

UNESP  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
FFC – Faculdade de Filosofia e Ciências  
Campus de Marília

Luis Felipe de Oliveira

AS CONTRIBUIÇÕES DA CIÊNCIA COGNITIVA  
À COMPOSIÇÃO MUSICAL

1 volume

Marília/SP  
2003

LUIS FELIPE DE OLIVEIRA

# AS CONTRIBUIÇÕES DA CIÊNCIA COGNITIVA À COMPOSIÇÃO MUSICAL

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Marília, para obtenção do título de Mestre em Filosofia (Área de Concentração em Ciência Cognitiva e Filosofia da Mente).

Orientador:  
Prof. Dr. Edson Sekeff Zampronha

Marília/SP  
2003

LUIS FELIPE DE OLIVEIRA

# AS CONTRIBUIÇÕES DA CIÊNCIA COGNITIVA À COMPOSIÇÃO MUSICAL

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO  
DO TÍTULO DE MESTRE

## COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edson Sekeff Zampronha  
Departamento de Música  
IA – UNESP

Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Eunice Quilici Gonzalez  
Departamento de Filosofia  
FFC – UNESP

Prof. Dr. João Queiroz  
Departamento de Tecnologia e Mídia Digital  
PUC – SP

São Paulo, 22 de novembro de 2003

*Dedico este trabalho à minha família, meu pai  
Antonio Emilio de Oliveira, minha mãe  
Martha D'Eugênio de Oliveira e minha irmã  
Maria Fernanda de Oliveira.*

## AGRADECIMENTOS

*Em primeiro lugar, agradeço minha família pelo apoio com que sempre pude contar. Sem eles a pesquisa realizada nos dois últimos anos e esta dissertação não seriam possíveis, nem sequer imagináveis.*

*Agradeço com especial carinho Mariana Garcia Granado Ferreira (in memoriam) pelo breve mas intenso e inesquecível momento que tivemos. Eh, Mari, as vezes parece que foi tudo um sonho.*

*Agradeço de forma muito especial a Edson Sekeff Zampronha, meu orientador, cuja colaboração, compreensão, amizade e respeito foram imprescindíveis. A significação de sua orientação extrapola os limites desta dissertação e contribui decisivamente para a consolidação do caminho que escolhi seguir.*

*Agradeço aos meus co-autores, em diversos artigos, André Luiz Gonçalves de Oliveira, Charbel Niño El-Hani, Edson Zampronha, Juliano Antonio Broli, Luis Guilherme Pereira Lima, Rael Gimenes Toffolo. Só posso expressar minha gratidão pela oportunidade de aprender tanto com vocês.*

*Devo agradecer enfaticamente a todos os professores do programa de mestrado em filosofia da UNESP. Vocês são os motivadores de nossos passos iniciais e um exemplo a ser seguido por toda vida.*

*O convívio com todos os colegas de Marília foi indispensável. As discussões recorrentes sobre ciência cognitiva que aconteceram em quase todos os bares de Marília servem para mostrar o quanto gostamos do que fazemos. Somos mais viciados em ciência cognitiva do que em cerveja.*

*Este trabalho só pode ser efetivamente elaborado devido ao indispensável suporte financeiro disponibilizado pela FAPESP (processo 01/07145-7) e pela CAPES.*

# SUMÁRIO

<i>INTRODUÇÃO</i> .....	8
<i>CAPÍTULO 1</i> .....	12
Inteligência artificial	
1.1 Apresentação.....	13
1.2 O estudo da mente no enfoque da IA – o paradigma cognitivista.....	13
1.2.1 Contexto histórico.....	13
1.2.2 O mecanicismo.....	15
1.2.3 O funcionalismo.....	16
1.2.4 Representações mentais.....	17
1.2.5 Máquina de Turing e o modelo cognitivista.....	18
1.2.5.1 Funções Turing-computáveis.....	19
1.2.5.2 Descrição formal da máquina de Turing.....	21
1.2.6 A prática da modelagem na IA .....	23
<i>CAPÍTULO 2</i> .....	32
Inteligência artificial e composição musical	
2.1 Apresentação.....	33
2.2 Modelando a composição musical – composição algorítmica.....	33
2.2.1 Sistemas estocásticos.....	34
2.2.2 Sistemas heurísticos.....	36
2.2.3 Sistemas gerativos.....	40
2.3 Análise de um sistema composicional em IA – <i>Protocol</i> .....	42
2.3.1 Design geral.....	43
2.3.2 Implementação.....	44
2.3.2.1 Geração do material.....	45
2.3.2.2 Organização do material e forma global.....	48
2.3.2.3 Estabelecendo a forma média.....	49
2.3.2.4 Estabelecendo a forma local e <i>coda</i> .....	50
2.3.3 Discussão de <i>Protocol</i> .....	51
2.4 Crítica à abordagem cognitiva aplicada à composição musical – limites e alcances.....	53
2.4.1 Sistemas composicionais consolidados e não consolidados.....	54
2.4.2 Regras imperativas e restritivas.....	55
2.4.3 Criação de regras.....	57
2.4.4 Relações arbitrárias.....	58
2.4.5 Considerações finais deste capítulo.....	59
<i>CAPÍTULO 3</i> .....	61
Redes neurais artificiais	
3.1 Apresentação.....	62
3.2 O estudo da mente no enfoque das RNAs – o paradigma conexionista.....	62
3.2.1 Contexto histórico.....	62
3.2.2 A rede de McCulloch e Pitts (MP) .....	65
3.2.3 Mecanicismo e reducionismo.....	66
3.2.4 Funcionalismo.....	67
3.2.5 Representações mentais.....	69
3.2.6 Propriedades dos modelos conexionistas.....	71

3.2.6.1	Aprendizagem.....	72
3.2.6.2	Generalização.....	74
3.2.6.3	Classificação e extração de características.....	75
3.2.6.4	Reconhecimento e reconstituição de padrões estáticos e temporais.....	77
3.2.6.5	Aproximações de funções – interpolação e extrapolação.....	79
3.2.6.6	Tolerância à falha.....	80
3.3	Taxonomia das RNAs.....	81
 <i>CAPÍTULO 4.....</i>		 85
Redes neurais artificiais e composição musical		
4.1	Apresentação.....	86
4.2	Modelando a percepção e a composição musical – modelos conexionistas.....	86
4.2.1	Modelando a percepção rítmica.....	89
4.2.1.1	A quantização do tempo musical.....	87
4.2.1.2	Métrica e ressonância.....	93
4.2.2	Modelando a percepção de altura e de tonalidade.....	101
4.2.2.1	Um modelo para percepção de altura.....	109
4.2.2.2	A percepção melódica por redes neurais artificiais – <i>an ear for melody</i> .....	114
4.2.2.3	Um modelo para a percepção tonal.....	126
4.2.3	Modelando a composição musical.....	137
4.3	Análise de sistemas conexionistas aplicados à percepção e composição musicais.....	151
4.3.1	Sistemas composicionais consolidados e não consolidados.....	151
4.3.2	Regras imperativas e restritivas.....	153
4.3.3	Criação de regras.....	154
4.3.4	Relações arbitrárias.....	156
4.3.5	Limitações representacionais do fenômeno acústico bruto.....	157
4.3.6	Considerações finais deste capítulo.....	159
 <i>CAPÍTULO 5.....</i>		 164
Ciência cognitiva dinâmica e composição musical		
5.1	Apresentação.....	165
5.2	O estudo da mente pelo enfoque da CCD – o paradigma dinâmico.....	165
5.2.1	Contexto Histórico.....	166
5.3	Abordagem ecológica da percepção auditiva.....	170
5.3.1	O som situado.....	172
5.3.2	Audição encorporada e situada.....	175
5.3.3	A perspectiva ecológica da percepção aplicada à música.....	178
5.4	Emergentismo e música.....	180
5.4.1	Tipos de emergentismo.....	181
5.4.2	Um exemplo na música: a visão da relação entre consonância e dissonância como fenômeno emergente.....	186
5.5	Discussão das propostas apresentadas.....	192
 <i>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</i>		 195
 <i>REFERÊNCIAS.....</i>		 200
 <i>RESUMO E ABSTRACT.....</i>		 207

# INTRODUÇÃO

O objetivo desta dissertação é realizar um detalhado mapeamento das principais vertentes da ciência cognitiva e suas contribuições metodológicas e epistemológicas ao estudo da composição musical. Será enfocada, em primeiro plano, a contribuição às técnicas de composição e, em segundo, à sua percepção. Parte-se da hipótese que a interdisciplinaridade entre música, especialmente a contemporânea, e ciência cognitiva permite um outro olhar sobre o fazer musical atual, o que pode vir a abrir perspectivas até então não exploradas no que se refere aos procedimentos composicionais, incluindo a elaboração de materiais sonoros e sua organização em uma obra.

De modo a atingir o objetivo proposto, dividimos a área da ciência cognitiva em três diferentes abordagens: inteligência artificial, redes neurais artificiais e ciência cognitiva dinâmica. Com esta divisão estruturamos o presente trabalho, no qual temos, primeiro, as contribuições que as abordagens computacionais, a inteligência artificial e as redes neurais artificiais, trazem à composição musical. Em seguida, tratamos das abordagens não computacionais da ciência cognitiva dinâmica, pelo enfoque da abordagem ecológica da percepção e pelas teorias do emergentismo, hipotetizando uma relação destas com a composição musical e a musicologia.

O primeiro capítulo e segundo capítulos abordam exclusivamente a relação entre a inteligência artificial e a composição musical. Os capítulos terceiro e quarto, de forma semelhante, abordam a relação entre as redes neurais artificiais e a composição musical e percepção auditiva. Nosso caminho, em ambos os capítulos, inicia-se com uma descrição do contexto histórico do surgimento de tais abordagens computacionais do estudo da mente. Nos dois capítulos, discutimos algumas noções filosóficas relacionadas à ciência cognitiva, pelo enfoque de cada uma das abordagens em especial. Tais noções filosóficas são o mecanicismo, o funcionalismo, o reducionismo e representação mental. A continuação dos dois primeiro capítulos segue em direção a descrição dos modelos e sistemas computacionais desenvolvidos pelas abordagens para explicar e/ou simular aspectos cognitivos. Após estas descrições, relacionamos de maneira mais direta a ciência cognitiva e a composição musical, percorrendo sobre implementações referenciais encontrados na literatura técnica que nos oferecem uma boa visualização de tal relação e suas contribuições a ambas as áreas, a composição musical e



a ciência cognitiva. No encerramento destes dois capítulos apresentamos, criticamente, nosso ponto de vista com relação à aplicação de cada uma das abordagens computacionais da ciência cognitiva à composição musical, avaliando seus alcances e limites tanto na modelagem quanto na simulação de processos composicionais, e perceptuais.

É necessário, antes de prosseguirmos, familiarizarmos o leitor acerca do que entendemos por modelagem e por simulação, noções centrais em todo o curso de nossa dissertação. Modelagem, no contexto empregado nesta dissertação, significa o estabelecimento de um sistema lógico-abstrato que explique algum fenômeno da natureza. No escopo da ciência cognitiva, os fenômenos a serem modelados e assim, conseqüentemente, explicados são os mentais; e, de acordo com nosso objetivo, voltamos nosso interesse para modelos que expliquem processos composicionais em música. Portanto, deve ficar claro que entendemos aqui que um modelo deve necessariamente descrever e explicar os fenômenos por ele modelados.

Simulação, por outro lado, envolve a realização em algum sistema físico ou computacional de determinados processos que levem aos mesmos fins que os processos encontrados em sistemas naturais. Portanto, na nossa perspectiva, simular um fenômeno não significa explicá-lo, nem mesmo descrevê-lo. Significa, então, atingir-se os mesmos fins, mesmo que os processos empregados na simulação nem sejam semelhantes ou análogos aos supostamente encontrados nos fenômenos simulados. Dessa forma, podemos imaginar uma máquina que compõe música, que simule um compositor, mas que alcance tal objetivo por processos completamente diferentes daqueles que supostamente se atribui a um compositor.

Contudo, existe uma forte ligação entre modelagem e simulação em ciência cognitiva. Como afirmamos acima, um modelo é um sistema lógico e abstrato de algum fenômeno, mas para um modelo (descritivo e explicativo) ser validado cientificamente ele deve ser testado. O modo adotado na ciência cognitiva para testar seus modelos é pelo processo de simulação. Nesse caso, a simulação é a implementação de um modelo lógico-abstrato num sistema físico ou computacional, podendo, dessa forma, avaliar-se o alcance explicativo do modelo pela eficiência da simulação. Se a simulação de um processo atinge satisfatoriamente o mesmo fim que o processo modelado, existe uma grande possibilidade que, então, o modelo seja uma boa explicação do processo.

As noções de modelo e simulação foram aqui apresentadas de maneira bastante restrita e direcionada ao conteúdo dos capítulos subseqüentes. Não pretendemos tomar tal entendimento como completo ou suficiente para todos os usos que tais termos podem ter.

O quinto e último capítulo de nossa dissertação deixa de lado as abordagens computacionais para a validação de modelos mentais e apresenta propostas alternativas, neste sentido. Iniciamos o capítulo descrevendo brevemente o contexto histórico e algumas das motivações científicas e filosóficas que levaram as abordagens não-computacionais no estudo da mente. Temos duas abordagens principais que apresentamos nesse capítulo, relacionando-as à composição musical: a abordagem ecológica e o emergentismo. Trata-se, aqui, mais de uma hipotetização do que de uma descrição de tais áreas aplicadas à música. Temos a hipótese de que ambas as áreas podem contribuir e muito no estudo da composição musical, e mesmo da musicologia em geral. Entretanto, são relações ainda bastante iniciais e que, sendo assim, não formam ainda uma abordagem consolidada. Quando tratamos da abordagem ecológica baseamo-nos na teoria da percepção direta de J. J. Gibson, principalmente no que se refere ao processo perceptual auditivo. Como ponto de partida, descrevemos o que entendemos por sistema perceptual (auditivo), no contexto ecológico. Em seguida, realizamos uma incursão a teoria da aquisição da informação de Gibson, apresentando as noções capitais da psicologia ecológica: invariantes e *affordances*. Ambas são explicadas no enfoque da percepção auditiva e possibilitam o entendimento da estruturação informacional do ambiente acústico e da ação do percebido em tal ambiente.

A abordagem ecológica da percepção auditiva permite nos aventurarmos em direção a uma estética ecológica. Noções e conceitos como invariantes e *affordances*, aquisição de informação, relações de percepção-ação e percebido e meio-ambiente nos possibilitam entender certos conceitos composicionais e perceptuais da música contemporânea e, ainda, a busca por novas formas de se entender e fazer música. Sendo assim, vislumbramos a utilização da abordagem ecológica da percepção tanto como ferramenta composicional quanto analítica, especialmente em obras do tipo paisagens sonoras.

Abrimos, então, uma nova seção onde tratamos do emergentismo e sua relação com a composição musical e a musicologia. Vale salientar que acreditamos que as teorias do emergentismo são, em certo sentido, compatíveis com a abordagem ecológica da música e a complementam. Buscamos estabelecer uma classificação dos diversos tipos de emergentismo, e para isso, iremos analisar conceitos-chave de propriedades ditas emergentes, como irreduzibilidade, imprevisibilidade, novidade, e causalidade descendente. Considerando suficiente nosso itinerário pelas teorias emergentistas e seus conceitos, estabelecemos a relação destas(es) com o fazer musical, buscando explicitar onde e como tal relação se faz presente.

Por fim, fecharemos o capítulo com a avaliação dos limites, alcances e possibilidades da ciência cognitiva dinâmica (pelas perspectivas ecológica e emergentista) em relação à composição musical, e à musicologia em geral.