvolvimento temporal esperado o qual é comparativamente mais longo que a duração percebida armazenada na memória operacional implícita. Essa fração temporal quando aplicada, por sua vez, à duração da memória operacional implícita, resulta na subestimação temporal. Mais especificamente, depois da instrução para que o participante preste atenção à música, a percepção do estímulo ocorre envolvendo processos atencionais (Figura 7). Durante a escuta, o sistema de memória e expectativa para tonalidades SMET é induzido. Depois disso, o participante é instruído a reproduzir a duração da música escutada cujo complexo memória operacional implícita/expectativa CMOIE (um componente reativo e automático) do SMET é encontrado ativo. A memória semântica MS (um componente de ordem cognitiva superior) articula um desenvolvimento temporal virtualmente esperado. A interação ou comparação entre o subsistema memória operacional implícita MOI e o subsistema memória semântica MS se desenvolve durante a tarefa de estimação através do reproduzidor comparativo temporal RCT.

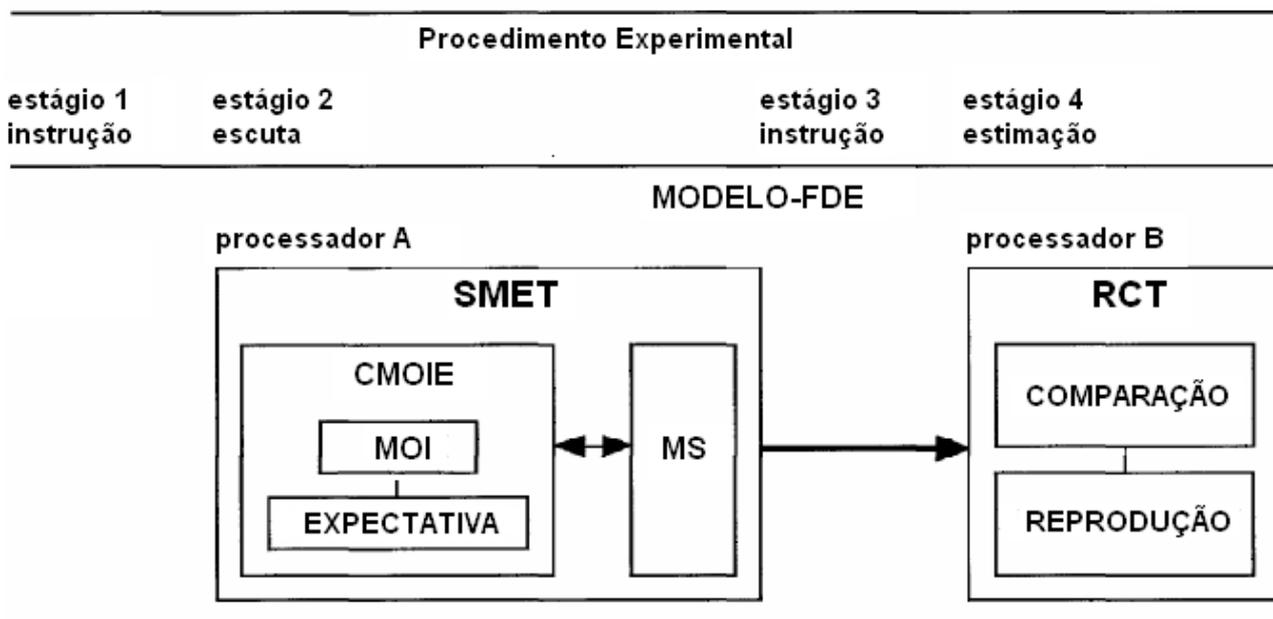


Figura 7. Arquitetura lógica geral do modelo *FDE*: acima, o procedimento com seus sucessivos estágios; abaixo, a resposta do modelo correspondente. À esquerda, o processador A, isto é, o sistema de memória e expectativa para tonalidade SMET com seus componentes (o complexo memória-operacional-implícita/expectativa CMOIE e o processo memória semântica MS). À direita, o processador B, isto é, o reprodutor comparativo temporal RCT com seus processos comparação e reprodução.

A seguir, é apresentada uma descrição sumária do funcionamento do modelo *FDE*—para uma descrição detalhada das equações envolvidas, veja Firmino e Bueno (*no prelo*). A memória operacional implícita do modelo *FDE* representa formalmente o desdobramento da modulação tonal através do estímulo musical em dois tipos de funções horárias: (1) para permanência em uma tonalidade, função constante; e (2) para modulação entre duas tonalidades, função parabólica (Figura 8). Se a modulação é no sentido da tonalidade origem para destino (i.e., modulação ida ou para frente), então, a concavidade da parábola é para cima. Diferentemente, se a modulação é no sentido da tonalidade destino para origem (i.e., modulação ida-e-volta ou reversa), então, a concavidade da parábola é para baixo. No modelo *FDE*, a unidade de medida espacial é o intervalo de cognição tonal *ict* e a unidade de medida temporal é o segundo *s*. O componente expectativa *E* do CMOIE aponta o índice de expectativa através de vetores os quais sintetizam a relação tangencial entre espaço tonal *S* percorrido e tempo tonal *T* decorrido fazendo $E = S/T$. Esse processo psicológico de expectativa *E* corresponde análoga e metaforicamente ao processo cinemático-físico de velocidade *V*. Nesse sentido, a experiência de esperar a chegada de uma tonalidade destino é exatamente a experiência de estar em movimento tonal. Na Figura 8, o vetor permanência P_o entre t_0 e t_1 indica expectativa nula, uma vez que não houve modulação, ou seja, *S* não variante em função de *T*. Os vetores locais L_{od} (origem para destino) e L_{do} (destino para origem) secantes às suas correspondentes parábolas indicam aumento de expectativa, respectivamente, de t_1 a t_2 e t_3 a t_4 , ou seja, *S* variante em função de *T*. Os aumentos dos ângulos α e β permitem a visualização desse aumento de expectativa. Os vetores locais amortizados L_{od}' e L_{do}' com extremidades que percorrem, respectivamente, as retas entre t_2 e t_3 e t_4 e t_5 indicam diminuição de expectativa nesses trechos (as diminuições dos ângulos α e β para α' e β' permitem a visualização dessa diminuição de expectativa). Apesar de entre t_2 e t_3 e t_4 e t_5 *S* não variar em função de *T*, os vetores amortizados ainda simulam o hipotético decréscimo de expectativa a partir das relações tangenciais relevantes. A unidade de medida de expectativa é *ict/s*.

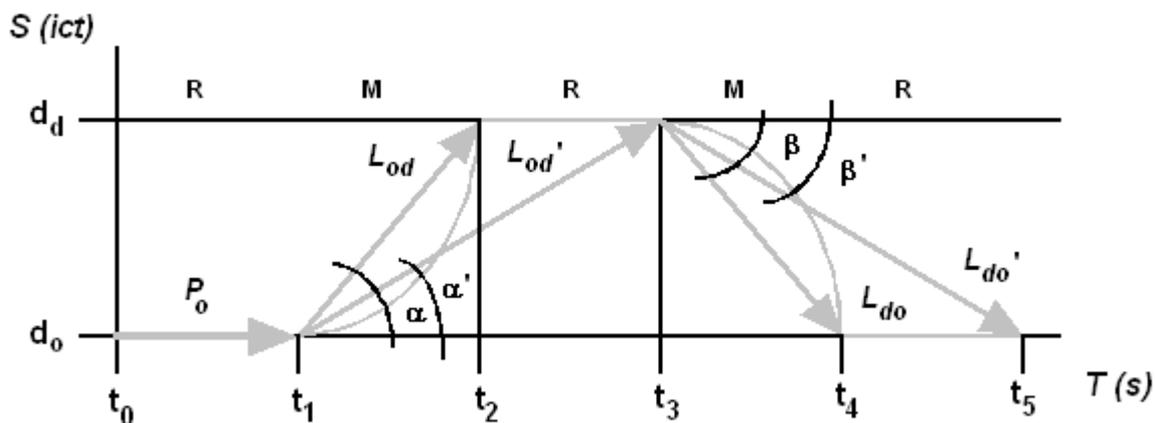


Figura 8. Percurso espaço-temporal tonal e expectativas formadas pelas relações tangenciais durante t_5-t_0 devido a estímulo musical que desdobra modulação reversa. T é o tempo tonal decorrido. S é o espaço tonal percorrido. R é o repouso tonal (função constante). M é o movimento tonal (função parabólica). Durante t_1-t_0 , não há aumento de expectativa (P_o é o vetor permanência). Durante t_2-t_1 e t_4-t_3 , há aumento de expectativa (L_{od} e L_{do} são os vetores locais e os ângulos α e β aumentam). Durante t_3-t_2 e t_5-t_4 , há diminuição de expectativa (L_{od}' e L_{do}' são os vetores locais e os ângulos α' e β' diminuem).

O modelo *FDE* processa ainda os efeitos psicomusicológicos de várias modulações, através de vetores que indicam três modos de expectativas, a saber, locais E_{loc} , globais E_{glo} e desenvolvimentais E_{des} (Figura 9). A E_{loc} indica a influência da penúltima tonalidade sobre a última tonalidade. A E_{glo} indica a influência da primeira tonalidade sobre a última tonalidade. A E_{des} indica o acúmulo sucessivo das E_{loc} de todas as tonalidades envolvidas no estímulo musical modulatório. A memória semântica fornece o conteúdo dessas expectativas que é propriamente o desenvolvimento temporal esperado ou o tempo virtual. Assim, a forma triádica de expectativa E_{loc} - E_{glo} - E_{des} evoca analogamente a forma triádica de tempos virtuais local T_{loc} , global T_{glo} e desenvolvimental T_{des} , através da adição linear dos vetores envolvidos. A interação das expectativas E_{loc} - E_{glo} - E_{des} é sintetizada pela expectativa resultante E_{res} , que é calculada através da média aritmética das mesmas. Para a interação dos tempos virtuais T_{loc} - T_{glo} - T_{des} , o tempo virtual resultante T_{res} ou tempo da memória semântica T_{MS} é calculado através da média geométrica dos mesmos.

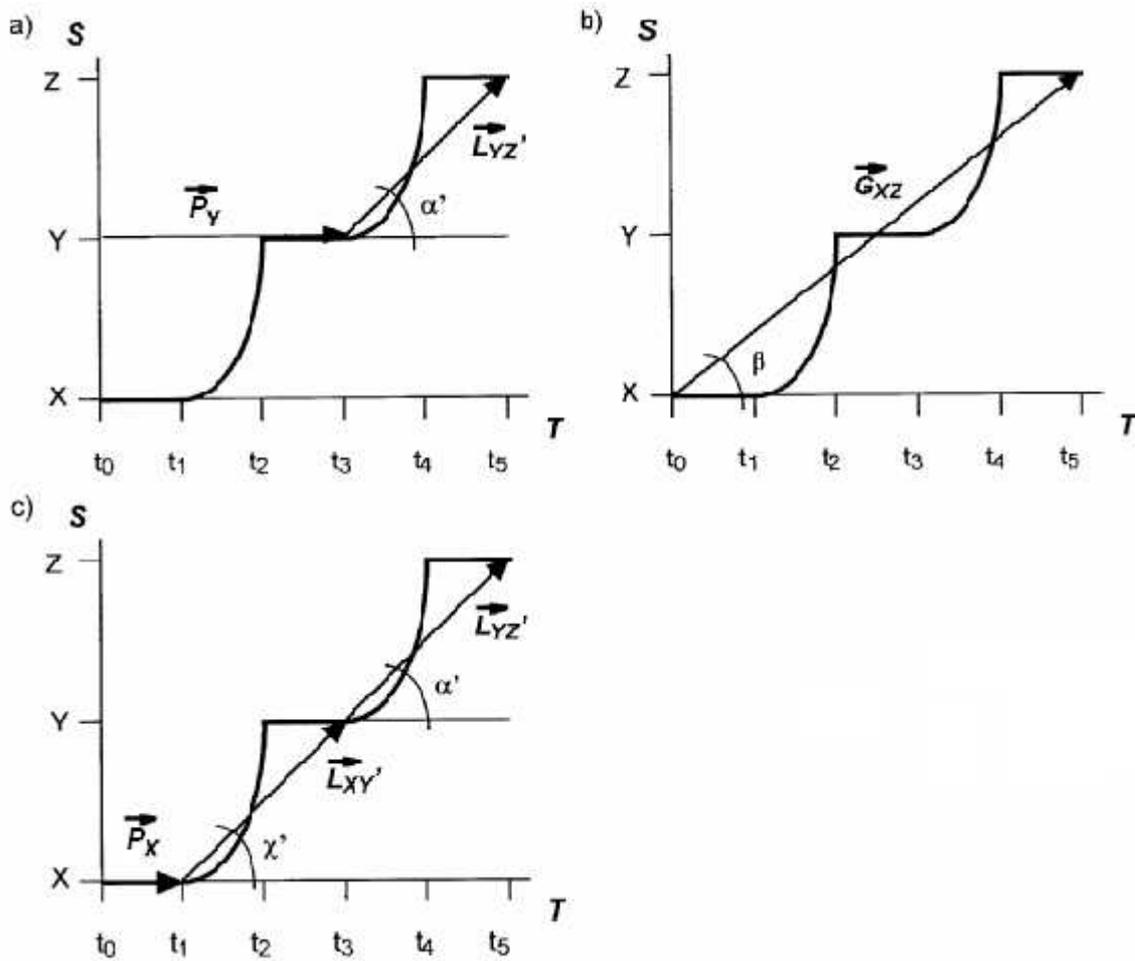


Figura 9. Memória semântica representando percurso tonal com expectativas e tempos virtuais locais a), globais b), e desenvolvimentais c), devido a estímulo musical que desdobra modulação sucessiva (tonalidades X, Y e Z). T é o tempo tonal decorrido. S é o espaço tonal percorrido. Em a), P_Y é o vetor permanência em Y, $L_{YZ'}$ é o vetor amortizado de Y para Z, e α' é o ângulo de $L_{YZ'}$. Em b), G_{XYZ} é o vetor global e β é o ângulo de G_{XYZ} . Em c), P_X é o vetor permanência em X, $L_{XY'}$ é o vetor amortizado de X para Y, χ' é o ângulo de $L_{XY'}$, e $L_{YZ'}$, bem como α' já foram descritos em a).

Quando o participante é solicitado a estimar a duração da música escutada, ele deve recorrer a seu sistema de memória e expectativa para tonalidades. Assim, o reproduutor comparativo temporal verifica que a duração da memória operacional implícita T_{MOI} é mais curta que a duração da memória semântica T_{SM} , na proporção ou fração de desenvolvimento esperado $Fr = T_{MOI} / T_{SM}$. Em palavras simples, se a música escutada possui menor duração que a música esperada, então, a música percebida possui uma duração pequena. Logo, se o participante deve repetir a duração da música, a duração reproduzida será a de uma duração analogamente pequena, ou seja, o tempo de estimação $T_{est} = Fr \cdot T_{MOI}$. As simulações estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Comparação entre as simulações do modelo *FDE* e as médias das reproduções temporais retrospectivas para quatro progressões tonais modulatórias.

Estímulos	Participantes	Modelo <i>FDE</i>
CC _{não-modulação}	21,242	20,000
CF _{súbita próxima}	17,689	18,771
CGb _{súbita distante}	13,474	11,610
CEbGb _{gradativa distante}	16,916	14,324

Portanto, o modelo *FDE* recapitula o enunciado extraído dos resultados experimentais: modulações tonais eliciam subestimações temporais em função inversa a distâncias intertonais, com impacto maior para súbitas.

Em suma, o modelo *FDE* de Firmino e Bueno (*no prelo*) descreve os dados experimentais encontrados, integra diversos aspectos teóricos significativos de outros modelos da literatura, e prediz estimativas temporais para quaisquer durações preenchidas por quaisquer modulações para frente ou reversas entre tonalidades maiores dispostas em ciclo de quintas. Entretanto, o modelo não contempla diretamente as relações de relativo e de paralelo, bem como possíveis assimetrias espacial e temporal do ciclo de quintas (para tal incremento veja Capítulo 2).

CAPÍTULO 1

Experimento 1 - Efeitos de modulações tonais reversas para tonalidades próximas e distantes sobre reproduções temporais retrospectivas

Este estudo objetivou encontrar bases empíricas para as previsões do modelo *FDE* de Firmino e Bueno (*no prelo*), a propósito do efeito de modulações tonais reversas sobre estimações temporais, e também estabelecer uma primeira aproximação teórica com o modelo *TPS* de Lerdahl (2001) na contemplação dos resultados.

Vários modelos de estimação temporal foram desenvolvidos pela psicologia, mas poucos têm sido aplicados em música. No presente estudo, nós investigamos a influência de distâncias viaçadas através de espaço de alturas sobre a estimação retrospectiva de tempo. Os participantes escutaram progressões de acordes durando 20 segundos. Eles foram inesperadamente solicitados a reproduzir o intervalo temporal das seqüências. A estrutura harmônica dos estímulos foi manipulada de forma que permanecesse na mesma tonalidade (CC), viajasse para uma tonalidade próxima (CFC) ou para uma tonalidade distante (CGbC). As estimações temporais encurtaram quando modularam para a distância muito longa. Os resultados são discutidos sob a perspectiva da teoria do espaço tonal de Lerdahl (2001), do modelo fração de desenvolvimento esperado de Firmino e Bueno (*no prelo*) e de modelos de estimação temporal.

Na pesquisa de tempo subjetivo, existem dois paradigmas procedimentais principais para o estudo do comportamento de estimação temporal, o prospectivo e o retrospectivo: respectivamente, o participante é avisado sobre a tarefa de estimação temporal antes ou depois da apresentação do estímulo (Zakay, 1990). Uma vez que o estudo presente aborda estruturas musicais largas – tal como tonalidade e modulação – supostamente implicando estruturas cognitivas de ordem superior implícitas, o paradigma retrospectivo (inesperado) pareceu apropriado (Firmino e Bueno, *no prelo*; veja também Poynter, 1983). Estímulos e condições musicais são muito úteis em questões experimentais de percepção temporal, uma vez que a teoria musical possui descrições paramétricas

abundantes de estruturas composicionais (Bailey & Areni, 2006; Boltz, 1989; Bueno & Ramos, 2007; Bueno et al 2002; Schmuckler & Boltz, 1994).

Vários modelos têm sido usados para explicar estimativas subjetivas de tempo (veja Block, 1990, para uma revisão). O modelo tamanho de armazenamento (Ornstein, 1969) afirma que uma grande quantidade ou complexidade de informação requer um espaço largo na memória, e assim produz estimativas temporais longas. O modelo atencional (Hicks, Miller, Gaes, & Bierman, 1976) considera que quanto mais atenção é requerida pela tarefa, maior esforço mental seria requerido no armazenamento de informação na memória e, portanto, mais longa a estimativa temporal seria. O modelo mudança contextual (Block & Reed, 1978) propõe que a duração lembrada envolve uma reconstrução cognitiva da informação ambiental que circunda o estímulo: mudanças contextuais mais retomadas causam estimativas temporais mais longas. O modelo contraste ou de expectativa (Jones & Boltz, 1989) relaciona tempo subjetivo a padrões de eventos. O modelo prediz que uma seqüência de eventos finalizando do “tempo certo” confirmaria expectativas e eliciaria estimativas quase precisas (“zero contraste”). Uma seqüência de eventos finalizando depois do esperado pareceria mais longa e eliciaria superestimativas (“contraste positivo”). Uma seqüência de eventos finalizando antes do esperado pareceria mais curta e eliciaria subestimativas temporais (“contraste negativo”).

Vários experimentos realizados por Boltz e colaboradores confirmam o modelo contraste (Boltz, 1991, 1993a, 1993b, 1995). Esse modelo enfatiza propriedades rítmicas de seqüências musicais assim como a contribuição da estrutura ocidental de alturas no nível de tons (Boltz, 1989) ou acordes (Schmuckler & Boltz, 1994) na estimativa de tempo musical. Até onde sabemos, a importância do nível mais alto da estrutura ocidental de alturas, tal como o nível da tonalidade, não foi investigada ainda em estudos de estimativa temporal. Isso surpreende porque excursões para diferentes tonalidades são utilizadas tipicamente como ferramentas para estender o discurso musical ou o desenvolvimento e a expressividade estética (Schenker, 1935/1979). Modulações tonais articulam aspectos temporais por referência a tonalidades origem e destino, e pela mudança tonal

em si. Estudos de cognição musical têm abordado tonalidade e modulação como um domínio quase estático, no sentido de que estruturas de alturas estariam relacionadas apenas tangencialmente à dimensão temporal da música (Krumhansl, 1990, 2000; Shepard, 1982; Tillmann et al, 2000). Por conseguinte, a importância da modulação para estimação temporal permanece uma questão não investigada.

A combinação da teoria generativa da música tonal (*GTTM*, de *Generative Theory of Tonal Music*) de Lerdahl e Jackendoff (1983) com a teoria do espaço de altura tonal (*TPS*, de *tonal pitch space*) de Lerdahl (1988, 2001) oferece uma perspectiva interessante nessa questão. Ambos os modelos implicam estruturas harmônicas dinâmicas (Bigand, 2003). No *TPS*, a estrutura ocidental de altura é representada na forma de um espaço tridimensional para alturas (e classes de alturas), e de um espaço quadri-dimensional para acordes e tonalidades (regiões). A distância entre dois eventos pode ser computada considerando os lugares deles no contexto musical nos quais ocorreram. Assim, estruturas harmônicas são configuradas na forma de uma *jornada através de espaço de alturas*, onde cada passo dessa jornada é quantificado precisamente pela combinação de *GTTM* e *TPS*. Um princípio central para essa computação é o do “caminho mais curto”: a distâncias entre dois eventos é calculada através do valor menor possível para ela. Quando o caminho é também entendido considerando seu tempo desdobrado correspondente, o conceito de *velocidade* aparece (Firmino & Bueno, *no prelo*): para uma mesma unidade de tempo, caminhos longos através do espaço de alturas implicariam velocidades maiores que caminhos menores. Nesse sentido, o modelo *TPS* pode ser usado para prever o efeito específico de modulações tonais sobre a estimação de tempo musical. Uma seqüência induziria uma sensação de tempo mais curto quando ela modula para uma tonalidade distante do que quando ela se move para uma tonalidade próxima ou permanece na mesma tonalidade.

MÉTODO

Participantes

Participaram 45 universitários (homens = 22; mulheres = 23), entre 18 e 30 anos, da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto. Todos relataram possuir audição normal; nenhum relatou possuir treinamento musical.

Ética na experimentação com seres humanos

Antes do início do experimento, foi entregue ao participante o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para ele assinar caso concordasse participar (ANEXO 2). Esse termo foi elaborado conforme a Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde.

Devido à natureza e metodologia implicadas neste trabalho, alguns pontos não foram plenamente explicitados no termo. Uma vez que se investigou percepção temporal, informações previamente contidas no termo relativas a tarefas de estimação temporal poderiam interferir diretamente na metodologia e, sobretudo, nos resultados experimentais. Por exemplo, a condição do paradigma retrospectivo seria mudada para a condição do paradigma prospectivo. Termos teórico-musicais como modulação tonal ou correspondentes explicações dos mesmos são ambos distantes da linguagem verbal cotidiana dos participantes não-músicos deste trabalho. Ademais, a menção desses termos musicais ou similares, bem como de termos experimentais como “grupo controle” poderiam induzir ou predispor estados psicológicos nos participantes (e.g., expectativa, ansiedade, etc.) e, por sua vez, poderiam interferir nos dados. Por essas razões, os itens “título”, “objetivos”, “justificativa” e “procedimento” da pesquisa foram apresentados da seguinte maneira no termo (ver ANEXO 2): (1) título: “PERCEPÇÃO MUSICAL”; (2) objetivos: “O objetivo da pesquisa é investigar aspectos da percepção musical humana”; (3) justificativa: “Saber mais a respeito disso

ajuda a entender a apreciação estética e a ensinar matérias musicais”; e (4) procedimento: “As tarefas do participante são as de escutar uma música e depois responder algumas perguntas que dizem respeito à música escutada. A música é escutada por meio de fone de ouvido dentro do laboratório”.

Um questionário verbal de dados adicionais foi preenchido ao término do experimento para caracterização da população de participantes, fornecendo, assim, critérios para inclusão e exclusão dos mesmos (ANEXO 3). Os participantes incluídos foram os não-músicos (i.e., nunca tocaram ou estudaram algum instrumento musical ou cantaram em coro ou profissionalmente), graduandos da USP, de ambos os sexos, na faixa etária de 18 a 30 anos e com sistema auditivo normal. Aqueles que não possuíam essas características foram excluídos. Formas de ressarcimento não foram necessárias porque os participantes foram graduandos da USP convidados no próprio ambiente universitário em que já se encontravam, próximos ao local de execução do experimento.

Equipamentos

O experimento foi realizado no Laboratório de Processos Associativos, Controle Temporal e Memória, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (USP), sob coordenação do Professor Doutor José Lino Oliveira Bueno. O espaço é isolado acusticamente e possui iluminação adequada. Dentro dele, dispunham-se uma mesa para distribuição dos equipamentos e uma cadeira confortável para o participante se sentar.

Os equipamentos utilizados eram os seguintes: (1) um microcomputador *note-book* IBM-PC com o programa experimental *WaveSurfer* instalado para monitoramento das tarefas, isto é, armazenamento e disparo dos estímulos e dos sinais de *feedback*, bem como registro dos tempos de resposta e das reproduções temporais; (2) um teclado de computador extra com a tecla “barra-de-espaço” em azul e escrito “play” para disparo do estímulo, bem como as teclas “4” e “.” do *num lock* (teclado alfanumérico), respectivamente, em verde escrito “início” e em vermelho escrito “fim”

para reprodução temporal—todas as demais teclas estavam em preto. (3) um fone de ouvido fechado Koss R80 para apresentação dos estímulos; e finalmente, (4) um equalizador Cygnus GE2000 para filtragem passa alta (acima de 2349Hz) e baixa (abaixo de $77,8\text{Hz}$).

Materiais

Os estímulos (20 segundos) e o sinal sonoro de *feedback* (50ms) foram construídos através do software de síntese sonora *Csound 4.19* (taxa de amostragem: 44100Hz ; resolução: 16bits ; modo: mono).

A Tabela 5 (ANEXO 1) apresenta os estímulos do Experimento 1, detalhando analiticamente as progressões de acordes envolvidas e indicando as posições métricas dos ataques dos mesmos (*onsets*). Os estímulos constituíram-se de progressões de 29 acordes encadeados segundo as regras típicas da harmonia tradicional ocidental (Piston & DeVoto, 1987; Schoenberg, 1922/1974). Todos os acordes foram tríades (acordes) maiores ou menores sem omissão e dobramento de nenhuma de seus três tons. Adotou-se o temperamento igual para a escala de alturas (razão de semitom: $2^{1/12}$; tom *c* central: $261,625\text{Hz}$). Com base em prescrições de Shepard (1964) e Krumhansl, Bharucha e Kessler (1982), cada tom foi um som complexo formado por cinco parciais distribuídos em oitavas justas (2:1). Cada acorde (tríade) formou, então, um pulso sonoro com 15 parciais diferentes. Para o domínio de alturas delimitado pelas frequências $77,8\text{Hz}$ e 2349Hz , foi definida uma função co-seno invertida para intensidades, que partiu do mínimo de 10dB nessas frequências extremas e chegou ao máximo de 70dB na frequência logarítmica média (escala de intensidades do software *Csound 4.19*). Tons que extrapolaram o limite agudo foram substituídos por tons graves distando cinco oitavas abaixo; inversamente, tons que extrapolaram o limite grave foram substituídos por tons agudos distando cinco oitavas acima. O efeito psicoacústico desse procedimento é o de uma atenuação dos movimentos horizontais das vozes extremas (soprano e baixo). Os estímulos duraram 20s físicos: cada um dos 28 acordes das seqüências de acordes estimulatórias durou 689ms ; o

último acorde 29 durou 708ms. O envelope dinâmico para cada tom (e acorde) foi definido linearmente por 50% de duração de pulso acordal (10-70dB) para ataque e 50% de duração de pulso acordal (70-10dB) para extinção.

Tabela 6. Progressões de acordes modulatórias utilizadas como estímulos do Experimento 1. A letra “n” indica a ordem do acorde. A letra “t” indica o instante do ataque (onset) do acordes.

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
Estímulo CC (não-modulação)																															
C:	<i>C</i> I	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	<i>e</i> iii	<i>a</i> vi	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	<i>G</i> V	<i>a</i> vi	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	<i>e</i> iii	<i>a</i> vi	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	<i>G</i> V	<i>a</i> vi	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	<i>e</i> iii	<i>G</i> V	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I		
	origem				prolongamento																										
Estímulo CFC (reversa próxima)																															
C:	<i>C</i> I	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	<i>e</i> iii	<i>a</i> vi	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	<i>F</i> iii	<i>a</i> vi	<i>d</i> vi	<i>g</i> ii	<i>C</i> V	<i>F</i> I	<i>a</i> iii	<i>d</i> vi	<i>g</i> ii	<i>C</i> V	<i>F</i> I	<i>C</i> V	<i>a</i> I	<i>d</i> vi	<i>G</i> ii	<i>C</i> V	<i>e</i> iii	<i>a</i> vi	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	
	origem				prolongamento					1ª modulação					intermediária					2ª modulação					destino						
Estímulo CGbC (reversa distante)																															
C:	<i>C</i> I	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	<i>e</i> iii	<i>a</i> vi	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I	<i>Gb</i> bii	<i>g</i> v	<i>Eb</i> bIII	<i>ab</i> V/ii	<i>Db</i> ii	<i>Gb</i> V	<i>I</i> I	<i>bb</i> iii	<i>eb</i> vi	<i>ab</i> ii	<i>Db</i> V	<i>Gb</i> I	<i>db</i> v	<i>A</i> bIII	<i>d</i> V/ii	<i>G</i> ii	<i>C</i> V	<i>e</i> iii	<i>a</i> vi	<i>d</i> ii	<i>G</i> V	<i>C</i> I
	origem				prolongamento					1ª modulação					intermediária					2ª modulação					destino						
<i>t</i>	0,000	0,689	1,378	2,067	2,756	3,445	4,134	4,823	5,512	6,201	6,891	7,580	8,269	8,958	9,647	10,336	11,025	11,714	12,403	13,092	13,781	14,470	15,159	15,848	16,537	17,226	17,915	18,604	19,293		

O estímulo CC (sem modulação) possuiu os quatro primeiros acordes definindo a tonalidade C. Os acordes 5 a 29 prolongaram a tonalidade C.

O estímulo CFC (reversa próxima; distância de alturas de 5 em relação a C, no modelo TPS de Lerdahl) possuiu os quatro primeiros acordes definindo a tonalidade origem C. Os acordes 5 a 9 prolongaram a tonalidade C. Os acordes 10 a 14 modularam para a tonalidade destino próxima F. Os acordes 15 a 19 estabeleceram a tonalidade F. Os acordes 20 a 24 modularam de volta para a tonalidade origem C. Os acordes 25 a 29 estabeleceram a tonalidade C.

O estímulo CGbC (reversa distante; distância de alturas de 30 em relação a C, no modelo TPS de Lerdahl) possuiu os quatro primeiros acordes definindo a tonalidade origem C. Os acordes 5 a 9 prolongaram a tonalidade C. Os acordes 10 a 14 modularam para a tonalidade destino distante Gb. Os acordes 15 a 19 estabeleceram a tonalidade Gb. Os acordes 20 a 24 modularam de volta para a tonalidade origem C. Os acordes 25 a 29 estabeleceram a tonalidade C.

O sinal sonoro de *feedback* foi utilizado para o participante saber que suas reproduções temporais foram registradas pelo computador. Quando o participante pressionou os botões início e fim da caixa de botões para reproduzir o tempo, ele recebeu um curto (50ms) tom puro senoidal de 261,625Hz (tom *c* central) e 70dB através do fone de ouvido.

Procedimento

Os participantes escutaram através de fone de ouvido uma das três progressões de acordes. Em seguida, eles foram requisitados, inesperadamente, a reproduzir a duração da música escutada (paradigma retrospectivo). Eles apertaram subseqüentemente as teclas “início” e “fim” do teclado extra, marcando com bipes o início e o fim de um intervalo temporal de silêncio, que devia corresponder com a duração da música escutada. Desse modo, foram apresentadas as seguintes instruções aos participantes: a) antes da escuta: “Você vai apertar a tecla ‘play’ para escutar uma música bem simples através do fone de ouvido. Quando a música acabar, você tira o fone de ouvido

e eu passo as instruções seguintes. Coloque o fone de ouvido de modo confortável e pode começar quando quiser”; b) depois da escuta: “Você vai apertar a tecla ‘início’ e vai deixar o tempo passar. Quando você achar que o tempo que está passando ficou igual ao tempo da música escutada, você vai apertar a tecla ‘fim’. Coloque o fone de ouvido e comece quando quiser”. A duração média entre o término do estímulo e o início da estimacão temporal (i.e., tempo de resposta) foi de 27,501s. As distâncias intertonais definiram as variáveis entre-grupos.

Antes das tarefas experimentais, os participantes foram solicitados a ler e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO 2). Depois das tarefas experimentais, os participantes foram solicitados a preencher um questionário relatando suas condições culturais e de integridade física, bem como quais estratégias para medir o tempo eles empregaram (ANEXO 3). O objetivo desse questionário foi o de caracterizacão dos participantes.

RESULTADOS

A Tabela 7 mostra médias e desvios padrões de reproduções temporais para cada grupo de participantes relativo a progressões modulatórias (CC, CFC e CGbC). Houve uma tendência para superestimacão considerando os 20s dos estímulos. As superestimacões foram mais altas para as seqüências não modulatórias e, em menor grau, para a condicão “próxima”. A ANOVA confirmou um efeito significativo da modulacão sobre a estimacão temporal $F(2, 42) = 9.85$ $p < 0.05$ (MSE = 192.32). A análise *post hoc*, através do teste de Duncan, indicou que a mais longa distância eliciu a mais curta estimacão temporal.

Tabela 7. Médias e desvios padrões de reproduções temporais retrospectivas para três progressões de acordes modulatórias (20s).

<i>Estímulos</i>	<i>Médias (s)</i>	<i>Desvios Padrões (s)</i>
CC _{não-modulação}	26,279	4,922
CFC _{reversa próxima}	25,052	4,208
CGbC _{reversa distante}	19,555	4,076

DISCUSSÃO

A influência da modulação tonal tem sido demonstrada em tarefas de tons-de-prova (*probe tone task*; Krumhansl e Kessler, 1982; veja também Bharucha, 1987), medidas de tensão-relaxamento (Bigand & Parncutt, 1999; Lerdahl & Krumhansl, 2007), ou de pré-ativação (*priming task*; veja Bigand & Poulin-Charronat, 2006, para uma revisão). Bigand, Parncutt e Lerdahl (1996) mostraram que a sensação de tensão musical foi correlacionada com a distância viajada através do espaço de alturas, com maior tensão para progressões CGbC que para progressões CFC ou CCC. Os dados presentes demonstram que viajar para uma tonalidade distante (CGbC) resulta em estimativa temporal mais curta que viajar para uma tonalidade próxima (CFC) ou nenhuma modulação (CC, nenhuma viagem). Esse resultado é consistente com Firmino e Bueno (*no prelo*), que mostraram subestimções temporais para seqüências de acordes desdobrando modulações súbitas no final (CGb). Interessantemente, os autores observaram que o efeito da modulação sobre a estimativa temporal foi reduzido quando a modulação foi desdobrada gradativamente (CEbGb). O estudo presente confirma que tendência em estimativa temporal não é estritamente causada pela ocorrência específica do evento que ocorre “no tempo” – antes ou depois – no final da progressão musical (Boltz, 1989). No caso presente, a progressão exibiu uma modulação gradativa no meio da progressão que moveu a partir da tonalidade principal. Essa mudança não teve efeito sobre a estimativa de tempo quando a música se moveu para tonalidade próxima, mas teve um efeito quando a nova tonalidade era distante.

Os dados indicam que modulação tonal é um parâmetro relevante que afeta estimativa retrospectiva de tempo em música. Esse efeito é difícil de ser explicado tanto pelo modelo tamanho de armazenamento quanto pelo modelo atencional (Hicks et al., 1976; Ornstein, 1969) de estimativa temporal. Todas as progressões apresentaram idênticos baixos níveis informativos de estímulos (i.e, número de tons, estrutura rítmica, ou mesmo aspectos psicoacústicos). Se supusermos que a modulação definiu uma unidade de informação em algum nível abstrato, esses modelos

antecipariam superestimações temporais para progressões modulatórias em comparação com não modulatórias. Os dados do presente estudo mostram evidência nova contra esta predição (veja Firmino & Bueno, *no prelo*).

Modulação envolve estruturas de larga escala. Para ser percebida, a informação relativa à tonalidade musical inicial necessita ainda estar presente na memória operacional quando a seção modulatória ocorre (Schacter & Tulving, 1994; para um debate em música, veja Cook, 1987; veja também Lalitte & Bigand, 2006). Assim, modelos de estimação temporal deveriam necessariamente conter um componente de memória para explicar este efeito. É provável que um componente de memória operacional desempenhe um considerável papel em tarefas de reprodução temporal retrospectiva. Os resultados presentes também mostram que o conhecimento de hierarquias tonais ocidentais influencia a estimação temporal de ouvintes ocidentais. O termo “hierarquia tonal” é usado para designar um esquema de regularidades de alturas, específico para música ocidental, que é armazenado em memória de longo prazo. Esse esquema é não-temporal no sentido de que representa um conhecimento mais ou menos permanente sobre o sistema musical, ao invés de ser uma resposta a uma seqüência específica de eventos. Da mesma forma, esse conhecimento musical de ordem superior das relações de tonalidade possui algumas similaridades com o conceito de memória semântica humana (Schacter & Tulving, 1994; Tillmann et al, 2000). Portanto, um modelo relevante de estimação temporal em música deveria envolver dois componentes: memória operacional e memória de longo prazo (ou semântica).

Firmino e Bueno (*no prelo*) propuseram o *modelo fração de desenvolvimento esperado* (modelo *FDE*) que envolve esses dois componentes. Nesse modelo, conhecimento de hierarquias musicais ocidentais também inclui conhecimento e durações de viagem em espaço de altura tonal ocidental. Aprendizagem implícita ocorrente no cotidiano resulta em mais do que armazenamento de regularidades estatísticas entre tons, acordes e tonalidades (Tillmann et al, 2000). Ouvintes ocidentais também armazenam a velocidade média da música ocidental em sua viagem através do espaço de alturas. Essa informação temporal associada com espaço de altura tonal é ativada quando

se escuta a música ocidental. A duração esperada da peça é comparada com a duração vivenciada e armazenada na memória operacional. No modelo *FDE*, essa comparação é expressa como um coeficiente calculado pela divisão entre a duração antecipada mapeada na memória semântica pela duração percebida armazenada na memória operacional. Esse coeficiente temporal é aplicado à duração da memória operacional resultando em subestimação temporal.

Depois dos participantes serem instruídos a escutar a peça musical, processos atencionais ocorrem relativos à música. A comparação entre os conteúdos temporais das memórias operacional e semântica ocorre durante a tarefa de reprodução temporal. A música escutada (de acordo com a memória operacional) parece mais curta que a música esperada (de acordo com a memória semântica), de modo que uma subsequente estimativa da duração da música se tornará analogamente mais curta. Quanto mais longo o espaço de alturas tonais viajado, mais curta será a estimativa temporal. Haverá maior impacto a partir de modulações súbitas (i.e., modulando dentro de poucos acordes) que a partir de modulações gradativas (i.e., com tonalidades intermediárias e dentro de vários acordes; Firmino & Bueno, *no prelo*).

Em resumo, quando conjugados, o modelo *FDE* e o modelo *TPS* podem explicar a estimativa de duração mais curta para o estímulo *CGbC* do que para os estímulos *CC* e *CFC*. O conceito de velocidade de mudança de tonalidades é associado a subestimações temporais. O modelo *TPS* de Lerdahl oferece distâncias cognitivas de altura/acorde/tonalidade que estendem tal idéia. O modelo *FDE* abrange modulações “ida” (para frente) e “ida-e-volta” (reversa) considerando efeitos temporais. Ambos os modelos foram examinados adicionalmente através do Experimento 2 (Capítulo 2) que explorou outras jornadas de tonalidade relevantes, a saber, os lados horário (*CAF#*) *versus* anti-horário (*CEbGb*) do ciclo de quintas, bem como o caminho do ciclo de terças menores (*CaA*) *versus* o caminho do ciclo de quintas (*CGDA*).

CAPÍTULO 2

Experimento 2 - Efeitos de modulações tonais em percursos diferentes (ciclo de terças menores *versus* ciclo de quintas), bem como em sentidos contrários do ciclo de quintas (horário *versus* anti-horário) sobre reproduções temporais retrospectivas

Através da tarefa de reprodução temporal retrospectiva, o objetivo do Experimento 2 foi examinar duas questões: (1) se há percepção temporal diferenciada para caminhos tonais com constituição estrutural diferente, isto é, via ciclo de terças menores (i.e., relativos e paralelos) *versus* via ciclo de quintas; e (2) se há assimetria cognitiva temporal tal como há assimetria cognitiva espacial do ciclo de quintas para tonalidades (Cuddy & Thompson, 1992). Por conveniência, estas questões estão respectivamente nomeadas neste trabalho como *problema constituição tonal* e *problema assimetria tonal*.

A medida dependente implicou que o participante repetisse a duração do intervalo alvo por meio de cronômetro sendo avisado sobre isso somente depois da apresentação do estímulo. O pressuposto foi o de uma condição experimental totalmente não-verbal (i.e., estímulos e respostas não-verbais) que pudesse ser mais capaz de evocar o processamento tonal de natureza não-verbal. Uma revisão a respeito das principais classes de modelos de tempo subjetivo está apresentada na Introdução desta tese de doutorado (Parte 1—Tempo Subjetivo, página 32).

O que os problemas constituição e assimetria tonais têm em comum é o interesse no papel particular das tonalidades intermediárias no processo de representação cognitiva espaço-temporal da modulação tonal. Firmino e Bueno (*no prelo*) encontraram subestimações temporais para modulações súbitas para frente em função inversa da distância percorrida. Por exemplo, a modulação súbita de C para Gb encurta o tempo mais que a modulação súbita de C para F. A princípio, esse dado revela conceitualmente um efeito psicológico global porque os centros tonais origem e destino se situam nas extremidades temporais início e fim de um evento musical. Contudo, ainda mais relevante para o presente trabalho é o fato de que os autores encontraram também um

impacto de subestimação menor para modulação *gradativa* distante do que para modulação súbita distante. Por exemplo, a modulação gradativa de C, passando por Eb, até Gb encurtou menos o tempo que a modulação súbita de C para Gb. Adicionalmente, o Experimento 1 descreveu estimacões temporais menores para modulações reversas distantes do que para modulações reversas próximas. Por exemplo, ocorreu estimacão menor para a modulação reversa de C para Gb retornando para C que para a modulação reversa de C para F retornando para C. A novidade desses outros resultados é a identificacão conceitual de um efeito desenvolvimental que depende, por um lado, das extremidades temporais, mas sobretudo, por outro, da porção medial do evento musical. Por sua vez, verifica-se que tonalidades intermediárias permitem especialmente examinar detalhes da configuracão do mapeamento dinâmico espaço-temporal de tonalidades. Por essas razões, o pressuposto do presente trabalho foi o de que o estudo da participacão de tonalidades menores, bem como a exploracão de pontos opostos do ciclo quintas em modulações tonais, permitiriam uma visualizacão mais aprofundada deste senso tonal espaço-temporal.

De modo complementar à experimentacão, foi utilizada a estratégia teórica de conjugar medidas de distâncias entre tonalidades do modelo *CFMP* (*Cognitive Foundations of Musical Pitch*; em português, Fundações Cognitivas da Altura Musical) de Carol Krumhansl (1990; Krumhansl & Kessler, 1982) e do modelo *TPS* (*Tonal Pitch Space*; em português, Espaço de Altura Tonal) de Fred Lerdahl (1988, 2001) com o modelo *FDE* (*fração de desenvolvimento esperado*) de Firmino e Bueno (*no prelo*). Os modelos *CFMP* e *TPS* são os principais modelos da literatura a respeito de espaço tonal. Na Introduçao desta tese de doutorado encontram-se revisões dos trabalhos de Krumhansl e Lerdahl na “Parte 2—Dimensao Espacial da Tonalidade” (página 9), bem como do trabalho de Firmino e Bueno na “Parte 3—Dimensao Temporal da Tonalidade” (página 32).

Os modelos *CFMP* e *TPS* dizem respeito a representacões espaciais mais ou menos estáveis do sistema musical tonal que foram aprendidas implicitamente através de exposicão passiva às regularidades sonoras ambientais (para modelagem de aprendizagem tonal, ver Tillmann et al). Nesse sentido, eles são atemporais (Lerdahl, 2001, p.41). Em contrapartida, o modelo *FDE*

representa simultaneamente as dimensões espacial e temporal do senso tonal, afirmando que também os aspectos temporais intrínsecos à tonalidade são adquiridos implicitamente (ver Boltz et al, 1988). No entanto, em sua formulação inicial (Firmino & Bueno, *no prelo*), apenas tonalidades maiores distribuídas no ciclo de quintas (Figura 1a) foram convenientemente contempladas, no intuito de explicitar suas operações internas. Logo, o empréstimo das medidas espaciais dos modelos *CFMP* e *TPS* para uma nova formatação do eixo espacial do modelo *FDE* permitiria não só a inclusão do processamento espaço-temporal de tonalidades menores no modelo *FDE* como também a comparação sistemática dos três modelos. Ademais, caso ocorressem experimentalmente assimetrias temporais relativas ao ciclo de quintas – similares às assimetrias espaciais encontradas por Cuddy e Thompson, 1992 – esse fator também seria incorporado à estrutura do modelo *FDE* já conjugado com os modelos *CFMP* e *TPS*.

Para se obter um âmbito inicial de previsões teóricas e de resultados esperados a propósito das questões experimentais levantadas, torna-se pertinente fazer de antemão um esboço comparativo dos modelos *CFMP* e *TPS*, em termos do que esses poderiam contribuir, quando envolvidos na perspectiva do modelo *FDE*, na explicação da relação tonalidade-tempo.

Tanto o modelo *CFMP* (Figura 3) quanto o modelo *TPS* (Figura 5) são configurações geométricas quadri-dimensionais que possuem a forma de um *torus* (semelhante a um *doughnut* ou rosquinha). O modelo *CFMP* proveio de tratamentos estatísticos sofisticados de dados empíricos (i.e., perfis tonais via técnica tons-de-teste; Figura 2). Os valores numéricos iniciais para construção do modelo foram correlações (Tabela 1) que continham a informação espacial relevante para se computar as distâncias intertonais. Além disso, elas foram distribuídas em forma escalar de -1 a 1. São essas, então, as medidas do modelo *CFMP* mais convenientes para se estabelecer comparações com às do modelo *TPS*, e também para serem emprestadas para a formatação do eixo espacial do modelo *FDE* de natureza linear-unidimensional. Essas medidas (somente aquelas devidas a **C**) estão reordenadas na Tabela 8, onde a tonalidade referencial **C** situa-se abaixo e a tonalidade mais distante **F#** situa-se acima. Diferentemente, o modelo *TPS* proveio de operações algébricas

sucessivas alicerçadas em *constructos* musicológicos fundamentais da teoria musical tradicional ocidental. Os valores numéricos utilizados para a construção do modelo foram os menores resultados possíveis das computações das distâncias entre as tônicas locais e a tônica referencial. Esses valores podem ser dispostos de forma escalar de 0 a 30. Por sua vez, essas são as medidas comparáveis àquelas do modelo *CFMP* e que adicionalmente podem formatar o eixo espacial do modelo *FDE*. Esses valores apresentados anteriormente na Figura 5b estão retomados na Tabela 8, onde a tonalidade referencial C situa-se abaixo e a tonalidade mais distante F# situa-se acima.

Tabela 8. Comparação das escalas de distâncias intertonais dos modelos *CFMP (Krumhansl, 1990) e *TPS* (Lerdahl, 2001). Os valores originais estão mantidos.**

<i>CFMP</i> (de 1 a -1)		<i>TPS</i> (de 0 a 30)	
<i>tonalidades</i>	<i>valores</i>	<i>tonalidades</i>	<i>valores</i>
F#	-0,683	F#	30
eb	-0,654	Db	23
ab	-0,508	ab	23
Db	-0,500	B	23
B	-0,500	c#	23
bb	-0,402	eb	21
f#	-0,369	bb	21
c#	-0,298	f#	21
E	-0,185	E	16
Ab	-0,185	Ab	16
b	-0,158	b	16
Eb	-0,105	Eb	14
A	-0,105	A	14
D	0,040	D	14
Bb	0,040	Bb	14
f	0,215	f	14
d	0,237	g	14
g	0,241	d	10
c	0,511	e	9
e	0,536	c	7
F	0,591	F	7
G	0,591	G	7
a	0,651	a	7
C	1,000	C	0

*Nota: As enarmonias do modelo *CFMP* estão padronizadas em conformidade ao modelo *TPS*, por exemplo, A#/Bb = Bb.

A Tabela 8 mostra que, em geral, as séries de tonalidades a propósito da mais próxima para a mais distante de C dos modelos *CFMP* e *TPS* são semelhantes. Elas diferem em alguns pontos, por exemplo, no modelo *CFMP*, e é mais próximo de C do que c é de C, ao passo que no modelo *TPS*, c é mais próximo de C do que e é de C. Além disso, há muito mais empates no modelo *TPS* do que no modelo *CFMP*. Por exemplo, no modelo *TPS*, as distâncias de g, f, Bb, D e A relativas a C são as mesmas. Esses vários empates do modelo *TPS* implicam em menos divisões de sua escala. O contrário ocorre para o modelo *CFMP*, ou seja, os poucos empates implicam em mais divisões da sua escala. Entretanto, cabe destacar que o conceito de empate faz sentido em topografia unidimensional. Em contraste, as topografias toroidais de ambos os modelos apresentam coordenadas de posições tonais diferentes.

A notação para distâncias [i.e., $\delta(x \rightarrow y)$ para acordes e $\Delta(I \rightarrow R)$ para tonalidades] elaborada por Lerdahl (2001) para descrição da natureza, operação e método de aplicação do modelo *TPS* é útil também aqui na comparação entre modelos. Também, devido aos problemas constituição e assimetria tonais investigados, torna-se relevante derivar ou extrapolar do modelo *TPS*, enquanto combinado com o modelo *FDE*, as possibilidades preditivas a propósito do tempo subjetivo, quando incluído ou excluído o princípio de “menor caminho” (i.e., as menores distâncias são preferíveis). Porque o modelo *CFMP* reflete essencialmente em sua estrutura esse princípio do menor caminho, praticamente todas as previsões de acordo com esse princípio feitas a partir do modelo *TPS* podem analogamente ser feitas a partir do modelo *CFMP*. Nessa primeira instância, a combinação entre os modelos *CFMP* e *TPS* com o modelo *FDE* é feita *grosso modo* apenas no nível mais amplo do enunciado de que modulações encurtam o tempo subjetivo de acordo com o inverso da distância. Outros níveis de análise mais detalhados que dependem da interação de efeitos locais, desenvolvimentais e globais não são considerados ainda. Os estímulos utilizados no experimento foram CaA (via ciclo de terças menores) e CGDA (via ciclo de quintas) para o problema constituição tonal, bem como CEbGb (via lado anti-horário), e CAF# (via lado horário) para o problema assimetria tonal, todos possuindo a mesma duração física (20s).

A respeito do problema constituição tonal, tem-se, quando não considerado o princípio de menor caminho, a seguinte previsão. Uma vez que o percurso tonal CGDA é maior que o percurso tonal CaA, ou seja, $[\Delta(\text{C} \rightarrow \text{A})_{\text{CGDA}} = \delta(\text{C} \rightarrow \text{G}) + \delta(\text{G} \rightarrow \text{D}) + \delta(\text{D} \rightarrow \text{A})] > [\Delta(\text{C} \rightarrow \text{A})_{\text{CaA}} = \delta(\text{C} \rightarrow \text{a}) + \delta(\text{a} \rightarrow \text{A})]$, o tempo subjetivo CGDA seria menor que o tempo subjetivo CaA. Diferentemente, quando considerado o princípio de menor caminho, tem-se que $\Delta(\text{C} \rightarrow \text{A})_{\text{CGDA}} = \Delta(\text{C} \rightarrow \text{A})_{\text{CaA}}$, logo, os tempos subjetivos CGDA e CaA seriam iguais entre si.

A respeito do problema assimetria tonal, tem-se que, seja considerando ou não o princípio de menor caminho, os tempos subjetivos CEBGb e CAF# seriam iguais entre si, porque o modelo TPS é simétrico. Entretanto, quando é excluído o princípio do menor caminho, abrem-se as possibilidades de interpretação dos percursos via eixo do ciclo de quintas e via eixo do ciclo de terças menores. Na Figura 5a é possível verificar que o eixo ciclo de quintas é maior que o eixo ciclo de terças menores, isto é, no lado anti-horário, $[\Delta(\text{C} \rightarrow \text{Gb})_{\text{CEbGb}} = \delta(\text{C} \rightarrow \text{F}) + \delta(\text{F} \rightarrow \text{Bb}) + \delta(\text{Bb} \rightarrow \text{Eb}) + \delta(\text{Eb} \rightarrow \text{Ab}) + \delta(\text{Ab} \rightarrow \text{Db}) + \delta(\text{Db} \rightarrow \text{Gb})]_{\text{quinta}} > [\Delta(\text{C} \rightarrow \text{Gb})_{\text{CEbGb}} = \delta(\text{C} \rightarrow \text{c}) + \delta(\text{c} \rightarrow \text{Eb}) + \delta(\text{Eb} \rightarrow \text{eb}) + \delta(\text{eb} \rightarrow \text{Gb})]_{\text{terça menor}}$, ou também, no lado horário, $[\Delta(\text{C} \rightarrow \text{F\#})_{\text{CAF\#}} = \delta(\text{C} \rightarrow \text{G}) + \delta(\text{G} \rightarrow \text{D}) + \delta(\text{D} \rightarrow \text{A}) + \delta(\text{A} \rightarrow \text{E}) + \delta(\text{E} \rightarrow \text{B}) + \delta(\text{B} \rightarrow \text{F\#})]_{\text{quinta}} > [\Delta(\text{C} \rightarrow \text{F\#})_{\text{CAF\#}} = \delta(\text{C} \rightarrow \text{a}) + \delta(\text{c} \rightarrow \text{A}) + \delta(\text{A} \rightarrow \text{f\#}) + \delta(\text{f\#} \rightarrow \text{F\#})]_{\text{terça menor}}$. Devido a isso, os percursos CEBGb e CAF# via eixo ciclo de quintas evocariam tempos subjetivos menores que os mesmos percursos via eixo ciclo de terças menores. Diferentemente, quando considerado o princípio de menor caminho, tem-se que os eixos ciclo de quintas e terças menores são iguais, logo, os tempos subjetivos seriam iguais entre si.

A partir dessa análise preditiva, é possível verificar a relação de complementaridade existente entre os problemas constituição e assimetria examinados neste trabalho. Uma maneira mais explícita de se notar isso poderia vir a partir de uma condição experimental mais complexa que testasse os efeitos do eixo ciclo de quintas com o estímulo CGDAEBF# (ou CFBbEbAbDbGb) *versus* do eixo ciclo de terças menores com o estímulo CaAf#F# (ou CcEbebGb) sobre estimações

temporais. Porém, tantas modulações presentes em um único estímulo poderiam (ou não) comprometer os resultados devido a certa sobrecarga do processamento tonal-temporal, especialmente em se tratando da delicada tarefa de reprodução temporal retrospectiva empregada (Zakay, 1990). Preferimos, então, escolher o design experimental mais simples e econômico que separa o objeto de pesquisa nos dois problemas constituição e assimetria tonais. De fato, considerando como referência o lado C-a-A-f#-F# do ciclo de terças menores, o percurso CaA corresponde estruturalmente à metade do percurso CAF#. Da mesma maneira, considerando como referência o lado C-G-D-A-E-B-F# do ciclo de quintas, o percurso CGDA corresponde estruturalmente à metade do percurso CAF#.

Um passo a mais pode ser dado nessa comparação prévia dos modelos *CFMP*, *TPS* e *FDE* normalizando suas escalas de distâncias intertonais para uma única escala comum a todos. Uma vez que o intuito é emprestar as escalas dos modelos *CFMP* e *TPS* para a formatação espacial do modelo *FDE*, por conveniência, a escala de 0 a 20 se mostra pertinente porque o modelo *FDE* representa equivalentemente as dimensões espacial e temporal ($S \equiv T$) acerca da duração física do estímulo musical modulatório em processamento (no caso, 20s), no seu componente memória operacional implícita (ver Firmino & Bueno, *no prelo*). Para a normalização, apenas a alternativa de inclusão do princípio do menor caminho é logicamente condizente devido à natureza essencialmente prototípica desse procedimento matemático. Assim, a escala do modelo *CFMP* (Tabela 8, coluna 1) sofreu quatro transformações matemáticas sucessivas: (1) todos os valores foram somados em 1, a fim de que o âmbito correlacional se transpusesse de -1 a 1 para 0 a 2; (2) todos os valores foram proporcionalmente ajustados do âmbito 0 a 2 para o âmbito 0 a 20; (3) todos os valores foram proporcionalmente invertidos do âmbito 0 a 20 para o âmbito 20 a 0, a fim de que a escala se re-orientasse de F#-C para C-F# (veja Tabela 9, coluna 1). Mais diretamente, a escala do modelo *TPS* (Tabela 8, coluna 2) precisou de apenas uma transformação matemática: todos os valores foram proporcionalmente ajustados do âmbito 0 a 30 para o âmbito 0 a 20 (veja Tabela 9, coluna 2).

Tabela 9. Comparação das escalas de distâncias intertonais dos modelos *CFMP* (Krumhansl, 1990) e *TPS* (Lerdahl, 2001) normalizadas para o âmbito de 0 a 20.

<i>CFMP</i>		<i>TPS</i>	
<i>tonalidades</i>	<i>valores</i>	<i>tonalidades</i>	<i>valores</i>
F#	20,000	F#	20,000
eb	19,655	Db	15,333
ab	17,920	ab	15,333
Db	17,825	B	15,333
B	17,825	c#	15,333
bb	16,661	eb	14,000
f#	16,269	bb	14,000
c#	15,425	f#	14,000
E	14,082	E	10,667
Ab	14,082	Ab	10,667
b	13,761	b	10,667
Eb	13,131	Eb	9,333
A	13,131	A	9,333
D	11,408	D	9,333
Bb	11,408	Bb	9,333
f	9,329	f	9,333
d	9,067	g	9,333
g	9,020	d	6,667
c	5,811	e	6,000
e	5,514	c	4,667
F	4,860	F	4,667
G	4,860	G	4,667
a	4,147	a	4,667
C	0,000	C	0,000

Neste ponto da análise comparativa entre modelos, faz-se necessária uma ligeira modificação de significado da notação para distâncias de Lerdahl (2001). Originalmente, as fórmulas $\delta(x \rightarrow y)$ e $\Delta(I \rightarrow R)$ se referem a operações através dos componentes do espaço básico (Figura 4). Em contraste, por conveniência deste trabalho, essas fórmulas passam a se referir a cálculos que usam estritamente os valores das escalas 0-20 da Tabela 9.

Assim, como era de se esperar, além do ganho em visualização, a normalização matemática não deformou as características das escalas dos modelos *CFMP* e *TPS*, isto é, ficaram preservadas as semelhanças, diferenças, empates e número de divisões das mesmas. Nessa visualização, um aspecto vale a pena de ser comentado: a penúltima tonalidade mais distante da série do modelo *TPS* possui a diferença notável de 4,667 em relação à última (i.e, 20 menos 15,333) ao passo que a penúltima tonalidade mais distante da série do modelo *CFMP* possui a diferença de apenas 0,345 em relação à última (i.e, 20 menos 19,655). Isso indica também que todos os demais valores do modelo *TPS* se distribuem abaixo do valor 15,333 da penúltima tonalidade. Essa característica somada àquela dos muitos empates revela o modelo *TPS* possuindo uma topografia unidimensional qualitativamente rarefeita. Em contraste, a característica espalhada e de poucos empates das distâncias tonais do modelo *CFMP* o revela possuindo topografia unidimensional qualitativamente densa. No entanto, cabe retomar que ambos os modelos apresentados em suas topografias toroidais possuem suas tonalidades locais em coordenadas diferentes entre si em relação à tônica referencial. Por fim, são esboçadas as seguintes previsões adicionais:

Devido ao princípio de menor caminho, estas escalas 0-20 dos modelos *CFMP* e *TPS* mantêm as previsões principais correspondentes anteriores, ou seja: para o problema constituição tonal, tem-se $\Delta(C \rightarrow A) = [\delta(C \rightarrow G) + \delta(G \rightarrow D) + \delta(D \rightarrow A)] = [\delta(C \rightarrow a) + \delta(a \rightarrow A)]$ resultando tempos subjetivos iguais entre si, e também, para o problema assimetria tonal, tem-se $[\Delta(C \rightarrow Gb) = \delta(C \rightarrow Eb) + \delta(Eb \rightarrow Gb)] = [\Delta(C \rightarrow F\#) = \delta(C \rightarrow A) + \delta(A \rightarrow F\#)]$ resultando tempos subjetivos iguais entre si.

A respeito do problema constituição tonal, sendo $[\Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{A})_{CFMP} = 13,131] > [\Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{A})_{TPS} = 9,333]$, os tempos subjetivos do modelo *CFMP* seriam menores que os do modelo *TPS*, independentemente se via ciclo de terças menores ou ciclo de quintas. Ao processar **CaA**, o modelo *TPS* possui $\delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{a}) = \delta(\mathbf{a}\rightarrow\mathbf{A}) = 4,667$, enquanto que o modelo *CFMP* possui $[\delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{a}) = 4,147] < [\delta(\mathbf{a}\rightarrow\mathbf{A}) = 13,131 - 4,147 = 8,984]$. Ademais, ao processar **CGDA**, o modelo *TPS* possui o valor para a tonalidade **D** (i.e., 9,333) igual ao valor para a tonalidade **A** (i.e., 9,333), enquanto que o modelo *CFMP* não, isto é, $[\delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{D}) = 11,408] \neq [\delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{A}) = 13,131]$.

A respeito do problema assimetria tonal, tal como mencionado, uma vez que os três modelos *CFMP*, *TPS* e *FDE* são simétricos, eles prediriam tempos subjetivos similarmente simétricos. Entretanto, caso experimentalmente seja verificada assimetria temporal, esses modelos deveriam ser modificados. Uma alternativa seria diferenciar proporcionalmente os lados do ciclo de quintas em termos de seus tamanhos totais, isto é, fazer $\Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{F\#}) > \Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{Gb})$ ou $\Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{F\#}) < \Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{Gb})$. No entanto, esta implementação implicaria em uma proliferação de escalas maiores/menores que 0-20 para os modelos *CFMP*, *TPS* e *FDE*, respectivas a cada um dos lados do ciclo de quintas, que complicaria imensamente as operações e comparações posteriores. Por esta razão, pareceu-nos mais simples diferenciar proporcionalmente os lados do ciclo de quintas em termos de suas medidas internas, isto é, manter $\Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{F\#}) = \Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{Gb})$, mas acrescentar progressivamente em cada um dos valores da escala 0-20 (para ambos modelos *CFMP* e *TPS*) um gradiente de assimetria. Além disso, a diferenciação dos lados deveria ocorrer especialmente nos valores empatados devido à simetria. Por exemplo, as tonalidades **G** e **F** possuem valores originalmente iguais nos dois modelos (veja Tabela 9). Se experimentalmente, o lado anti-horário se revelasse como maior que o lado horário – tal como indicam os resultados de Cuddy e Thompson (1992) – então o gradiente de assimetria deveria elevar o valor de **F** mais do que o de **G**, fazendo $\Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{F}) > \Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{G})$. Inversamente, se o lado horário se revelasse como maior que o lado anti-horário, então o gradiente de assimetria deveria elevar o valor de **G** mais do que o de **F**, fazendo $\Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{F}) < \Delta(\mathbf{C}\rightarrow\mathbf{G})$. Na prática, ainda sob

orientação da tônica referencial **C**, isto significa diferenciar as tonalidades que possuem bemóis (e.g., **F**, **d**, **Ab**, etc.) daquelas que possuem sustenidos (e.g., **G**, **e**, **g#**, etc.) em suas estruturas escalares diatônicas. Este procedimento deformaria simultaneamente o ciclo de terças menores de relativos e paralelos o tornando analogamente assimétrico a propósito de tonalidades com bemóis ou sustenidos. Logo, por fim, também a diferenciação $\Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{Eb}) > \Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{A})$ indicaria o lado anti-horário como maior que o lado horário do ciclo de quintas; em negativo, a propósito da diferenciação $\Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{Eb}) < \Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{A})$.

Com efeito, estas distinções peculiares implicam em processamentos do modelo *FDE* que remetem necessariamente a uma análise no nível da interação triádica de efeitos locais, desenvolvimentais e globais do modelo *FDE* as quais não foram consideradas ainda. Como mencionado antes, o critério referencial das previsões derivadas acima é o enunciado geral do modelo pelo qual modulações encurtam tempo de acordo com o inverso das distâncias. Após a descrição experimental, segue-se na seção “Discussão” a descrição do modelo *FDE* incrementado em função dos resultados empíricos e da conjugação teórica com os modelos *CFMP* e *TPS*.

MÉTODOS

Participantes

Participaram 85 universitários (homens = 31; mulheres = 54), entre 18 e 29 anos, da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto. Todos relataram possuir audição normal; nenhum relatou possuir treinamento musical.

Materiais

As características acústicas dos estímulos (20s) e do sinal sonoro de *feedback* (50ms) utilizadas no Experimento 2 são idênticas àquelas dos estímulos do Experimento 1 (página 52; Tabela 10).

Tabela 10. Progressões de acordes modulatórios utilizadas como estímulos do Experimento 2. A letra “n” indica a ordem do acorde. A letra “t” indica o instante do ataque (onset) do acordes.

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
Estímulo CC (não-modulação)																															
C:	<i>C</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>G</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>G</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>G</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>		
	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	vi	ii	V	I	iii	V	ii	V	I		
	origem				prolongamento										prolongamento																
Estímulo CEBGb (via lado anti-horário)																															
C:	<i>C</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>G</i>	<i>c</i>	<i>f</i>	<i>Bb</i>	<i>Eb</i>	<i>g</i>	<i>c</i>	<i>f</i>	<i>Bb</i>	<i>Eb</i>	<i>Bb</i>	<i>eb</i>	<i>ab</i>	<i>Db</i>	<i>Gb</i>	<i>bb</i>	<i>eb</i>	<i>ab</i>	<i>Db</i>	<i>Gb</i>		
	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	i	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	V	i	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I		
									Eb:	V/vi	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	Gb:	V	i	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	
	origem				prolongamento					1ª modulação					destino					2ª modulação					origem						
Estímulo CAF# (via lado horário)																															
C:	<i>C</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>f#</i>	<i>b</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>c#</i>	<i>f#</i>	<i>b</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>c#</i>	<i>d#</i>	<i>g#</i>	<i>C#</i>	<i>F#</i>	<i>a#</i>	<i>d#</i>	<i>g#</i>	<i>C#</i>	<i>F#</i>		
	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I		
									Ab:	v	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	F#:	v	vi	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	
	origem				prolongamento					1ª modulação					destino					2ª modulação					origem						
Estímulo CGDA (via ciclo de quintas)																															
C:	<i>C</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>D</i>	<i>G</i>	<i>a</i>	<i>D</i>	<i>G</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>e</i>	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>f#</i>	<i>b</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>E</i>	<i>A</i>		
	I	vi	ii	V	I	ii	V	I	iii	ii	V	I	ii	V	I	iii	ii	V	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	ii	V	I	
								G:	vi	ii	V	I	ii	V	I	D:	iii	ii	V	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	ii	V	I
	origem				prolongamento				1ª modulação				intermediária			2ª modulação				intermediária			3ª modulação				destino				
Estímulo CaA (via ciclo de terças menores)																															
C:	<i>C</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>E</i>	<i>a</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>d</i>	<i>E</i>	<i>a</i>	<i>C</i>	<i>G</i>	<i>b</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>c#</i>	<i>f#</i>	<i>b</i>	<i>E</i>	<i>A</i>		
	I	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	iii	i	iv	V	i	III	VI	iv	V	I	III	VII	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I		
									a:	v	i	iv	V	i	A:	III	VII	ii	V	I	bIII	bVII	ii	V	I	iii	vi	ii	V	I	
	origem				prolongamento					1ª modulação					intermediária					2ª modulação					destino						
<i>t</i>	0,000	0,689	1,378	2,067	2,756	3,445	4,134	4,823	5,512	6,201	6,891	7,580	8,269	8,958	9,647	10,336	11,025	11,714	12,403	13,092	13,781	14,470	15,159	15,848	16,537	17,226	17,915	18,604	19,293		

O estímulo **CC** (não-modulação) possuiu os quatro primeiros acordes definindo a tonalidade **C** (ANEXO 1). Os acordes 5 a 29 prolongaram a tonalidade **C**. O estímulo **CEbGb** (via lado anti-horário) possuiu os quatro primeiros acordes definindo a tonalidade origem **C**. Os acordes 5 a 9 prolongaram a tonalidade **C**. Os acordes 10 a 14 modularam para a tonalidade intermediária **Eb**. Os acordes 15 a 19 estabeleceram a tonalidade **Eb**. Os acordes 20 a 24 modularam para a tonalidade destino distante **Gb**. Os acordes 25 a 29 estabeleceram a tonalidade **Gb**. A direção tonal percorrida foi a do lado anti-horário ou descendente do ciclo de quintas. A tonalidade **Eb** é equidistante das tonalidades **C** e **Gb**. O estímulo **CAF#** (via lado horário) possuiu os quatro primeiros acordes definindo a tonalidade origem **C**. Os acordes 5 a 9 prolongaram a tonalidade **C**. Os acordes 10 a 14 modularam para a tonalidade intermediária **A**. Os acordes 15 a 19 estabeleceram a tonalidade **A**. Os acordes 20 a 24 modularam para a tonalidade destino distante **F#**. Os acordes 25 a 29 estabeleceram a tonalidade **F#**. A direção tonal percorrida foi a do lado horário ou ascendente do ciclo de quintas. A tonalidade **A** é equidistante das tonalidades **C** e **F#**. Os nove primeiros (1-9) acordes dos estímulos **CEbGb** e **CAF#** foram acusticamente idênticos. Os nove últimos (21-29) dos estímulos **CEbGb** e **CAF#** foram acusticamente idênticos. O estímulo **CGDA** (via ciclo de quintas) possuiu os cinco primeiros acordes definindo a tonalidade origem **C**. Os acordes 6 a 8 prolongaram a tonalidade **C**. Os acordes 9 a 12 modularam para a primeira tonalidade intermediária **G**. Os acordes 13 a 15 estabeleceram a tonalidade **G**. Os acordes 16 a 19 modularam para a segunda tonalidade intermediária **D**. Os acordes 20 a 22 estabeleceram a tonalidade **D**. Os acordes 23 a 26 modularam para a tonalidade destino **A**. Os acordes 27 a 29 estabeleceram a tonalidade **A**. O estímulo **CaA** (via ciclo de terças menores) possuiu os quatro primeiros acordes definindo a tonalidade origem **C**. Os acordes 5 a 9 prolongaram a tonalidade **C**. Os acordes 10 a 14 modularam para a tonalidade intermediária **a**. Os acordes 15 a 19 estabeleceram a tonalidade **a**. Os acordes 20 a 24 modularam para a tonalidade destino **A**. Os acordes 25 a 29 estabeleceram a tonalidade **A**.

Equipamentos

Foram utilizados os mesmos equipamentos descritos no Experimento 1.

Procedimento

Foram empregados os mesmos procedimentos descritos no Experimento 1. Um único ponto foi diferente: a duração média entre o término do estímulo e o início da estimação temporal (i.e., tempo de resposta) foi de 27,710s.

RESULTADOS

A Tabela 11 mostra médias e desvios padrões de reproduções temporais retrospectivas para cada grupo de participantes relativo às progressões modulatórias CC, CEbGb, CAF#, CGDA e CaA. As estimações temporais do grupo CEbGb foram menores que as estimações temporais do grupo CAF#. As estimações temporais do grupo CaA foram menores que as estimações temporais do grupo CGDA. As estimações temporais dos grupos CEbGb, CAF#, CGDA e CaA foram menores que as estimações temporais do grupo CC. Esses efeitos foram significativamente confirmados pela ANOVA e pela análise *post hoc* através do teste de Duncan, $F(4, 80) = 13,332$ $p < 0,05$ (MSE = 183,701).

Tabela 11. Médias e desvios padrões de reproduções temporais retrospectivas para cinco seqüências de acordes modulatórias (20s).

<i>Estímulos</i>	<i>Reproduções Temporais (s)</i>	
	<i>Médias</i>	<i>Desvios Padrões</i>
CC _{não-modulação}	26,482	4,846
CEbGb _{via lado anti-horário}	17,890	3,145
CAF# _{via lado horário}	22,304	3,210
CGDA _{via ciclo de quintas}	22,713	2,466
CaA _{via ciclo de terças menores}	19,579	4,372

DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que modulações tonais via ciclo de terças (i.e., relativos e paralelos) eliciam estimações temporais menores que modulações tonais via ciclo de quintas, e também que modulações tonais via lado anti-horário do ciclo de quintas eliciam estimações temporais menores que modulações tonais via lado horário do ciclo de quintas.

O fato de modulações tonais encurtarem o tempo subjetivo quando comparado ao controle sem modulação não confirma as predições dos modelos tamanho de armazenamento (Ornstein, 1969) e atencional (Hicks, Miller, Gaes, & Bierman, 1976). Segundo tais modelos, se músicas modulatórias implicam em maior complexidade ou quantidade de informação de memória ou de atenção que músicas não modulatórias, então, suas estimações temporais deveriam ser correspondentemente maiores. Contudo, isso não elimina a possibilidade de processos de memória e atenção participarem do processo subjacente a esses dados de outra maneira.

O modelo contraste (Boltz, 1989; Schmuckler & Boltz, 1994) traz elementos teóricos que sugerem potencial explicativo ao predizer o enunciado de que eventos percebidos antes do esperado encurtam o tempo, uma vez que as estimações encontradas para modulações foram menores que as do controle. Para tanto, o termo evento deve se referir a tonalidade e, então, o enunciado se torna: tonalidades percebidas antes do esperado encurtam o tempo. Apesar de Boltz (1994) e Schmuckler e Boltz (1994) encontrarem bases empíricas para o modelo contraste respectivamente a propósito dos níveis de tons e acordes da estrutura musical tonal, eles não mencionaram nada a respeito do nível de tonalidades. Nesse ponto, embora não seja um modelo de tempo subjetivo e sim de hierarquia tonal, o modelo MUSACT (Bharucha, 1987), com o enunciado de que tonalidades distantes são pouco prováveis ou remotamente esperadas, pode complementar o modelo contraste. Essa aproximação dos modelos contraste e MUSACT foi feita por Firmino e Bueno (*no prelo*) e a subsequente formulação teórica torna-se: tonalidades distantes são remotamente esperadas e, se elas ocorrem antes do esperado, encurtam o tempo subjetivo. Entretanto, nem quando combinados os

enunciados desses modelos, a formulação contempla os efeitos de modulações gradativas sobre estimações temporais. Somente um componente teórico que expresse a dinâmica espaço-temporal de tonalidades da música tonal poderia explicar os vários tipos de modulação.

O modelo *FDE* de Firmino e Bueno (*no prelo*) propõe que, na escuta de músicas modulatórias, o tempo esperado (armazenado na memória semântica) parece maior que o tempo percebido (armazenado na memória operacional implícita). Se for necessário fazer uma duração através de reprodução temporal, então ela deve ser analogamente curta. Quando uma distância tonal longa ou curta é percorrida, uma expectativa respectivamente maior ou menor para a chegada da tonalidade destino ocorre. Dependendo da maneira pela qual a modulação se desdobra, súbita ou gradativa, esse momento final parecerá mais ou menos antecipado, e assim, a subestimação será maior ou menor, respectivamente. A implementação matemática do modelo *FDE*, ao quantificar esse princípio dinâmico, apresenta também uma representação geométrica espaço-temporal do mesmo, a partir da qual são desenvolvidas as operações. Assim, o modelo *FDE* prevê estimções temporais para modulações tonais para frente ou reversas, súbitas ou gradativas, para tonalidades próximas ou distantes (veja Firmino & Bueno, *no prelo*; veja também Introdução e Capítulo 1). Contudo, porque essa formulação do modelo se restringe ao processamento de tonalidades maiores ao redor do ciclo de quintas, ele não contempla especificamente os dados deste trabalho que indicam efeitos psicológicos concernentes a tonalidades menores e assimetrias.

Uma contribuição valiosa nesta direção pode vir dos modelos *CFMP* de Krumhansl (1990; Krumhansl & Kessler, 1982) e *TPS* de Lerdahl (1988; 2001). Ambos são representações espaciais de todas as 24 tonalidades maiores e menores em configuração geométrica toroidal. No modelo *CFMP*, as distâncias intertonais provieram de perfis tonais (i.e., estimativas de hierarquia tonal) submetidos a escalonamento multidimensional. No modelo *TPS*, os espaços de altura provieram de operações algébricas de constructos tonais (e.g., escala diatônica, ciclo de quintas, etc.). Esses modelos espaciais de relacionamento tonal dizem respeito a um esquema cognitivo internalizado na mente de pessoas que escutaram por muito tempo músicas tonais tradicionais ocidentais. Os

modelos *CFMP* e *TPS* receberam direta e indiretamente tanto confirmações empíricas (Krumhansl, 1990; 2000; Krumhansl & Lerdahl, 2007), quanto neuroanatômicas e neurofisiológicas (Janata et al, 2002), quanto a partir de modelagens via redes neurais artificiais auto-organizáveis (Griffith, 1994, 1995; Krumhansl e Toiviainen, 2003; Leman, 1995; Tillmann et al, 2000). Desse modo, as medidas intertonais dos modelos *CFMP* e *TPS* se revelam consistentes e matematicamente passíveis para formatação do eixo espacial do modelo *FDE* que, por sua vez, o torna capaz de representar espaço-temporalmente todas as tonalidades, bem como de prever estimações temporais para tonalidades menores, adicionalmente.

Na introdução deste Capítulo 2, foram derivadas varias predições teóricas alternativas a partir dos modelos *CFMP* e *TPS* quando conjugados com o modelo *FDE* para explicação das estimações temporais relativas aos problemas constituição e assimetrias tonais. Uma vez que modulações via ciclo de terças encurtam mais o tempo subjetivo do que modulações via ciclo de quintas, constata-se a implausibilidade da desconsideração do princípio do menor caminho prescrita pelo modelo *TPS*. Esta alternativa erroneamente afirma o maior encurtamento do tempo devido a modulações via ciclo de quintas que modulações via ciclo de terças porque seria $\Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{A})_{\text{CGDA}} > \Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{A})_{\text{CaA}}$.

Contudo, também, a inclusão do princípio do menor caminho – preferencialmente admitida pelo modelo *TPS* e intrínseca ao modelo *CFMP* – faz $\Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{A})_{\text{CGDA}} = \Delta(\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{A})_{\text{CaA}}$ e, por sua vez, faz com que os tempos subjetivos correspondentes sejam previstos como iguais entre si. Isso sugere que deve haver, ainda, mais um fator envolvido no processamento tonal-temporal além das distâncias espaciais. Originalmente, o modelo *FDE* possui em sua infra-estrutura uma espécie de “analisador” de efeitos locais, globais e desenvolvimentais a propósito de expectativas e tempos virtuais (veja Firmino & Bueno, *no prelo*; veja também Parte 3 da Introdução desta tese de doutorado). O efeito local diz respeito ao efeito da penúltima tonalidade sobre a última. O efeito global diz respeito ao efeito da primeira tonalidade sobre a última. O efeito desenvolvimental diz respeito ao efeito do acúmulo de expectativas locais evocadas ao longo de todo percurso espaço-temporal tonal. Um exame desse analisador de efeitos permite mostrar como uma tonalidade destino

relativamente distante da tonalidade intermediária faz evocar um efeito local grande o suficiente para encurtar contundentemente o tempo subjetivo. Assim, o modelo *CFMP*, porque possui a distância $\Delta(a \rightarrow A)$ no percurso tonal *CaA* muito maior que a distância $\Delta(D \rightarrow A)$ no percurso *CGDA*, gera com o modelo *FDE* um efeito local muito maior para o primeiro do que para o segundo. Por conseguinte, o tempo subjetivo *CaA* é previsto como menor que o tempo subjetivo *CGDA*, replicando os resultados experimentais. O encurtamento temporal maior para o percurso *CaA* também é obtido com o modelo *TPS*, mas devido a outras causas: o fato do modelo *TPS* possuir a igualdade $\Delta(C \rightarrow D) = \Delta(C \rightarrow A)$ (veja Tabela 9, coluna 2) faz com que no modelo *FDE* o processamento do percurso tonal *CDGA* evoque, por um lado, um efeito local pequeno, mas por outro, um efeito desenvolvimental grande, ambos quando comparados ao processamento de *CaA*.

Cuddy e Thompson (1992) encontraram assimetrias espaciais do ciclo de quintas em que o lado anti-horário parece ser maior que o lado horário. O presente trabalho observou que modulações tonais via lado anti-horário encurta o tempo subjetivo mais do que modulações tonais via lado horário. Em uma primeira instância interpretativa, se é retomado o princípio geral do modelo *FDE* de que modulações tonais encurtam o tempo subjetivo em função inversa à distância intertonal, é possível afirmar que o lado anti-horário, sendo uma viagem por uma distância maior que aquela do lado horário, induz, inversamente, um tempo subjetivo menor. A comparação $\Delta(C \rightarrow Gb) > \Delta(C \rightarrow F\#)$ condiria a esse enunciado *a priori*. Entretanto, tal como foi explicado antes (na Introdução deste Capítulo 2), a fim de se evitar complicações matemáticas, a alternativa de alteração dos valores da escala 0-20 dos modelos *CFMP* e *TPS* através de um gradiente de assimetria pareceu mais apropriada. Desse modo, a comparação $\Delta(C \rightarrow Eb) > \Delta(C \rightarrow A)$ condiria ao mesmo enunciado *a posteriori*.

Com o estabelecimento dos enunciados acima concernentes aos problemas constituição e assimetria tonais, emerge um dilema sob os pontos de vista lógico e psicológico. A primeira afirmação de que uma maior distância entre as tonalidades intermediária e destino induz um tempo subjetivo menor que uma menor distância entre ambas – devido aos diferentes efeitos locais –

aparentemente contradiz a segunda afirmação de que modulações via lado anti-horário induz tempos subjetivos menores que modulações via lado horário do ciclo de quintas. Por exemplo, de acordo com a primeira afirmação, uma vez que a relação $\Delta(C \rightarrow Eb) > \Delta(C \rightarrow A)$ implica também a relação $\Delta(A \rightarrow F\#) > \Delta(Eb \rightarrow Gb)$, ou seja, a distância entre a tonalidade intermediária A e a tonalidade destino F# é maior que a distância entre a tonalidade intermediária Eb e a tonalidade destino Gb, o percurso tonal CAF# deveria, então, induzir um tempo subjetivo menor que o percurso tonal CEBGb. De fato, isso contrasta tanto a segunda afirmação quanto os resultados encontrados. Logo, deve existir ainda um outro fator psicológico articulando esses dois processos.

Esse fator se mostra relacionado ao papel das tonalidades intermediárias em modulações tonais. O modelo *FDE* possui em sua construção o viés de que quanto mais a tonalidade intermediária é distante da tonalidade destino, mais acentuado fica o efeito local e, conseqüentemente, mais o tempo subjetivo é encurtado no final do processamento. Assim, o novo fator deve ser um que balanceie ou pondere esse efeito de encurtamento devido ao efeito local. Para tanto, uma possibilidade que atende a isso é a suposição de que tonalidades intermediárias mantenham uma certa influência significativa até o final do percurso tonal, ainda que outras tonalidades intermediárias ou a própria tonalidade destino já tenham sido alcançadas. O modelo MUSACT de Bharucha (1987) mostra que, no mesmo instante de um percurso tonal, a unidade neural mais ativa da rede representa a indução da tonalidade principal do trecho. Contudo, outras unidades neurais monotonicamente menos ativas também representam outras tonalidades transientes harmonicamente relacionadas. Esse suposto processo psicológico pode ser denominado de *efeito medial*. De acordo com ele, quanto mais as tonalidades intermediárias são próximas da tonalidade destino, mais acentuado fica o efeito medial e, conseqüentemente, mais o tempo subjetivo é encurtado no final do processamento. Esse efeito medial participa ao lado dos outros três efeitos local, global e desenvolvimental da dinâmica interativa de expectativas e tempos virtuais correspondentes do modelo *FDE*. Portanto, esse analisador de efeitos mais elaborado com o efeito

medial é crucial para a interpretação dos fenômenos envolvidos e é formalmente discutido na seção “Modelo Fração de Desenvolvimento Esperado (incrementado)”.

Um último ponto merece ser comentado a respeito dos dados do presente trabalho. Apesar das estimações temporais confirmarem o padrão geral de predições do modelo *FDE* – considerando inclusive os novos incrementos processuais sugeridos (i.e., tonalidades menores, assimetria, efeito medial, etc.) – o experimento realizado mostra adicionalmente ocasionais superestimções temporais (acima de 20s). Superestimções similares ocorreram também no Experimento 1 descrito no Capítulo 1. Em contraste, Firmino e Bueno (*no prelo*) encontraram anteriormente padrões de subestimções temporais que fundamentam o modelo *FDE* na direção do enunciado de que modulações tonais eliciam subestimções temporais em função inversa a distâncias intertonais com impacto maior para modulações gradativas.

O que pode ajudar a explicar essa aparente disparidade é a identificação do único aspecto metodológico ou procedimental que difere os Experimentos 1 e 2 desta tese de doutorado daquele de Firmino e Bueno (*no prelo*): o tempo de resposta. O tempo de resposta é o tempo entre o término do estímulo e o início da reprodução temporal retrospectiva, que corresponde ao tempo decorrido pela instrução dada pelo experimentador acerca da tarefa de estimação. No experimento de Firmino e Bueno (*no prelo*) esse tempo durou 71,931s. Nos Experimentos 1 e 2 os tempos de resposta duraram 27,501s e 27,710s, respectivamente. Essa redução de mais de 40s se deve ao encurtamento significativo da instrução do experimentador. Muito provavelmente esse deva ser o fator que causou aquelas superestimções temporais ocasionais.

Nossa suposição se baseia em fatores atencionais e em tipos diferentes de memórias operacionais. No paradigma retrospectivo com estímulo musical, a atenção se direciona principalmente para os aspectos não-temporais durante a escuta. No questionário adicional preenchido ao término de experimento, a grande maioria dos participantes relatou não ter prestado atenção alguma no tempo ou elementos dele. Diferentemente, os participantes relataram que, para reproduzir o tempo da música escutada, eles “cantaram mentalmente”, “tentaram repetir, imaginar,

tocar, ouvir a música na cabeça”, “tentaram retomar os segmentos, repetições, etc.”, e outros relatos similares. Em outras palavras, a atenção aos aspectos temporais é incidental e a atenção para os aspectos não-temporais é intencional. Os aspectos não-temporais que mais demandam atenção são, por um lado, os aspectos estruturais da própria música estimulatória – no caso, especialmente as distâncias intertonais e os tipos de modulações de natureza não-verbal e não-visual – e, por outro lado, aqueles previstos pelo modelo mudança contextual de Block e Reed (1978). Os aspectos contextuais consistem nos inevitáveis acontecimentos ambientais e internos à pessoa de natureza verbal e visual. Uma minoria de participantes relatou que “tentou lembrar do que tinha feito, para onde olhou, ou pensado, durante a escuta da música”. A condição experimental imposta pressupõe uma distribuição homogênea desses acontecimentos. O modelo mudança contextual prediz que o aumento da quantidade de mudança contextual elicia superestimções temporais.

Por sua vez, esses dois tipos de informações não-temporais são armazenados na memória operacional (Zakay & Block, 2004). Baddeley (1974; 1986; 2006) propôs o modelo multicomponente da memória operacional. O componente que processa informação acústica (seja linguagem verbal ou música) é denominado de alça fonológica (*phonological loop*) e o componente que processa informações visuais e espaciais é denominado bloco-de-rascunhos visuoespacial (*visuospatial sketchpad*). O modelo multicomponente (inclusive a alça fonológica) se expressa explicitamente, ou seja, é possível falar sobre aquilo que se lembra e é de curto prazo (veja também Schacter & Tulving, 1994). Em contraste, o modelo *FDE* propõe um tipo de memória operacional com expressão implícita porque tanto o estímulo (i.e., músicas modulatórias) quanto a resposta (i.e., reproduções temporais) são não-verbais, e porque supostamente se mantém ativa apenas durante a curta ocasião de teste (Firmino & Bueno, *no prelo*; veja também Berz, 1995). Enfim, a sugestão deste trabalho é a de que, por um lado, a informação não-temporal verbal e visual seja armazenada pelo modelo multicomponente e, por outro, a informação não-temporal não-verbal e não-visual seja armazenada pela memória operacional implícita do modelo *FDE*. Uma vez que o estímulo musical apresentado é supostamente mais saliente à percepção do que qualquer outro acontecimento

contextual, é plausível também sugerir que as informações na memória operacional implícita do modelo *FDE* se esvançam mais lentamente que aquelas no modelo multicomponente.

Desse modo, as superestimções temporais ocasionais mencionadas acima poderiam ser explicadas através da seguinte abordagem contextualística: se a estimção temporal é solicitada recentemente (tempo de resposta curto), ela recebe forte impacto tanto da memória operacional implícita do modelo *FDE* quanto do modelo multicomponente. Isso resulta em estimção menor relativa ao controle e superestimção relativa aos 20s físicos do estímulo. Se a estimção temporal é solicitada remotamente (tempo de resposta longo), ela recebe forte impacto da memória operacional implícita do modelo *FDE*, mas recebe um menor impacto do modelo multicomponente, devido à degradação mais rápida das reservas cognitivas deste último. Em palavras simples, o sujeito esquece o que fez ou pensou durante a escuta da música, mas ainda lembra da música que escutou. Isto resulta em estimção menor relativa ao controle e aos 20s físicos do estímulo. Por fim, se a estimção temporal é solicitada muito mais remotamente (tempo de resposta muito longo), ela recebe fraco impacto da memória operacional implícita do modelo *FDE* e do modelo multicomponente, devido à degradação das reservas cognitivas de ambas. Em palavras simples, o sujeito esquece tanto o que fez ou pensou durante a escuta da música como também da própria música que escutou. Isso resulta em alta variabilidade estatística das estimções temporais. Essa abordagem contextualística está sendo examinada em um estudo paralelo a esta tese de doutorado.

MODELO FRAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO ESPERADO (INCREMENTADO)

Especificamente, esta seção descreve a implementação matemática do modelo *FDE* em conformidade aos processos cognitivos musicais e temporais discutidos acima, isto é, descreve a inclusão dos processamentos de tonalidades menores, de assimetria e do efeito medial em sua arquitetura lógica de representação espaço-temporal das tonalidades. Um resumo a respeito dos

fundamentos psicológicos e das operações matemáticas originais do modelo *FDE* se encontra na Parte 3 da Introdução desta tese de doutorado (para mais detalhes, veja Firmino & Bueno, *no prelo*).

As medidas de distâncias intertonais do modelo *CFMP* de Krumhansl (1990; Krumhansl & Kessler, 1982) e as medidas de espaços de alturas do modelo *TPS* de Lerdahl (1988; 2001) a propósito da cognição das 24 tonalidades maiores e menores se revelam pertinentes para a formatação do eixo espacial do modelo *FDE*. Essas medidas estão listadas na Tabela 9. Contudo, elas devem sofrer modificações para contemplar também as assimetrias do ciclo de quintas encontradas por Cuddy e Thompson (1992) e pela presente tese de doutorado. A implementação sugerida é a adição cumulativa de um *gradiente de assimetria* em cada um dos valores de distâncias da tonalidade mais próxima para a mais distante dos modelos *CFMP* e *TPS*. O pressuposto implícito nessa dilatação assimétrica é o de que quanto mais distante é uma determinada tonalidade local da tonalidade referencial global, progressivamente mais distante essa tonalidade local é da tonalidade local adjacente abaixo na escala. O gradiente é uma fração percentual do âmbito escalar total do eixo espacial do modelo *FDE*. Esse âmbito escalar depende da duração representada no componente memória operacional implícita do modelo *FDE* a propósito do estímulo musical modulatório em processamento. Assim, o gradiente g é calculado da seguinte maneira:

$$g = (S \cdot perc) / 100 \quad \text{Equação 1,}$$

onde S é o âmbito escalar e $perc$ é o valor em porcentagem atribuído arbitrariamente de acordo com a magnitude desejada para dilatação assimétrica do eixo S .

Por sua vez, cada valor de distância é sucessivamente somado a uma, duas, três, ... vezes o gradiente g , da tonalidade mais próxima à mais afastada. Sob a referência da tonalidade **C**, as tonalidades do lado anti-horário ou horário do ciclo de quintas são, respectivamente, diferenciadas a partir do critério da presença de bemóis ou sustenidos de suas correspondentes escalas diatônicas. Mais precisamente, os empates entre tonalidades originalmente simétricas são diferenciados em

favor da tonalidade do lado anti-horário, recebendo a adição de um gradiente g a mais que a tonalidade do lado horário. Além disso, uma vez que a tonalidade a não se posiciona em nenhum dos lados do ciclo de quintas, mas junto da tonalidade C (veja Figura 1a), particularmente no modelo TPS , o valor de distância atribuído a ela deve ser diferenciado daqueles atribuídos a G , F e c (Tabela 9, coluna 2), considerando-a inclusive como a mais próxima de C . No modelo $CFMP$, esta diferenciação – de origem empírica – já existe (Tabela 9, coluna 1). Desse modo, em ambos os modelos $CFMP$ e TPS , o valor para a é somado em um $1g$, o valor para G é somado em $2g$ e o valor para F é somado em $3g$. Esse procedimento matemático de diferenciação assimétrica se sucede até que a última tonalidade $F\#$ seja diferenciada.

Depois de várias tentativas anteriores, o percentual *perc* que se mostrou mais pertinente para a dilatação assimétrica do eixo S do modelo FDE foi a magnitude de 50% que, por conseguinte, implicou em $g = (20 \cdot 50) / 100 = 10$. Assim, a Tabela 12 apresenta os valores dos modelos $CFMP$ e TPS somados cada um com 10, 20, 30, ... , de acordo com as diretrizes acima, até que $F\#$ seja alcançada.

Tabela 12. Comparação das escalas de distâncias intertonais dos modelos *CFMP* (Krumhansl, 1990) e *TPS* (Lerdahl, 2001) diferenciadas assimetricamente (*perc* = 50%; *g* = 10).

<i>CFMP</i>		<i>TPS</i>	
<i>tonalidades</i>	<i>valores</i>	<i>tonalidades</i>	<i>valores</i>
F#	250,000	F#	160,000
eb	239,655	ab	145,333
ab	227,920	Db	145,333
Db	217,825	B	135,333
B	207,825	c#	135,333
bb	196,661	eb	124,000
f#	186,269	bb	124,000
c#	175,425	f#	114,000
Ab	164,082	Ab	100,667
E	154,082	E	90,667
b	143,761	b	90,667
Eb	133,131	Bb	79,333
A	123,131	f	79,333
Bb	111,408	g	79,333
D	101,408	Eb	79,333
f	89,329	A	69,333
d	79,067	D	69,333
g	69,020	d	56,667
c	55,811	e	46,000
e	45,514	c	34,667
F	34,860	F	34,667
G	24,860	G	24,667
a	14,147	a	14,667
C	0,000	C	0,000

Porque a escala do modelo *CFMP* possui muitos pontos (ou divisões, devido aos poucos empates), a tonalidade mais distante F# recebeu, ao final do procedimento, 23 acréscimos do gradiente *g*; em contraste, porque a escala do modelo *TPS* possui poucos pontos, F# recebeu 14 acréscimos de *g*. Assim, o âmbito escalar do modelo *CFMP* se tornou 0-250 e o âmbito escalar do modelo *TPS* se tornou 0-160. Novamente, uma vez que o modelo *FDE* espelha as características espaço-temporais do estímulo musical modulatório na memória operacional implícita, as escalas concernentes aos modelos *CFMP* e *TPS* devem ser normalizadas para o âmbito 0-20. A Tabela 13 apresenta essas escalas normalizadas.

Tabela 13. Medidas de distâncias intertonais dos modelos *CFMP* (Krumhansl, 1990) e *TPS* (Lerdahl, 2001) contendo assimetria do ciclo de quintas, para formatação do eixo espacial do modelo *FDE* (âmbito escalar 0-20).

<i>CFMP</i>		<i>TPS</i>	
<i>tonalidades</i>	<i>valores</i>	<i>tonalidades</i>	<i>valores</i>
F#	20,000	F#	20,000
eb	19,172	ab	18,167
ab	18,234	Db	18,167
Db	17,426	B	16,917
B	16,626	c#	16,917
bb	15,733	eb	15,500
f#	14,901	bb	15,500
c#	14,034	f#	14,250
Ab	13,127	Ab	12,583
E	12,327	E	11,333
b	11,501	b	11,333
Eb	10,651	Bb	9,917
A	9,851	f	9,917
Bb	8,913	g	9,917
D	8,113	Eb	9,917
f	7,146	A	8,667
d	6,325	D	8,667
g	5,522	d	7,083
c	4,465	e	5,750
e	3,641	c	4,333
F	2,789	F	4,333
G	1,989	G	3,083
a	1,132	a	1,833
C	0,000	C	0,000

Essas são as medidas emprestadas dos modelos *CFMP* e *TPS* já assimetricamente ajustadas para formatação do eixo espacial *S* do modelo *FDE*. A diferenciação assimétrica faz com que a escala do modelo *CFMP* não possua mais empates. Similarmente, a escala do modelo *TPS* passa a ter menos empates. Além disso, os valores de ambas as escalas ficam mais espalhados dentro do âmbito 0-20. O ponto crítico e de interesse especial que demonstra a assimetria do eixo *S* alcançada é a comparação das distâncias a respeito de *Eb* e *A*. No modelo *CFMP*, a diferença [$\Delta(C \rightarrow Eb) = 10,651$] - [$\Delta(C \rightarrow A) = 9,851$] é de 0,800; no modelo *TPS*, a diferença [$\Delta(C \rightarrow Eb) = 9,917$] - [$\Delta(C \rightarrow A) = 8,667$] é de 1,250 (Tabela 13). Por fim, cabe destacar que a diferenciação assimétrica, ao dilatar o ciclo de quintas, simultaneamente dilatou também o ciclo de terças menores.

Na seção Discussão do Capítulo 2 (página 78), foi apontado o dilema lógico entre o enunciado acerca da influência da distância entre as tonalidades intermediária e destino e o enunciado da influência da assimetria tonal. Por um lado, quanto mais distante é a tonalidade intermediária da tonalidade destino, maior será o efeito local e, por isso, menor será o tempo subjetivo. Por outro lado, o lado anti-horário encurta mais o tempo subjetivo que o lado horário do ciclo de quintas. O dilema surge, por exemplo, a partir do exemplo $\Delta(A \rightarrow F\#) > \Delta(Eb \rightarrow Gb)$ o qual tanto determina que, conforme a assimetria, o tempo subjetivo *CEbGb* seja menor que o tempo subjetivo *CAF#*, quanto determina que, conforme a distância intermediária, o tempo subjetivo *CAF#* seja menor que o tempo subjetivo *CEbGb*. Por essa razão, foi sugerida a mediação do denominado *efeito medial* que representa a manutenção cognitiva da influência conjunta de tonalidades intermediárias até o fim do percurso tonal, mesmo que a tonalidade destino já tenha sido alcançada. O exame da Figura 10 auxilia a entender a interação dos efeitos local e medial juntamente com os outros efeitos desenvolvimental e global.

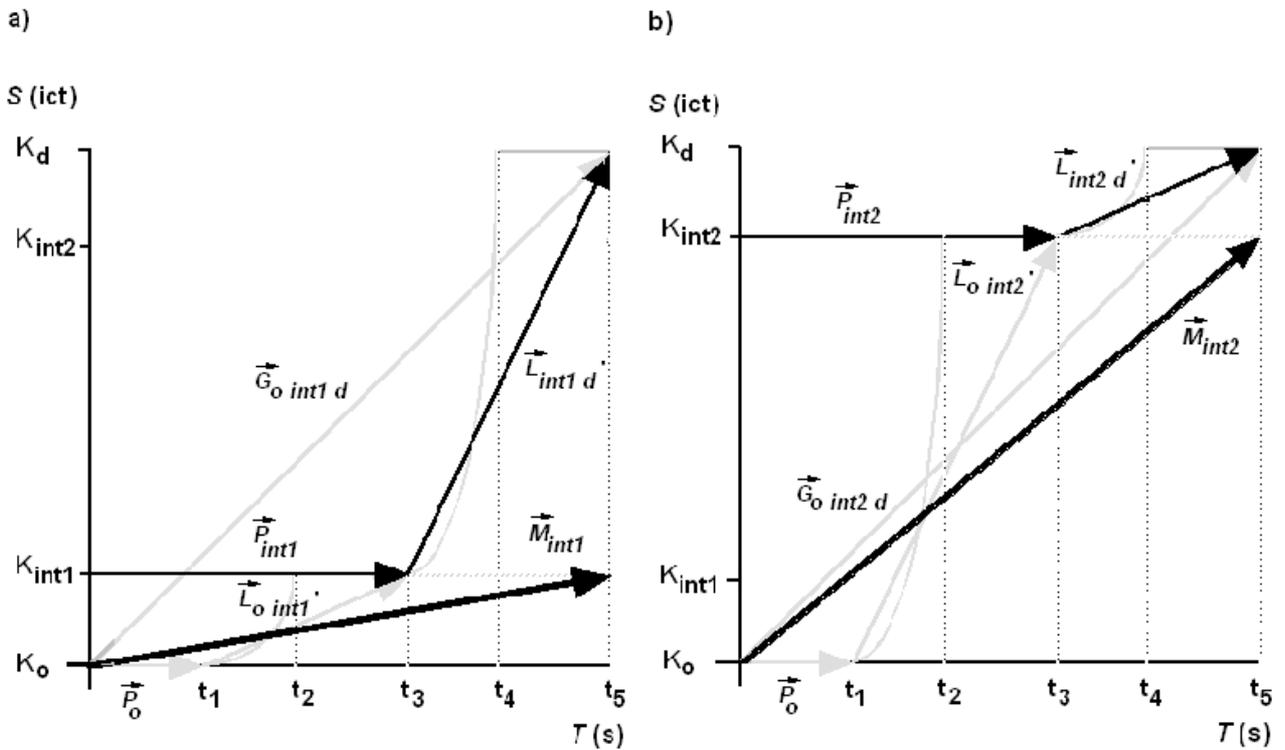


Figura 10. Analisador de efeitos do modelo *FDE*. Em a), a soma linear dos vetores P_{int1} e L_{int1d} indica um efeito local grande e o vetor M_{int1} indica um efeito medial pequeno. Em b), a soma linear dos vetores P_{int2} e L_{int2d} indica um efeito local pequeno e o vetor M_{int2} indica um efeito medial grande. Detalhes a respeito desses e dos demais vetores indicados encontram-se no texto e na Parte 3 da Introdução desta tese de doutorado.

A Figura 10 representa o processamento espaço-temporal de estímulos musicais contendo as modulações tonais $K_0K_{int1}K_d$ [em a)] e $K_0K_{int2}K_d$ [em b)]. A implementação do efeito medial é feita através do vetor medial M . Na Figura 10a, o vetor M_{int1} possui sua origem em $(0, 0)$ e sua extremidade em $(K_{int1}-K_0, t_5)$. Ele é relativamente pequeno porque a tonalidade intermediária K_{int1} é distante da tonalidade destino K_d (ou próxima da tonalidade origem K_0). Na Figura 10b, o vetor M_{int2} possui sua origem em $(0, 0)$ e sua extremidade em $(K_{int2}-K_0, t_5)$. Ele é relativamente grande porque a tonalidade intermediária K_{int2} é próxima da tonalidade destino K_d (ou distante da tonalidade origem K_0). Inversamente, na Figura 10a, a soma linear dos vetores $|P_{int1}|$ e $|L_{int1d}'|$ indica um efeito local grande (K_{int1} é distante de K_d); mas, na Figura 10b, a soma linear dos vetores $|P_{int2}|$ e $|L_{int2d}'|$ indica um efeito local pequeno (K_{int2} é próxima de K_d). Os vetores globais $|G_{oint1d}|$ (Figura 10a) e $|G_{oint2d}|$ (Figura 10b) são iguais, indicando efeitos globais iguais. Também, a soma linear dos vetores $|P_o|$, $|L_{oint1}|$ e $|L_{int1d}'|$ é aproximadamente igual à soma dos vetores $|P_o|$, $|L_{oint2}|$ e $|L_{int2d}'|$, indicando efeitos desenvolvimentais muito semelhantes.

Entretanto, a partir de um exame prévio desses efeitos através de valores numéricos explicitados, verificou-se que o papel do efeito local entre os demais efeitos foi majoritário. Na interação, ou seja, na média aritmética para cálculo da expectativa resultante (complexo memória operacional implícita e expectativa, CMOIE), bem como na média geométrica para cálculo do tempo virtual resultante (memória semântica, SM), mesmo considerando o efeito medial em contraposição ao efeito local, esse último foi plenamente determinante, encurtando o tempo subjetivo para $K_0K_{int1}K_d$ mais que para $K_0K_{int2}K_d$. Houve necessidade, então, de balancear através de pesos os efeitos local, medial, global e desenvolvimental. Por isso, a computação da expectativa resultante E_{res} é feita através da média aritmética ponderada:

$$E_{res} = [(E_{loc} \cdot a_{loc}) + (E_{glo} \cdot a_{glo}) + (E_{dev} \cdot a_{dev}) + (E_{med} \cdot a_{med})] / (a_{loc} + a_{glo} + a_{dev} + a_{med}) \quad \text{Equação 2,}$$

onde E_{loc} , E_{glo} , E_{dev} e E_{med} são respectivamente as expectativas local, global, desenvolvimental e medial, e a_{loc} , a_{glo} , a_{dev} e a_{med} seus pesos correspondentes. Analogamente, a computação do tempo virtual resultante na memória semântica T_{SM} foi feita através da média geométrica ponderada:

$$T_{SM} = (T_{loc}^{b_{loc}} \cdot T_{glo}^{b_{glo}} \cdot T_{dev}^{b_{dev}} \cdot T_{med}^{b_{med}})^{1/(b_{loc} + b_{glo} + b_{dev} + b_{med})} \quad \text{Equação 3,}$$

onde T_{loc} , T_{glo} , T_{dev} e T_{med} são respectivamente os tempos virtuais local, global, desenvolvimental e medial, e b_{loc} , b_{glo} , b_{dev} e b_{med} seus pesos correspondentes. A prática de várias tentativas prévias revelou: os pesos aritméticos $a_{loc} = 1,2$; $a_{glo} = 4,5$; $a_{dev} = 0,5$; e $a_{med} = 3,8$; bem como os pesos geométricos $b_{loc} = 1,5$; $b_{glo} = 4,0$; $b_{dev} = 1,0$; e $b_{med} = 3,5$. Para as duas médias, a escolha desses pesos se baseou em alguns critérios: (1) convenção de que a soma dos pesos deveria resultar 10; (2) maximização do efeito medial na medida que minimizasse o efeito local (soma = 5); (2) maximização do efeito global na medida que minimizasse o efeito desenvolvimental (dependente de efeitos locais; soma = 5); (3) favorecimento das previsões via medidas dos modelos *CFMP* e *TPS* na direção dos resultados empíricos encontrados.

Para os casos de várias modulações intermediárias, tal como o exemplo do estímulo *CGDA* deste trabalho, a implementação do efeito medial é feita através do *vetor medial resultante* de natureza cognitiva mais abstrata que consiste da média harmônica dos módulos dos vetores mediais das tonalidades intermediárias transientes (seja para o cálculo de expectativa, seja para o cálculo de tempo virtual). Assim, dado um percurso tonal com as sucessivas tonalidades $K_0 - K_{int1} - K_{int2} - K_{int3} - \dots - K_{intn} - K_d$, o efeito medial resultante M_{res} é computado da seguinte maneira:

$$|M_{res}| = n / [(1 / |M_{int1}|) + (1 / |M_{int2}|) + (1 / |M_{int3}|) + \dots + (1 / |M_{intn}|)] \quad \text{Equação 4,}$$

onde n é o número de tonalidades intermediárias e $|M_{int1}|$, $|M_{int2}|$, $|M_{int3}|$, ... $|M_{intn}|$ são os valores de cada vetor medial transiente. A Figura 10 apresenta em a) e b) dois casos particulares dessa regra

mais geral nos quais há somente uma tonalidade intermediária envolvida. A razoabilidade da proposta da média harmônica se fundamenta na necessidade teórica de discriminar os processos psicológicos componentes do modelo *FDE* entre si, ou seja, a média aritmética relativa a expectativa, a média geométrica relativa a tempo virtual, e a média harmônica relativa a efeito medial (Firmino & Bueno, *no prelo*).

Com o intuito de se exemplificar o alcance teórico do modelo *FDE*, quatro tipos de simulações são exploradas:

(1) Modulações súbitas para frente progressivamente distantes no lado anti-horário do ciclo de quintas: CF, CBb, CEb, CAb, CDb e CGb. A grade métrica e a forma de distribuição do material harmônico são as mesmas utilizadas para os estímulos CF e CGb de Firmino e Bueno (*no prelo*).

(2) Modulações gradativas reversas progressivamente distantes no lado anti-horário do ciclo de quintas: CFC, CBbC, CEbC, CAbC, CDbC e CGbC. A grade métrica e a forma de distribuição de material harmônico são as mesmas utilizadas para os estímulos CFC e CGbC do Experimento 1 deste trabalho.

(3) Modulações gradativas para frente em que as tonalidades origem e destino são sempre as extremas C e F#, mas as tonalidades intermediárias progridem através do lado horário do ciclo de quintas exceto uma (anti-horária): CGF#, CDF#, CAF#, CEbGb, CDF# e CBF#. A grade métrica e a forma de distribuição de material harmônico são as mesmas utilizadas para os estímulos CEbGb e CAF# do Experimento 2 deste trabalho.

(4) Modulações gradativas para frente, uma via ciclo de quintas, CGDA, e outra via ciclo de terças menores, CaA. A grade métrica e a forma de distribuição de material harmônico são as mesmas utilizadas para os estímulos CGDA e CaA do Experimento 2 deste trabalho.

Em resumo, essas simulações permitem mostrar o processamento do modelo *FDE* a propósito de modulações súbita e gradativa, para-frente e reversa, para tonalidades maiores e menores e via ciclos assimétricos de quintas e terças menores. Elas exibem a dinâmica interativa concernente aos efeitos local, global, desenvolvimental e medial para tempos virtuais. Como a computação das

expectativas é análoga à computação dos tempos virtuais, elas não estão apresentadas (para detalhes da mesma, veja Firmino & Bueno, *no prelo*). Além disso, as simulações são feitas em duas versões, a saber, segundo as formatações do eixo *S* pelas medidas do modelo *CFMP* de Krumhansl (1990) e do modelo *TPS* de Lerdahl (2001).

As Figuras 11-21 seguintes dizem respeito às representações dos percursos tonais espaço-temporais e às evocações de expectativas vetoriais do modelo *FDE* (à esquerda, formatação *CFMP*; à direita, formatação *TPS*) a propósito dos estímulos *CC*, *CF*, *CFC*, *CGbC*, *CEbGb*, *CAF#*, *CGDA* e *CaA* utilizados pela presente tese de doutorado e por Firmino e Bueno (*no prelo*) e também a propósito dos estímulos *CGF#* e *CBF#*. Elas são representativas dos tipos de simulações (1), (2), (3) e (4) mencionados acima. Os vetores mediais estão destacados em preto.

CC

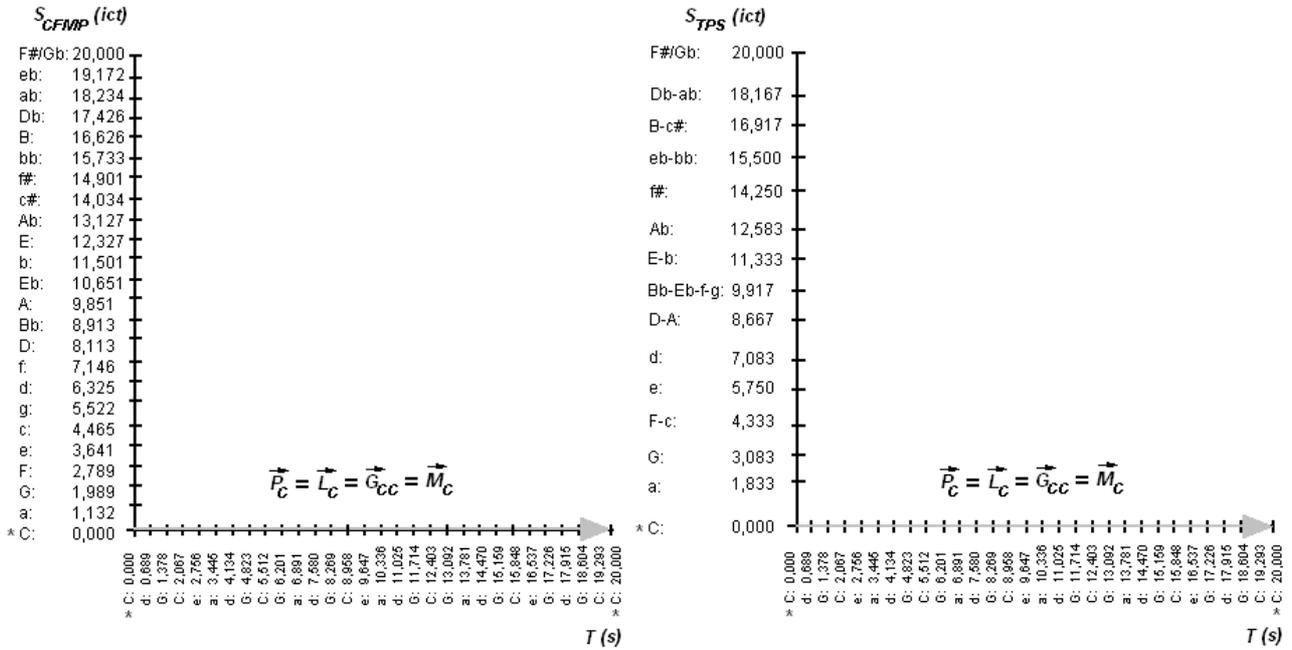


Figura 11. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CC (à esquerda, formatação CFMP; à direita, formatação TPS).

CF

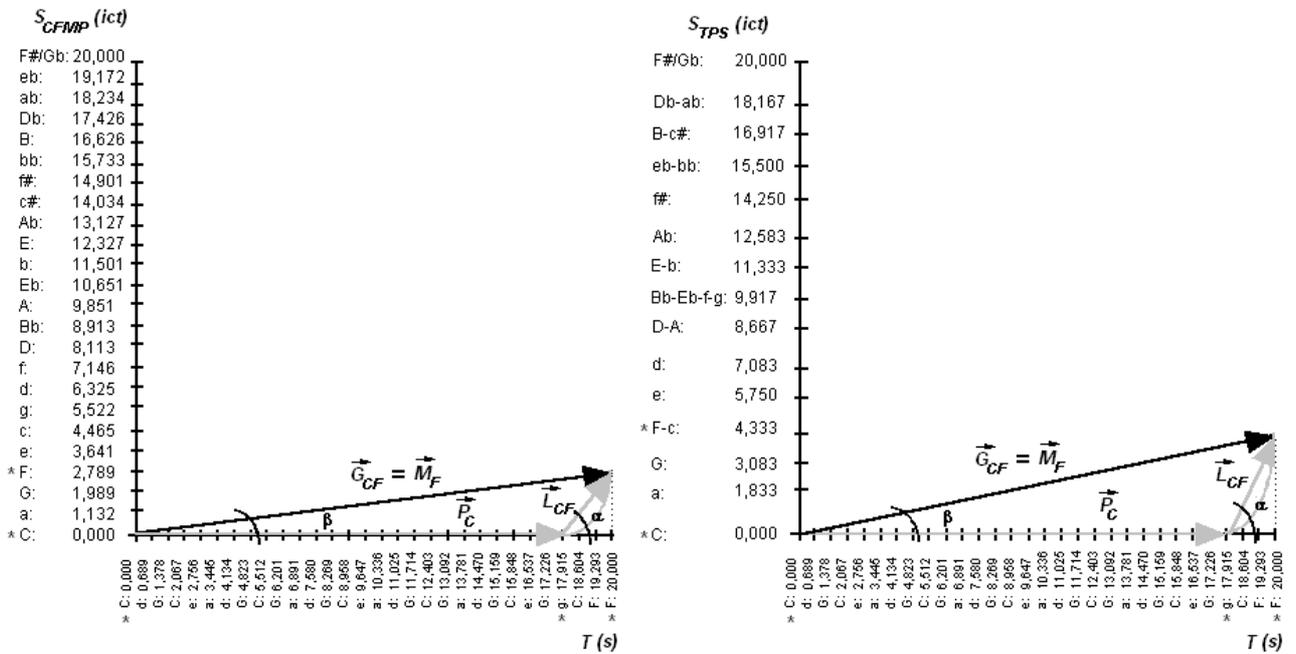


Figura 12. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CF (à esquerda, formação *CFMP*; à direita, formação *TPS*).

CGb

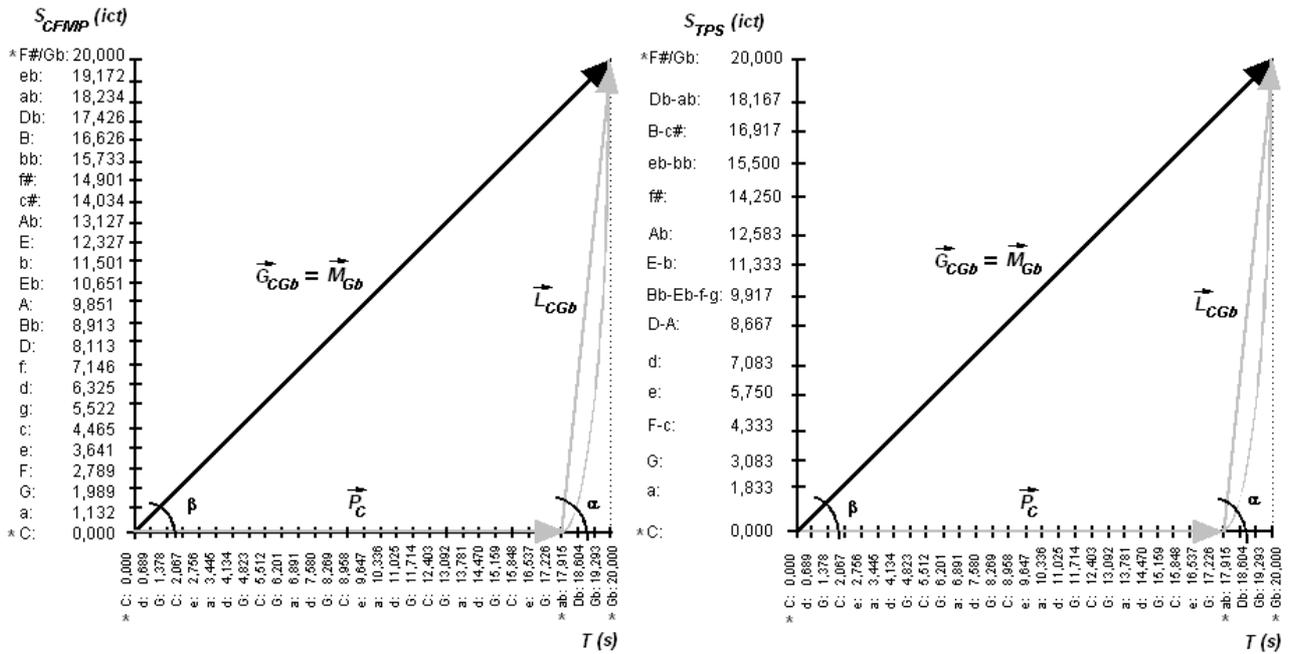


Figura 13. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CGb (à esquerda, formação CFMP; à direita, formação TPS).

CFC

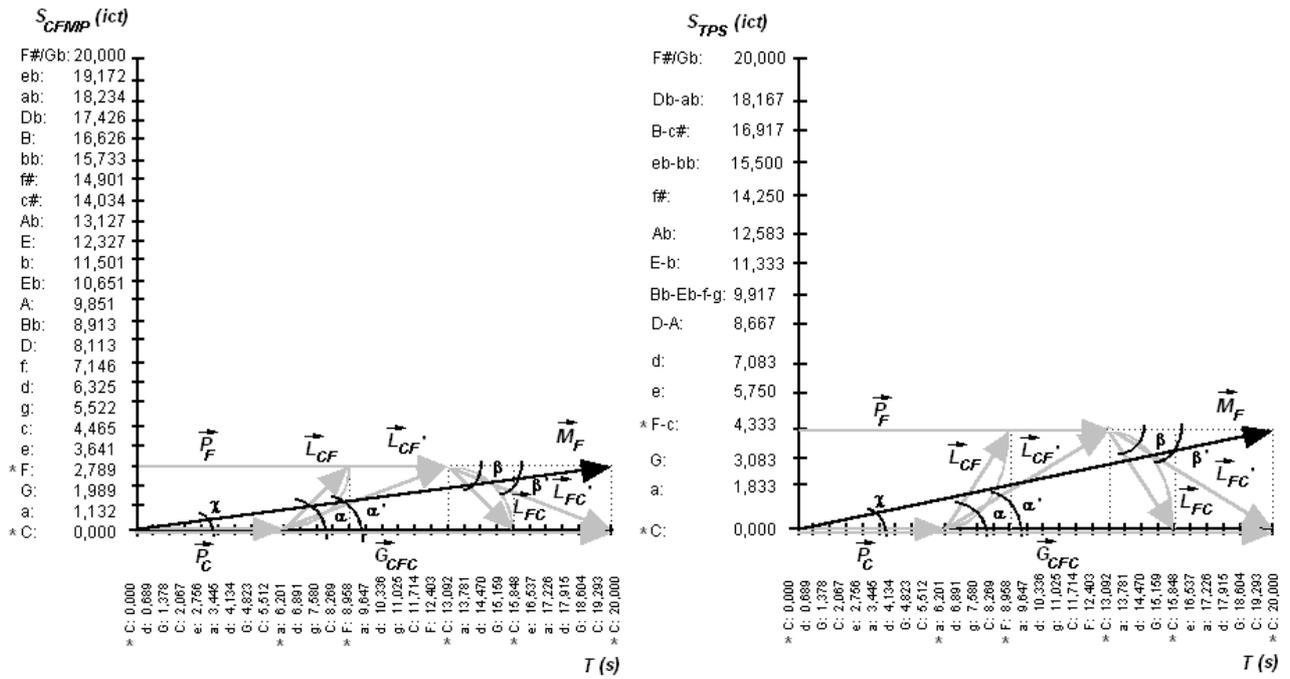


Figura 14. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CFC (à esquerda, formação CFMP; à direita, formação TPS).

CGbC

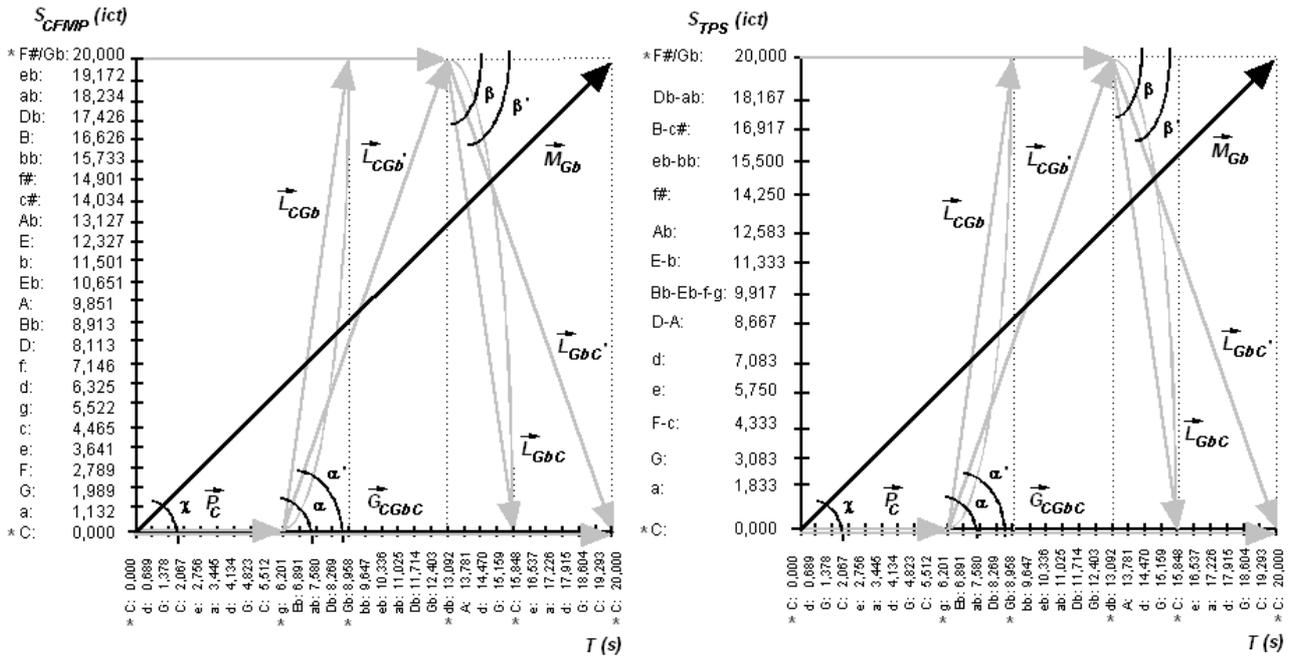


Figura 15. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CGbC (à esquerda, formação CFMP; à direita, formação TPS).

CEbGb

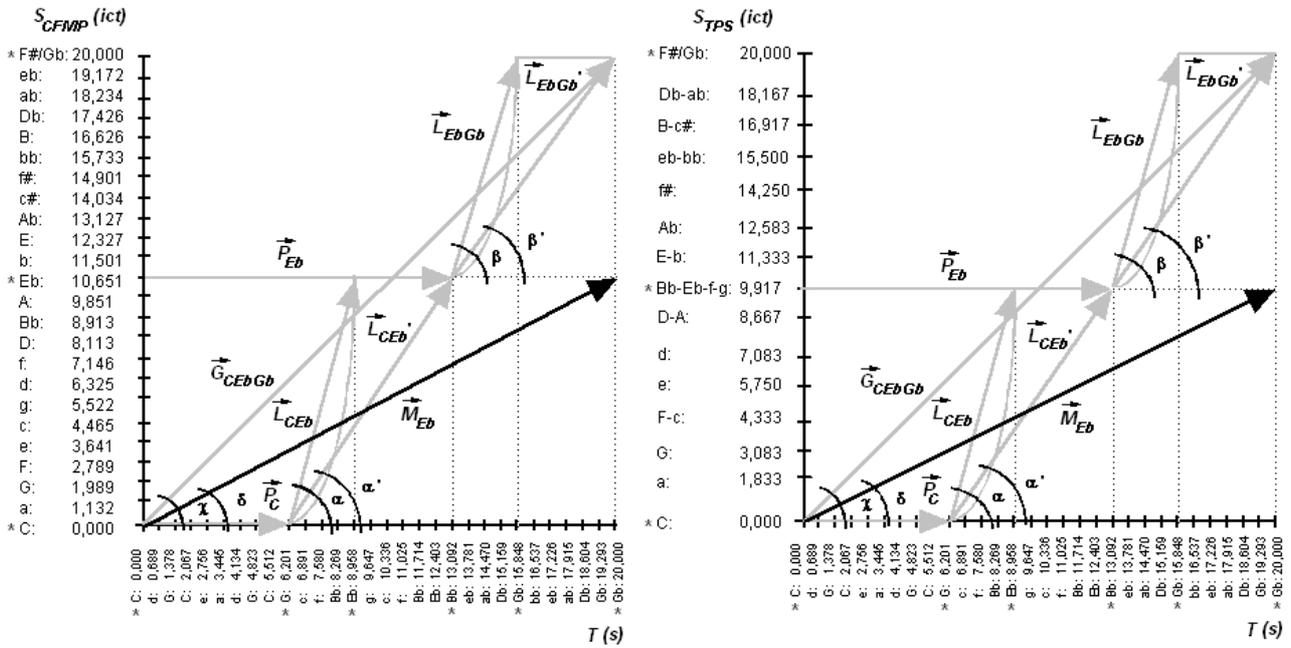


Figura 16. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CEBGb (à esquerda, formatação CFMP; à direita, formatação TPS).

CAF#

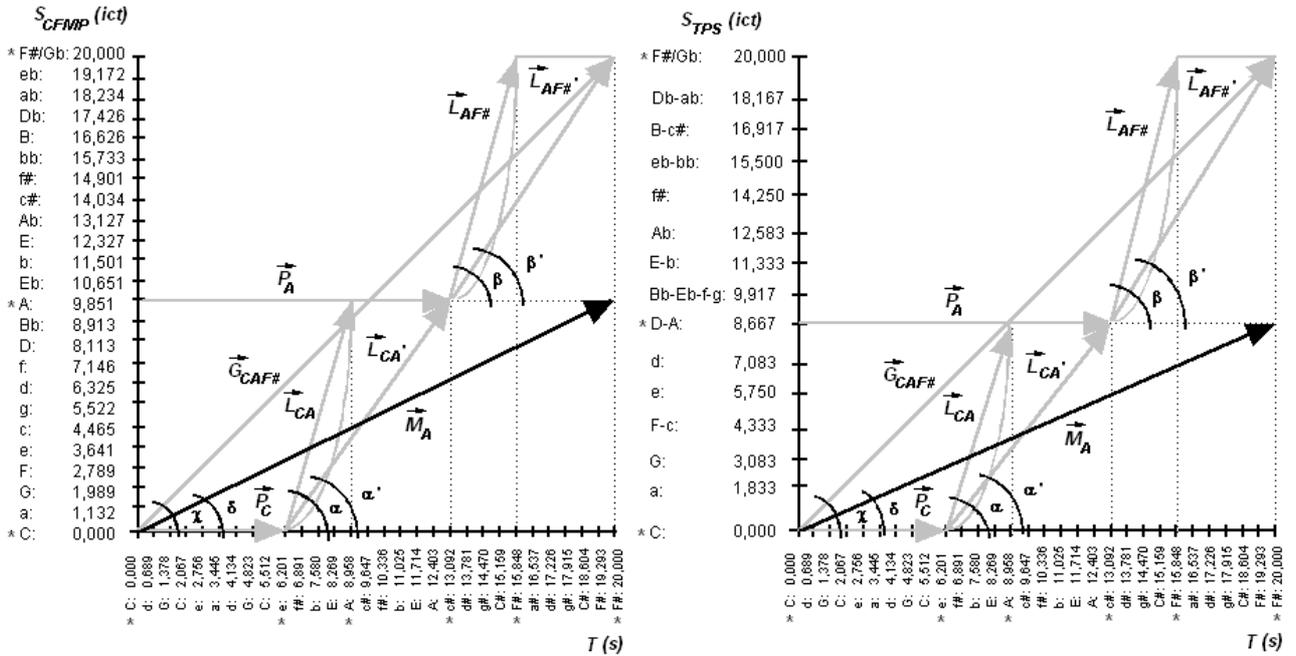


Figura 17. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CAF# (à esquerda, formação CFMP; à direita, formação TPS).

CGDA

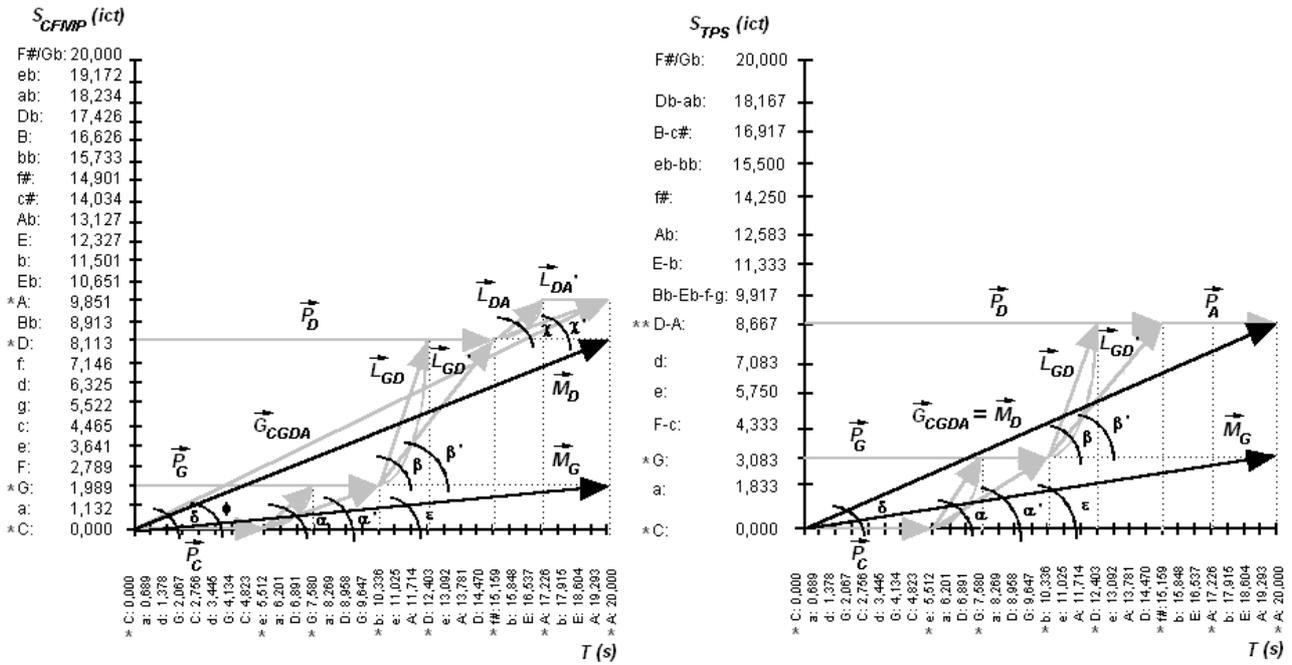


Figura 18. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CGDA (à esquerda, formação CFMP; à direita, formação TPS).

CaA

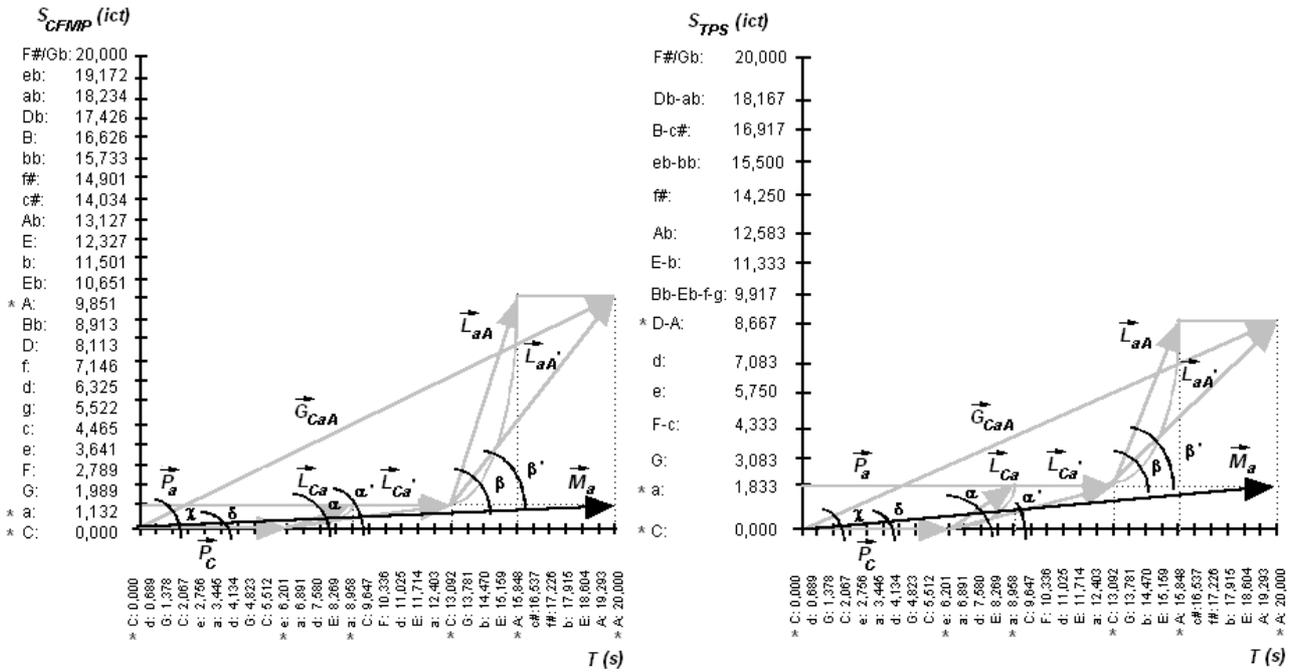


Figura 19. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CaA (à esquerda, formação CFMP; à direita, formação TPS).

CGF#

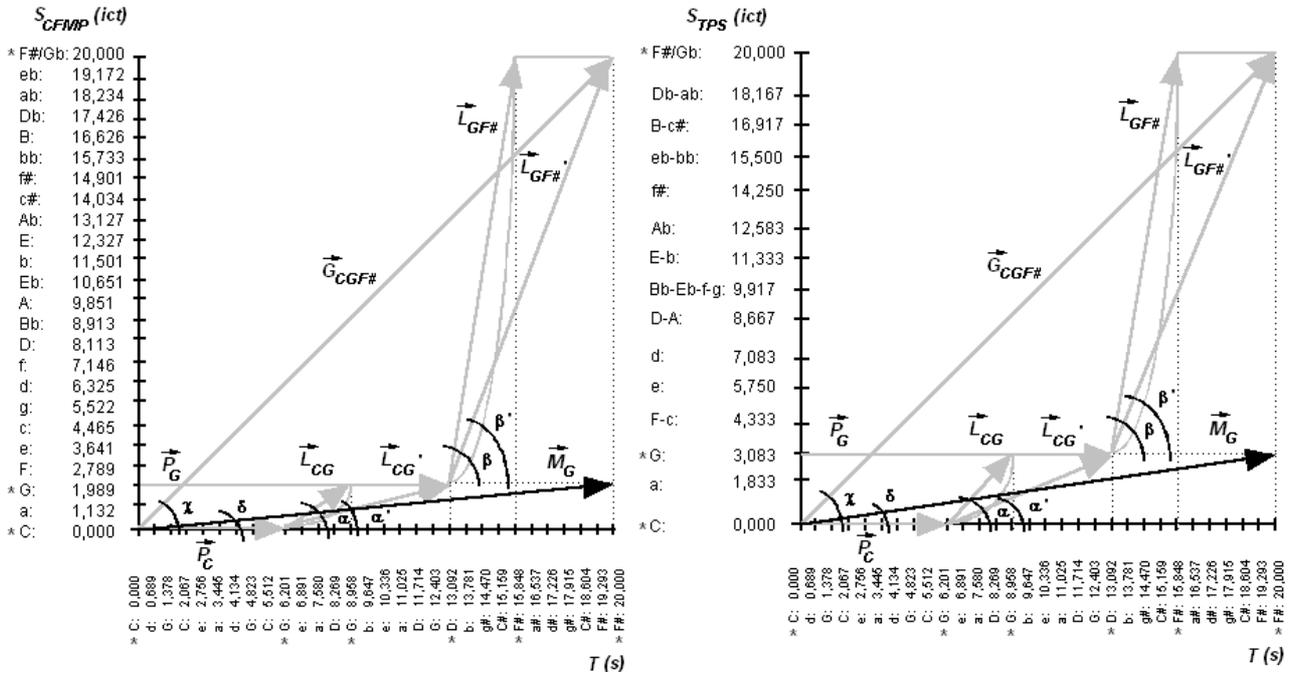


Figura 20. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CGF# (à esquerda, formação CFMP; à direita, formação TPS).

CBF#

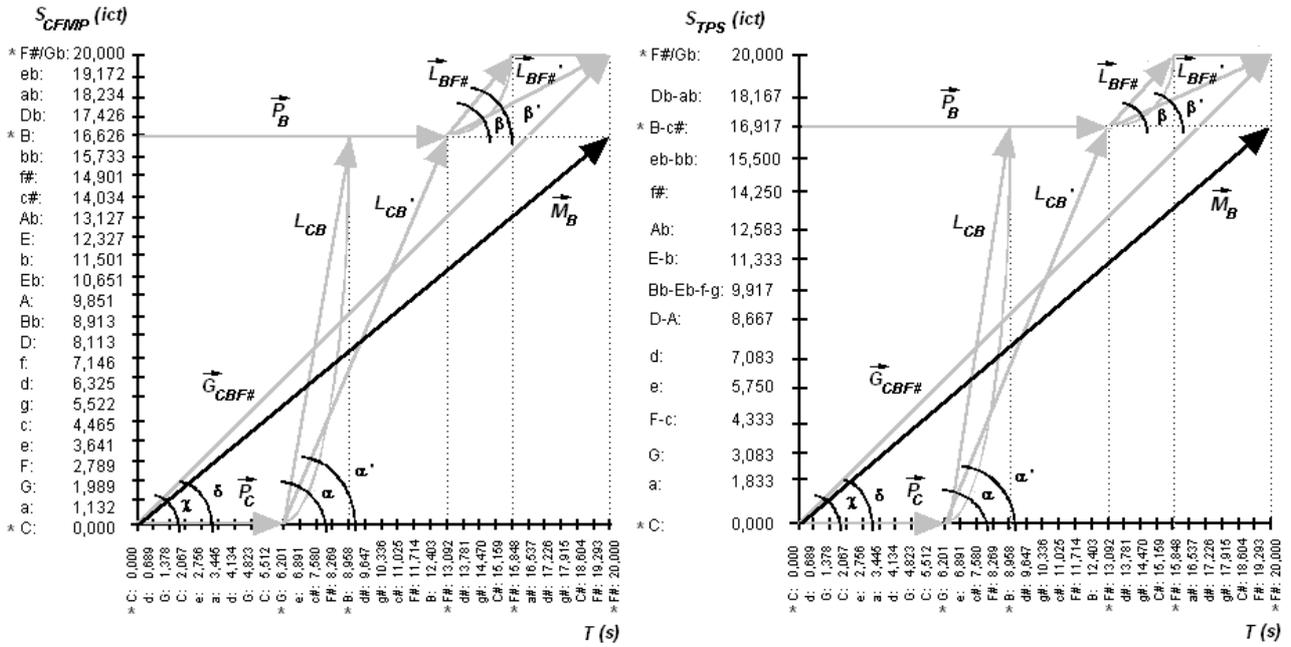


Figura 21. Percurso espaço-temporal tonal e vetores de expectativa induzidos pelo estímulo CBF# (à esquerda, formatação CFMP; à direita, formatação TPS).

As Figuras 22-25 seguintes dizem respeito aos tempos virtuais local, global, desenvolvimental, medial e resultante emergentes na memória semântica (acima) bem como às correspondentes estimacões temporais (abaixo) a propósito dos tipos de simulações (1), (2), (3) e (4) mencionados acima (página 95) considerando todos os estímulos indicados (à esquerda, segundo a formatação *CFMP*; à direita, segundo a formatação *TPS*).

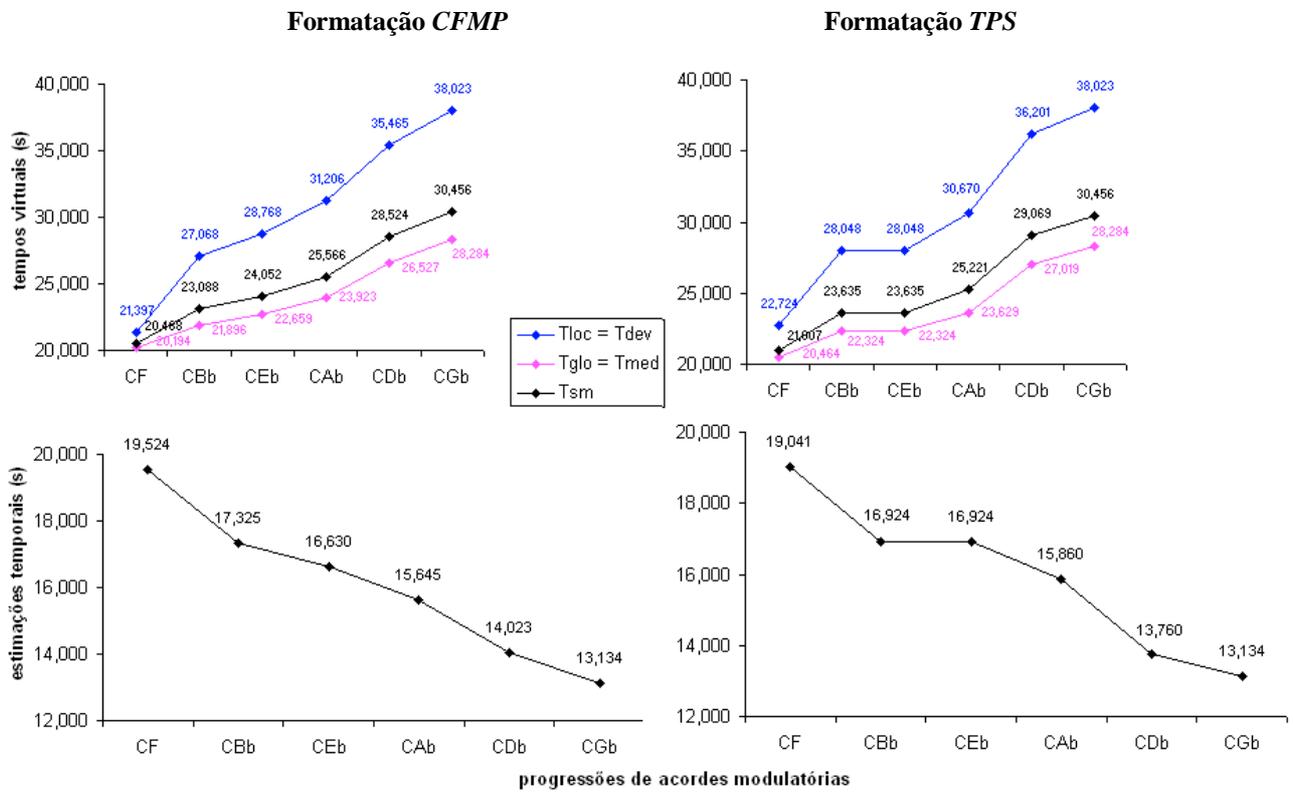


Figura 22. Simulações das modulações súbitas para frente progressivamente distantes no lado anti-horário do ciclo de quintas.

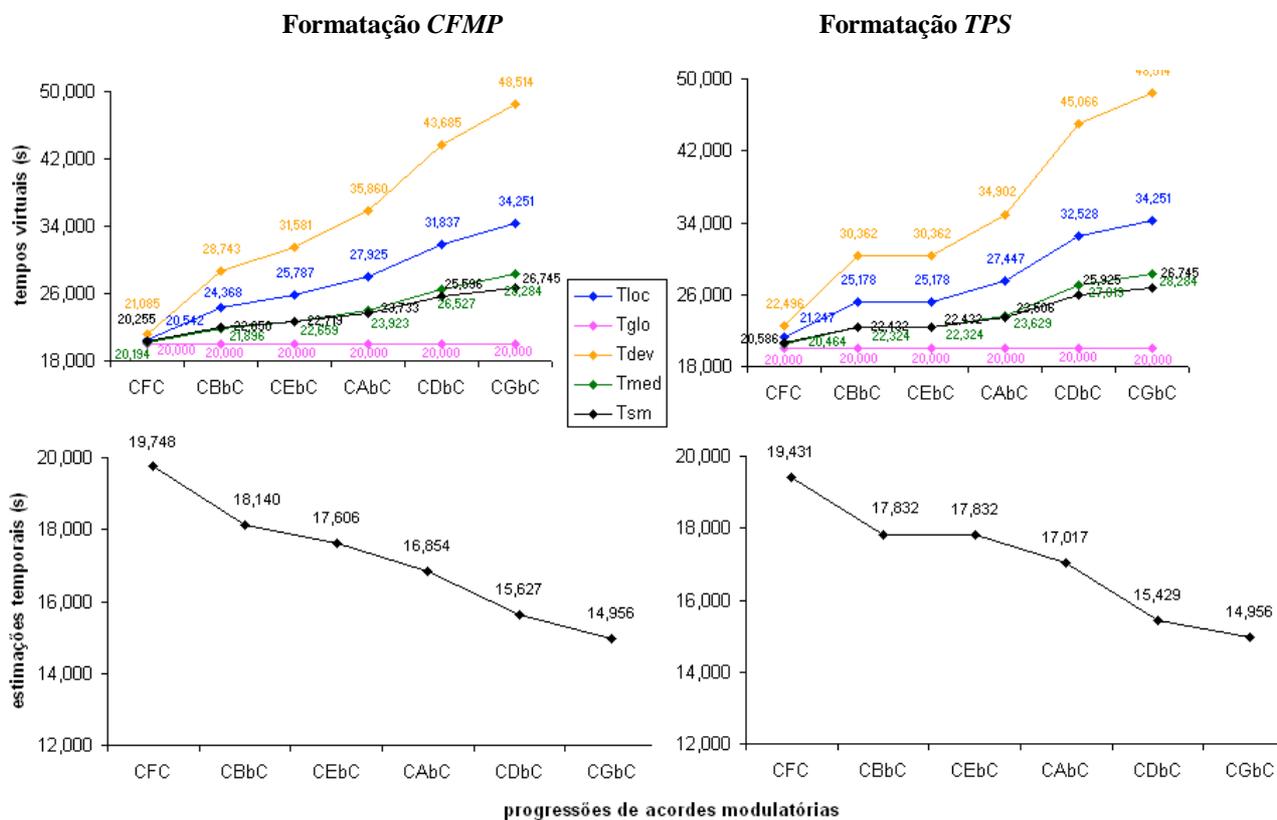


Figura 23. Simulações das modulações gradativas reversas progressivamente distantes no lado anti-horário do ciclo de quintas.

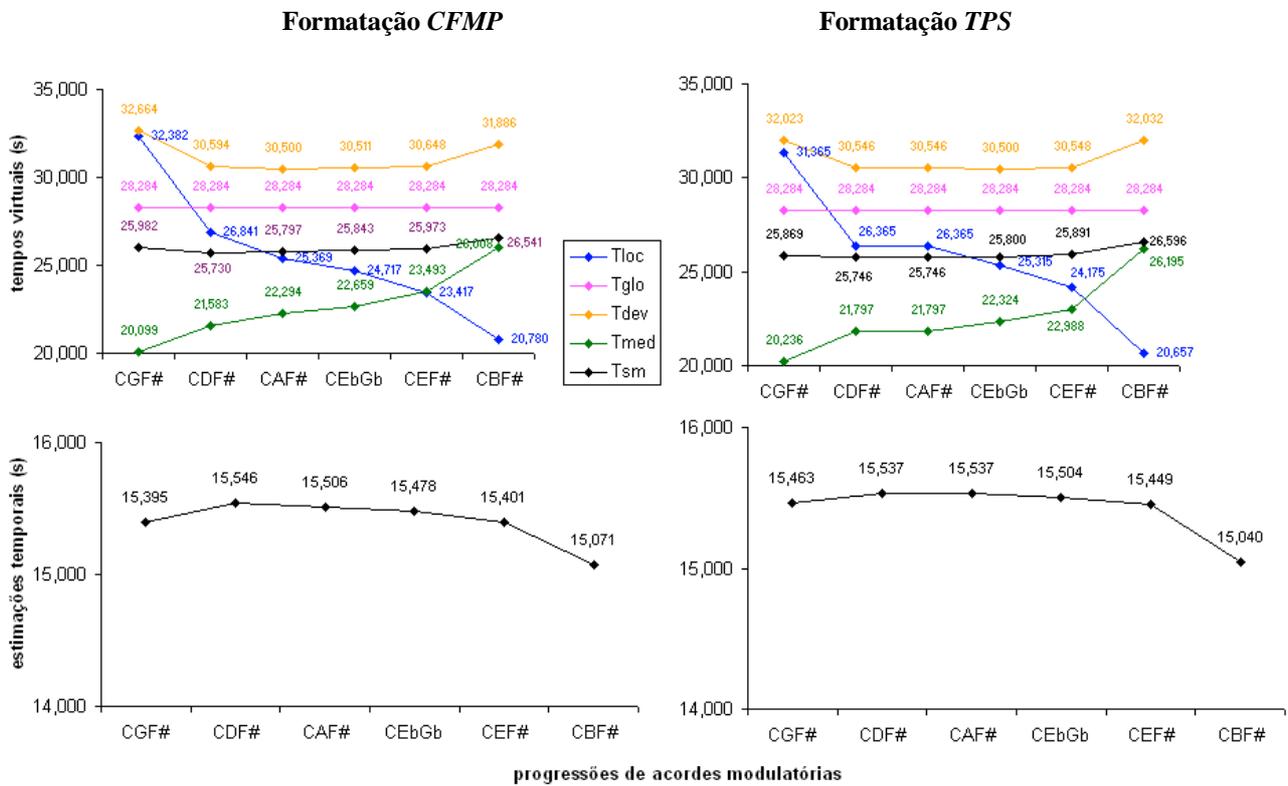


Figura 24. Simulações das modulações gradativas para frente em que as tonalidades origem e destino são sempre as extremas C e F#, mas as tonalidades intermediárias progridem através do lado horário do ciclo de quintas exceto uma (anti-horária).

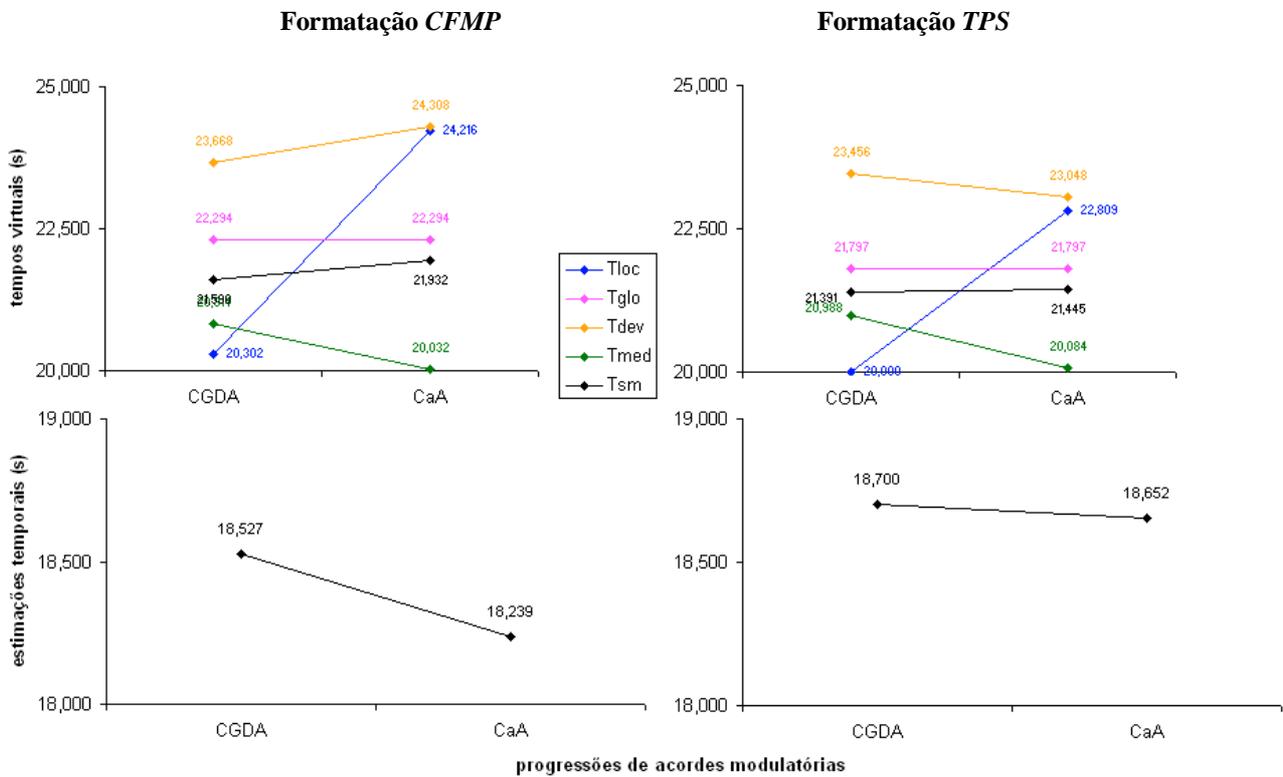


Figura 25. Simulações das modulações gradativas para frente, uma via ciclo de quintas, CGDA, e outra via ciclo de terças menores, CaA.

A Figuras 22 e 23 (em ambas formatações *CFMP* e *TPS*) confirmam o enunciado principal do modelo *FDE* de que modulações tonais eliciam subestimações temporais em função inversa a distâncias tonais. Este efeito ocorre tanto para modulações para-frente quanto para reversas. Na medida que as tonalidades destino ficam mais distantes, os tempos virtuais local, global, desenvolvimental, medial e resultante aumentam. A única exceção ocorre para o tempo virtual global na condição de modulação reversa (Figura 23), uma vez que ele se mantém constante no índice baixo de 20s.

A Figura 24 (em ambas formatações *CFMP* e *TPS*) mostra que as subestimações temporais são mais acentuadas quando as tonalidades intermediárias são próximas ou afastadas da tonalidade destino (ou origem). Tonalidades intermediárias se situando próximas do ponto equidistante entre as tonalidades origem e destino eliciam subestimações temporais menos acentuadas. Ademais, a simulação mostra também que o estímulo **CEbGb** eliciou uma subestimação temporal mais acentuada que o estímulo **CAF#**. A Figura 24 mostra ainda que, na medida que as tonalidades intermediárias ficam mais distantes da tonalidade origem (ou mais próximas da tonalidade destino), os tempos virtuais global e resultante permanecem constantes ou quase invariável; diferentemente, o efeito local diminui enquanto o efeito local aumenta; por fim, o efeito desenvolvimental faz uma curva em U em oposição à curva em U-invertido descrita a propósito dos tempos de estimação.

A Figura 25 (em ambas formatações *CFMP* e *TPS*) confirma a subestimação temporal mais acentuada para a modulação via ciclo de terças menores que para a modulação via ciclo de quintas. Isto pode ser explicado porque o efeito local é maior para **CaA** que para **CGDA**, ao passo que o efeito medial é menor para **CaA** que para **CGDA**. Por fim, o modelo *FDE* captou também uma diferença peculiar entre as formatações *CFMP* e *TPS*: enquanto na formatação *CFMP* o efeito desenvolvimental é maior para o estímulo **CaA** que para o estímulo **CGDA**, na formatação *CFMP* o efeito desenvolvimental é maior para o estímulo **CGDA** que para o estímulo **CaA**. Isto se deve à igualdade de valores de distância para as tonalidades **D** e **A** no modelo *TPS* (veja Tabelas 8 e 13),

que diminui significativamente o efeito local e, conseqüentemente, diminui o efeito desenvolvimental.

REFERÊNCIAS

- BADDELEY, A. D. *Working memory*. Oxford, UK: Clarendon Press, 1986.
- _____.; HITCH, G. J. Working memory. In: BOWER, G. A. (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (v. 8). New York: Academic Press, 1974, p. 47-90.
- BAILEY, N.; ARENI, C. S. When a few minutes sound like a lifetime: Does atmospheric music expand or contract perceived time? *Journal of Retailing*, 2006, v. 82, p. 198-202.
- BERLYNE, D. E. *Studies in the New Experimental Aesthetics: Step toward on objective psychology of aesthetic appreciation*. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- BERZ, W. L. Working memory in music: a theoretical model. *Music Perception*, 1995, v. 12(3), p. 353-364.
- BHARUCHA, J.; STOECKIG, K. Reaction time and musical expectancy: priming of chords. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1986, v. 12 (4), p. 403-410.
- _____. Music cognition and perceptual facilitation: a connectionist framework. *Music Perception*, 1987, 5(1), p. 1-30.
- _____. Tonality and expectation. In: R. Aiello; J. Sloboda (Eds.), *Music Perceptions*. Oxford, England: Oxford University Press, 1994, p. 213-239.
- BIGAND, E.; PARNCUTT, R. Perception of musical tension in long chord sequences. *Psychological Research*, 1999, v. 62, p. 237-254.
- _____.; POULIN-CHARRONNAT, B. Are we all “experienced listeners?” A review of the musical capacities that do not depend on formal musical training. *Cognition*, 2006, v. 100, p. 100-130.
- _____. Travelling through Lerdahl’s Tonal Pitch Space Theory: A psychological perspective. *Musicae Scientiae*, 2003, v. 7, p. 121-140.

- _____.; PARNCUTT, R.; LERDAHL, F. Perception of musical tension in short chord sequences: The influence of harmonic function, sensory dissonance, horizontal motion, and musical training. *Perception and Psychophysics*, 1996, v. 58, p. 125-141
- BLOCK, R. A. Cognitive models of psychological time. In _____. (Ed.). *Cognitive models of psychological time*. New Jersey: Lea Publishers, 1990, p. 1-35.
- _____.; REED, M. Remembered duration: Evidence for a contextual-change hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 1978, v. 4, p. 656-665.
- BOLTZ, M. Time judgments of musical endings: Effects of expectancies on the “filled interval effect.” *Perception and Psychophysics*, 1989, v. 46, p. 409-418.
- _____. Time judgments of musical endings: effects of expectancies on the “filled interval effect”. *Perception & Psychophysics*, 1989, v. 46 (5), p. 409-418.
- _____. Time estimation and attentional perspective. *Perception & Psychophysics*, 1991, v. 49, p. 422-433.
- _____. The generation of temporal and melodic expectancies during musical listening. *Perception & Psychophysics*, 1993a, v. 53, p. 585-600.
- _____. Time estimation and expectancies. *Memory and Cognition*, 1993b, v. 21, p. 853-863.
- _____. Effects of event structure on retrospective duration judgments. *Perception & Psychophysics*, 1995, v. 57, p. 1080-1096.
- _____.; Kupperman, C., & Dunne, J. The role of learning in remembered duration. *Memory and Cognition*, 1998, v. 26(5), p. 903-921.
- Bueno, JOSÉ LINO, O.; RAMOS, D. Musical mode and estimation of time. *Perceptual and Motor Skills*, 2007, v. 105, p. 541-547.
- _____.; FIRMINO, E.; ENGELMAN, A. Influence of generalized complexity of a musical event on subjective time estimation. *Perceptual and Motor Skills*, 2002, v. 94, p. 541-547.
- COOK, N. The perception of large-scale tonal closure. *Music Perception*, 1987, v. 5, p. 197-205.

- CUDDY, L.; THOMPSON, W. Asymmetry of perceived key movement in chorale sequences: Converging evidence from a probetone analysis. *Psychological Research*, 1992, v. 54, p. 51-59.
- ENGELMANN, A. *Os Estados Subjetivos: Uma tentativa de classificação de seus relatos verbais*. São Paulo, Ática, 1978.
- FIRMINO, E.. *Modulação Tonal e Tempo Subjetivo (Dissertação de Mestrado)*. São Paulo: Neurociências e Comportamento, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, 2003.
- _____.; BUENO, J. L. O. Tonal modulation and subjective time. *Journal of New Music Research*, no prelo.
- GRIFFITH, N. Connectionist visualization of tonal structures. *Artificial intelligence review*, 1994, v. 8, p. 393-408.
- _____. Development of tonal centres and abstract pitch as categorizations of pitch use. *Connection Science*, 1995, v. 6(2/3), 155-175.
- HICKS, R. E.; MILLER, G. W.; KINSBOURNE, M. Prospective and retrospective judgments of time as function of amount of information processed. *American Journal of Psychology*, 1976, v. 89, p. 719-730.
- _____.; MILLER, G.; GAES, G.; BIERMAN, K. Concurrent processing demands and the experience of time-in-passing. *American Journal of Psychology*, 1976, v. 90, p. 431-446.
- JANATA, P.; BIRK, J. L.; HORN, J. D. V.; LEMAN, M.; TILLMANN, B.; BHARUCHA, J. J. The cortical topography of tonal structures underlying western music. *Science*, 2002, v. 298, p. 2167-2170.
- JONES, M. Time, our lost dimension: toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review*, 1976, v. 83(5), p. 323-355.
- JONES, M.; BOLTZ, M. Dynamic attending and responses to time. *Psychological Review*, 1989, v. 96, p. 459-491.
- KOHONEN, T. *Self-Organizing Maps*. Berlin: Springer-Verlag, 1995.

- KRUMHANSL, C. L. *Cognitive Foundations of Musical Pitch*. New York & Oxford: Oxford University Press, 1990.
- _____. Rhythm and pitch in music cognition. *Psychological Bulletin*, 2000, v. 126, p. 159-179.
- _____.; KESSLER, E. Tracing the dynamic changes in perceived tonal organization in a spatial representation of musical keys. *Psychological Review*, 1982, v. 89(4), p. 334-368.
- _____.; SHEPARD, R. Quantification of the hierarchy of tonal functions within a diatonic context. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 1979, v. 5, p. 579-594.
- _____.; TOIVIAINEN, P. Tonal cognition. In: PERETZ, I. & ZATORRE, R. (Eds.), *The cognitive neuroscience of music*. New York: Oxford University Press, 2003, p. 95-123.
- _____.; BHARUCHA, J.; KESSLER, E. Perceived harmonic structure of chords in three related musical keys. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1982, v. 8(1), p. 24-36.
- LALITTE, P.; BIGAND, E. Music in the moment: Revisiting the effect of large scale structure. *Perceptual and Motor Skills*, 2006, v. 103, p. 811-826.
- LARGE, E. W.; JONES, M. R. The dynamic of attending: how people track time-varying events. *Psychological Review*, 1999, v. 106(1), p. 119-159.
- LARSON, S.; VANHANDEL, L. Measuring musical forces. *Music Perception*, 2005, v. 23(2), p. 119-136.
- LEMAN, M. *Music and Schema Theory: Cognitive foundations of systematic musicology*. Berlin: Springer-Verlag, 1995.
- LERDAHL, F. Tonal pitch space. *Music Perception*, 1988, v. 5, p. 315-350.
- _____. *Tonal pitch space*. New York: Oxford University Press, 2001.
- _____.; JACKENDOFF, R. *A Generative theory of tonal music*. Cambridge, MA: MIT Press, 1983.
- _____.; KRUMHANSL, C. Modeling tonal tension, *Music Perception*, 2007, v. 24, p. 329-366.
- ORNSTEIN, R. *On the Experience of Time*. Harmondsworth, UK: Penguin, 1969.

- PISTON, W.; DEVOTO, M. *Harmony* (5th ed.). New York: Norton & Company, 1987.
- POYNTER, W. D. Duration judgement and the segmentation of experience. *Memory and Cognition*, 1983, v. 11, p. 77-82.
- REPOVS, G.; BADDELEY, A. D. The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 2006, v. 139, p. 5-21.
- SCHACTER, D.; TULVING, E. What are the memory systems of 1994? In _____. *Memory Systems*. Cambridge: MIT Press, 1994.
- SCHENKER, H. *Free Composition* (E. Oster, Trans.). New York: Longman, 1979. (Original work published 1935).
- SCHOENBERG, A. *Tratado de armonía* (R. Barce, Trans.). Madrid: Real Musical, 1974. (Original work published 1922).
- SCHUMUCKLER, M.; BOLTZ, M. Harmonic and rhythmic influences on musical expectancy. *Perception & Psychophysics*, 1994, v. 56(3), p. 313-325.
- SEGER, C. A. Implicit learning. *Psychological Bulletin*, 1994, v. 115, p. 163-169.
- SHEPARD, R. Circularity in judgements of relative pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1964, v. 36, p. 2346-2353.
- _____. Geometrical approximations to the structure of musical pitch. *Psychological Review*, 1982, v. 89, p. 305-333.
- TILLMANN, B.; BHARUCHA, J.; BIGAND, E. Implicit learning of tonality: A self-organizing approach. *Psychological Review*, 2000, v.107, p. 885-913.
- ZAKAY, D. The evasive art of subjective time measurement: Some methodological dilemmas. In BLOCK, R. A. (Ed.), *Cognitive models of psychological time*. New Jersey: Lea Publishers, 1990, p. 59-84.
- _____.; BLOCK, R. A. Prospective and retrospective duration judgments: an executive-control perspective. *Acta neurobiologiae experimentalis*, 2004, v. 64, p. 319-328.

VINES, B. W.; NUZZO, R. L.; LEVITIN, D. J. Analyzing temporal dynamics in music: differential calculus, Physics, and functional data analysis techniques. *Music Perception*, 2005, v. 23(2), p. 137-152.

Disco compacto com gravação dos estímulos

- Faixa 1. Estímulo CC, controle sem modulação.
- Faixa 2. Estímulo CFC, modulação reversa próxima.
- Faixa 3. Estímulo CGbC, modulação reversa distante.
- Faixa 4. Estímulo CEbGb, modulação via lado anti-horário.
- Faixa 5. Estímulo CAF#, modulação via lado horário.
- Faixa 6. Estímulo CGDA. modulação via ciclo de quintas.
- Faixa 7. Estímulo CaA. modulação via ciclo de terças menores.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto
Departamento de Psicologia

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____ (RG: _____), aceito voluntariamente participar da presente pesquisa de PERCEPÇÃO MUSICAL proposta por ÉRICO ARTIOLI FIRMINO (doutorando em psicologia pela USP e professor de música pela UNAERP), sob orientação do Professor José Lino Oliveira Bueno (USP).

O objetivo da pesquisa é investigar aspectos da percepção musical humana. Saber mais a respeito disso ajuda a entender a apreciação estética e a ensinar matérias musicais.

As tarefas do participante são as de escutar uma música e depois responder algumas perguntas que dizem respeito à música escutada. A música é escutada por meio de fone de ouvido dentro do laboratório. A intensidade da música está ajustada em nível agradável e o participante faz as tarefas sentado confortavelmente, ou seja, as condições gerais estão arranjadas para que não haja riscos previsíveis quaisquer. Durante as tarefas, o pesquisador estará na sala auxiliando o participante permanentemente. A pesquisa toda demora cerca de 30 minutos.

Se for de interesse do participante, este poderá receber informações mais detalhadas a respeito da pesquisa. Também, o participante é livre para recusar a continuar participando da pesquisa. Os dados de pesquisa fornecidos pelo participante são anônimos e confidenciais bem como de uso exclusivo da mesma.

Contato com o pesquisador:

Avenida dos Bandeirantes, 3900, Ribeirão Preto/SP
(16) 3602-3697
ericoaf@yahoo.com

participante

pesquisador

QUESTIONÁRIO

Experimento:	Data:
Grupo:	Início:
Participante:	Término:

(1) Idade:

Sexo:

Cidade (Estado, País) onde você se estabeleceu a maior parte da vida:

Curso de graduação:

Língua(s) que fala, escreve, lê:

Destro (), Canhoto (), Ambidestro ()

(2) Que tipo de música você costuma ouvir? Quanto tempo você escuta música por dia?

(3) Você toca (ou tocou) algum(ns) instrumento(s) musical(is)? Você canta (ou cantou) em coro ou profissionalmente? Por quanto tempo?

(4) Você lê (ou leu) partitura musical (marque com X)?

Não (), Sim: Mal | _ | _ | _ | _ | _ | _ | _ | Bem

(5) Você tem algum conhecimento em história da música ou em teoria da música (como harmonia, contraponto, orquestração, etc.)?

(6) Qual a duração da música que você escutou?

(7) Durante o experimento, o que você fez para “repetir o tempo” da música que você escutou?

(8) Você conhecia a música que você escutou?

(9) A música que você escutou lhe fez lembrar de alguma coisa?

(10) Qual a sua motivação ou interesse para ter feito este experimento?

(11) O que mais lhe chamou atenção no experimento que você fez?

(12) Você tem alguma crítica ou comentário a fazer em relação ao experimento que você fez?

(13) Na sua opinião, qual o objetivo deste estudo? Você formulou alguma hipótese durante o experimento?

(14) Você acha que você escuta os sons normalmente? Em geral, o que você acha de sua audição?

(15) Deseja dizer mais alguma coisa?

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)