Interação, Interfaces e Instrumentos em Música Eletroacústica[1]

Fernando Iazzetta

Laboratório de Linguagens Sonoras
PUCSP - Comunicação e Semiótica
R. Ministro Godoy, 969 - sala 4B-06
São Paulo - SP - 05015-901
e-mail: iazzetta@exatas.pucsp.br
http://www.pucsp.br/~cos-puc/users/iazzetta/

Resumo:

Esse texto aborda a questão da interação em sistemas de composição e performance musical que se utilizam de instrumentos eletrônicos e digitais. Inicialmente é analisado o papel do conceito de interação em música e suas peculiaridades. A seguir discutimos as noções de interface e de instrumento musical e suas relações com o surgimento dos novos instrumentos de funcionamento digital. É ressaltada a noção de "meta-instrumento". Finalmente, realizamos uma tentativa de classificação dos instrumentos de funcionamento digital.

Palavras-chave: Interação Musical - Interfaces Musicais - Instrumentos Musicais Digitais

1. INTRODUÇÃO

Apesar do termo interação ter adquirido nas últimas décadas uma notoriedade significativa, em geral impulsionada pelo desenvolvimento de áreas ligadas à informática, conceitos muito próximos ao de interação têm sido adotados também por uma série de disciplinas nem sempre próximas ou relacionadas à computação. A idéia de interação é particularmente importante para a modelização de sistemas biológicos, nos estudos ligados à organização social, ou para compreensão de modelos comunicacionais. De fato, o *design* de sistemas de interação entre homens e máquinas consiste hoje em um largo campo de estudo envolvendo o trabalho de pesquisadores de diversas áreas, entre elas, psicologia, engenharia, ciência da computação e medicina.

Até um passado recente, a interação inteligente era estudada apenas como um fenômeno humano. Ela foi observada, analisada e teorizada por cientistas do comportamento, mas sempre sob a perspectiva da explicação, não do design. Agora, designers de interfaces de computador estão observando as teorias das ciências do comportamento, modelos, e ferramentas para entender a interação inteligente, assim como as ciências do comportamento estão começando a ver a interação entre homens e computadores como um importante contexto para a coleta de dados e para o teste de teorias [18].

As áreas ligadas à informática tiveram o mérito de aprofundar o estudo dos processos interativos, e ao desvendarem como esses processos ocorrem nas relações entre homens e máquinas, acabaram por fornecer ferramentas para que outras áreas ampliassem a compreensão de seus próprios processos de interação. Nossa atenção recai especialmente sobre o campo da música e o modo como essa linguagem vem se utilizando de processos interativos na produção artística.

2. INTERAÇÃO MUSICAL

Entre as artes a música é uma das que mais tardiamente se desligou da fase artesanal de produção (composição e performance) embora tenha deixado de ser artesanal em termos de difusão desde o início do sec. XX com o surgimento dos processos de gravação e reprodução do som. Como atividade essencialmente coletiva -- um músico cantando ou tocando sozinho é uma situação relativamente nova em termos de história da música -- a música

[1] Este trabalho foi realizado com auxílio da FAPESP, processo nº 97/11935-6.

sempre foi dependente de pelo menos dois níveis de interação. Primeiro, a interação entre os elementos de um mesmo grupo que se dispõe a fazer música. Nos referimos aqui tanto à uma reunião de amigos que simplesmente resolve cantar músicas que fazem parte de seu repertório social, quanto aos integrantes de uma orquestra sinfônica cujo desempenho está intimamente ligado à conectividade e interatividade que ocorre entre seus elementos. Segundo, existe também a interação do indivíduo com seu instrumento. Essa relação de caráter individual e localizado envolve problemas bastante semelhantes àqueles estudados em IHC especialmente se considerarmos a crescente utilização de instrumentos eletrônicos e digitais na música atual. É também essa concepção de interação entre músico e instrumento que vamos abordar nesse trabalho (considerações mais amplas sobre a questão da interatividade musical foram desenvolvidas em [6] e [7]).

A realização de qualquer música, independentemente de época, estilo, ou cultura, depende primordialmente da possibilidade de se produzir sons. Mais do que isso, depende do grau de controle que existe nessa produção. Uma rápida análise histórica indicaria que a linguagem musical do ocidente vem se tornando cada vez mais complexa e esse aumento de complexidade ocorre paralelamente ao aumento de domínio dos instrumentos musicais e das técnicas de produção sonora. Sua produção está estreitamente ligada ao funcionamento do instrumento e portanto o estudo do desenvolvimento dos instrumentos e interfaces musicais é decisivo para o desenvolvimento da própria linguagem musical.

Interação em música eletrônica e digital é um assunto bastante novo. Até poucos anos atrás, a maior parte dos trabalhos envolvendo meios eletroacústicos e intérpretes humanos não promovia um ambiente propício para que se estabelecessem processos interativos. David Jaffe e Andrew Schloss [8] observam que a combinação de meios eletrônicos e instrumentistas ou cantores nas primeiras composições eletroacústicas estava direcionada a dois modelos básicos. O primeiro dizia respeito à gravação da parte eletroacústica em uma fita magnética. Nesse modelo, os intérpretes tinham que se adaptar ao material gravado sincronizando sua performance com a fita e ajustando a dinâmica e qualidade sonora à dinâmica e qualidade dos sons gravados.

O segundo modelo estava relacionado ao uso do teclado eletrônico cuja implementação é basicamente derivada da expansão da tecnologia MIDI. Nessa abordagem, o instrumentista não é um escravo dos meios eletrônicos. Ao contrário, seus gestos controlam totalmente os aparelhos eletrônicos, cujo papel se reduz ao da produção sonora. Esse modelo baseado na utilização de teclados com funções de sintetizadores e samplers oferece ao intérprete um controle muito superior ao que é possível na performance com fita pré-gravada, mas o controle das ações está restrito pelas habilidades do músico, pelas limitações do protocolo MIDI, e pelas possibilidades oferecidas pelo aparato gerador de sons eletrônicos.

Ainda de acordo com Jafe & Scholss [8] o desenvolvimento recente de novas tecnologias tem mostrado que esses modelos são na verdade extremos de um largo *continuum*, e que a vasta região compreendida entre esses dois pontos mostra-se bastante rica e ao mesmo tempo inexplorada. Essa área que recentemente vem cativando a atenção de compositores e pesquisadores compreende o que chamamos de música interativa computacional. Sistemas musicais interativos possibilitam que computadores e outros instrumentos eletrônicos *interfiram* na performance musical ao invés de apenas responderem de maneira totalmente previsível aos comandos do intérprete.

3. INTERFACES

Freqüentemente os estudos realizados na área de interação entre homens e máquinas aponta alguns fatores como sendo primordiais para o bom desenvolvimento de interfaces eficazes: facilidade de uso, rapidez na compreensão de seu funcionamento; capacidade de readaptação/reconfiguração; transparência. Em música nem sempre esses princípios devem ser tidos como meta no design de novas interfaces. Elementos como acaso, ruído, ambigüidade, em geral são vistos como fatores negativos no design de interfaces e sistemas interativos. Em música, como em outras atividades artísticas, esses elementos podem adquirir características positivas, aumentando o potencial expressivo de um determinado instrumento ou sistema de geração sonora.

Primeiramente, o instrumento musical não precisa ser fácil em termos de utilização. Como diz Tod Machover, compositor e designer de sistemas musicais interativos, “se o músico pode aprender um instrumento inteiro em 20 minutos, então nós não produzimos um instrumento, mas um brinquedo. Assim, um instrumento deve ser

facilmente compreendido *conceitualmente*, mas interessante e compensador para ser praticado de modo que o músico possa se aprimorar com o passar do tempo" [9]. Um instrumento deve antes de tudo permitir um controle significativo dos processos de produção sonora. Tome-se, por exemplo, os teclados dos modernos sintetizadores de sons digitais. Enquanto a maior parte dos instrumentos mecânicos possibilita que o músico realamente frabrique cada som, interferindo em uma série de pequenos detalhes que são determinantes para se alcançar uma certa sonoridade, os teclados dos sintetizadores baseiam-se no conceito de ligar e desligar um som predefinido. Eles funcionam na verdade como uma série de interruptores que permitem uma intervensão bastante limitada do músico: ele pode apenas decidir quando e qual evento sonoro deve ser disparado, mas quase não possui controle sobre a produção desse evento. Por outro lado, como arte performática, a música se distingue de outras funções desempenhamos cotidianamente. Parte do interesse e fascínio exercido pela música baseia-se no fato de que sua produção envolve ações que vão além das capacidades normais dos indivíduos. Essas ações são alcaçadas através de um demorado refinamento técnico e estético.

Em segundo lugar, a capacidade de reconfiguração dos novos instrumento é outro fator que deve ser pensado com cautela. Música é uma linguagem relativamente bem codificada através da cultura e de uma teoria que vem se desenvolvendo há séculos. Essa liguagem está baseada em uma ligação estreita entre a produção controlada de eventos sonoros e os gestos que produzem esses sons. Estamos habituados a associar determinados tipos de sonoridades a determinados tipos de gestualidade (sobre a questão do gesto musical, ver [6]). Um som forte e vigoroso produzido por uma grande orquestra sinfônica é associado a um tipo de gesto que implica em uma certa intencionalidade e energia físico-motora. Isso é bastante diferente da gestualidade que se associaria à produção de uma melodia lenta e suave em um instrumento como uma flauta, por exemplo. Durante o processo de audição estamos constantemente fazendo associação entre os sons que ouvimos e o tipo de gestualidade que seria capaz de gerar esses sons. Isso ocorre mesmo quando estamos ouvindo uma gravação, sem a presença de músicos. Se a possibilidade de remapear um mesmo gesto em resultados sonoros diferentes oferecida por novos instrumentos eletrônicos e digitais pode se configurar como um recurso musical enriquecedor, o uso excessivo desse recurso pode fazer com que o ouvinte perca certas referências auditivas importantes. Sistemas de performance baseados em computadores permitem que o músico esteja constantemente remapeando suas ações em relação aos resultados sonoros obtidos. Assim, um mesmo gesto pode produzir sonoridades completamente diferentes, o que com o tempo acaba por eliminar as referências gestuais de escuta.

Finalmente, nas últimas décadas, tem ganhado força dentro das realizações musicais com suporte tecnológico o conceito de escuta acusmática [4] [15], onde se ouve um determinado som sem que a sua fonte produtora esteja presente. Essa escuta típica de uma época em que ouvir música na maior parte das vezes não significa presenciar uma performance, mas ouvir sons provenientes de alto-falantes, não elimina entretanto nossas referências com o modelo acústico que temos do mundo. O que ouvimos num concerto de orquestra ou num show de rock está na verdade sustentado por um certo conhecimento que temos do comportamento acústico dos materiais à nossa volta. O que torna um solo de guitarra tão excitante não se refere apenas às qualidades sonoras que ouvimos, mas também ao fato de sabermos que nenhum outro objeto que usamos cotidianamente permitiria a realização daqueles efeitos acústicos e que toda nossa habilidade para realizar ações comuns no dia-a-dia não seria suficiente para controlar o instrumento daquela maneira. O que se espera em uma performance musical é exatamente enxergar a interface, seu funcionamento e a resistência que ela impõe ao músico. Nesse sentido, o instrumento musical eletrônico difere claramente de um outro aparelho eletrônico qualquer: o que se espera de um instrumento musical não é que ele simplesmente opere de maneira estável, previsível e linear, mas que ele apresente desafios, limites e ruídos em seu funcionamento. É justamente na maneira como o musico se relaciona com essas questões que consiste o interesse de uma performance musical.

4. O INSTRUMENTO MUSICAL

A história dos instrumentos musicais está estreitamente ligada à história da linguagem musical. Sua evolução tecnológica segue de perto as necessidades impostas pela produção musical de cada época, em um constante refinamento de qualidade sonora e melhora dos mecanismos de controle do som. O surgimento da música eletroacústica e digital alterou profundamente o papel dos instrumentos na produção musical, tornando necessária uma redefinição do conceito de instrumento.

Os instrumentos tradicionais mantêm sua identidade através do que Pierre Schaeffer chama de *permanência instrumental* [15] [16], ou seja, a propriedade apresentada pelo instrumento de ser reconhecido enquanto fonte sonora, independentemente das variações de dinâmica, tessitura ou articulação que acompanham a produção do som. Na maior parte das vezes, sons provenientes de instrumentos da orquestra tradicional não deixam dúvida em relação ao tipo de instrumento nem à qualidade do gesto que os produziram.

Na música eletroacústica, entretanto, essas relações não se mostram tão explícitas. Embora muitas vezes, os sons criados eletrônica ou digitalmente possam apresentar características acústico-morfológicas semelhantes às de um instrumento tradicional, na maior parte dos casos, sons sintetizados destroem seu princípio de identidade causal e torna-se impossível associar algum tipo de fonte ou gesto a esse timbre.

Os sons produzidos pelas tecnologias eletroacústicas (ao menos quando esses não são apenas uma imitação do som de instrumentos tradicionais) tornam-se, então, dúbios, difusos, revelando-se como aparência que oscila entre a existência no mundo real e a abstração de um mundo imaginário. Eventualmente o ouvinte pode associar um determinado som eletrônico a um tipo de fonte ou evento geral -- uma explosão, a fricção de um objeto metálico ou o movimento de uma substância líquida -- o que resgataria de certa forma uma identidade sonora. Mas um dos maiores valores da produção eletrônica reside exatamente na atitude oposta de gerar sons que resistem a qualquer tipo de referência aos eventos sonoros geralmente experienciados no meio ambiente.

Segundo Denis Smalley, até muito recentemente, as expectativas do ouvinte em um concerto eram limitadas a modelos familiares, fixados pelo repertório e tradição musicais:

Antes da era da música eletroacústica [...] o ouvinte podia assumir, mesmo ante de ouvir uma peça, que ela estaria baseada no modelo de gesto instrumental, no modelo vocal, ou em ambos[...] Assim, os limites e as fronteiras indicativas de uma obra musical não eram apenas predeterminadas, mas em função da cultura, eram também permanentes [16].

Na música eletroacústica, ao contrário, não há um confinamento a modelos instrumentais ou vocais. O compositor é estimulado a criar novos campos sonoros e o ouvinte a desenvolver estratégias de escuta que não faziam parte de seu repertório. A ausência total de intérpretes, instrumentos, referências visuais e gestuais, faz com que a experiência sonora seja expandida radicalmente: "tudo permanece por ser revelado pelo compositor e descoberto pelo ouvinte" [16]. O problema que se consiste nesse caso é o de estabelecer, dentro da composição, um balanço entre a exploração do potencial de imaginação do ouvinte e a criação de campos indicativos que ofereçam algum tipo de referencialidade ou unidade sonora.

Ao desviar o foco do gesto instrumental para a atitude acusmática, onde se ouve o som sem que se identifique a fonte, a música eletroacústica tende a perder a dramaticidade gerada pela presença do intérprete com sua gestualidade. Talvez, a dificuldade na reconstituição desta dramaticidade, puramente por recursos eletrônicos -- o que não deve ser visto, porém, como tarefa impossível -- tenha atraído mais e mais compositores a incluir intérpretes humanos atuando interativamente com o material eletroacústico de suas obras.

5. META-INSTRUMETNOS

A utilização de tecnologias digitais na música coloca uma nova questão em relação aos instrumentos musicais. Nos instrumentos mecânicos tradicionais, o som produzido estava intimamente ligado à três parâmetros:

1) conformação física: tamanho, forma e modo de conexão entre as partes influenciam diretamente no tipo de som produzido. Por exemplo, instrumentos de uma mesma família, como o violino e o violoncelo, variam basicamente em função de suas dimensões, e um contrabaixo elétrico sem trastes no braço (*fretless*) possibilita efeitos impossíveis de se conseguir num instrumento com trastes;

2) materiais empregados: os instrumentos musicais da orquestra tradicional estão tão associados ao tipo de material de que são feitos que são agrupados em função disso: fala-se constantemente em instrumentos de cordas, madeiras e metais. Do mesmo modo, instrumentos de percussão são agrupados por termos como peles ou metais. Um mesmo instrumento pode soar completamente diferente em função dos materiais empregados em seus componentes, daí a constante preocupação dos músicos com a qualidade

dos materiais utilizados para produzir cada detalhe desses instrumentos, das "canas" de que são feitas as palhetas de um oboé ou clarinete, ao ratan usado como cabo para baquetas de um vibrafone ou marimba.

3) modo de acionamento: todo instrumento acústico age de modo semelhante: recebe algum estímulo mecânico -- um sopro de ar, a fricção de um arco, o pinçar de uma corda -- e por meio desse estímulo produz ondas vibrantes que deslocam o ar à sua volta. O tipo de estímulo aplicado vai influir diretamente no som produzido. Um contrabaixo tocado com um arco e o mesmo instrumento tocado com pizzicato, por exemplo, produzem sonoridades diferentes embora provenientes da vibração da mesma corda.

Para os instrumentos digitais, entretanto, esses parâmetros influenciam muito pouco, ou nada, no tipo de som produzido. Guitarras eletrônicas podem soar como tambores e tambores podem reproduzir os sons de uma orquestra inteira. Os instrumentos eletrônicos simplesmente rompem com as limitações físicas que caracterizam os instrumentos mecânicos. Com isso, quando se fala em instrumento eletrônico, faz-se referência a uma série de componentes, mais ou menos independentes que são conectados entre si para produzir o som.

De fato, os instrumentos digitais são formados por dois âmbitos distintos. Um deles é o *controlador*, ou seja, a *interface* que irá disparar e controlar o comportamento do som. Outro é o *sistema de geração sonora*, quer dizer, os componentes que irão produzir o som propriamente dito. No instrumento mecânico, esses dois âmbitos -- controlador e gerador sonoro -- constituem uma unidade que não pode ser modificada sem alterar os resultados sonoros, ou seja sem alterar o princípio de permanência instrumental a que se refere Schaeffer. Por outro lado, no instrumento digital esses componentes possuem uma autonomia, total ou parcial. Com isso, os gestos que acionam um controlador, não guardam necessariamente uma relação direta e identificável com o tipo de som gerado.

Quer dizer: os atuais sintetizadores, samplers, computadores e demais “instrumentos” disseminados pela música atual, impõem uma separação entre os mecanismos de produção sonora e meios que controlam esses mecanismos. Um saxofone funciona com um sistema único, em que o som é produzido pela interação de vários fatores como os gestos dos músico, a pressão que os lábios exercem sobre a palheta, a velocidade e o caminho que o ar percorre dentro do corpo do instrumento, e assim por diante. O instrumento funciona como entidade, corpo e alma inseparáveis na produção do som.

Um sintetizador, porém, tocando emitindo sons *como* os de um saxofone é uma espécie de instrumento sem corpo. O som é processado por meio de seus circuitos eletrônicos independentemente do dispositivo que dispara esses processos. Um sintetizador pode ser acionado e controlado por qualquer processo capaz de gerar um código que faça parte de seu “vocabulário”. Esse processo pode ser o movimento de uma tecla, sinais digitais enviados por um computador, ou o movimento dos olhos de um indivíduo, captados por algum dispositivo óptico. O que interessa é que esses processos possam ser codificados e compreendidos pelo sintetizador. E o elemento que executa essa tarefa não é o instrumento em si, mas uma interface. Instrumentos tradicionais tem a interface e o sistema de produção sonora reunidos num mesmo e indissolúvel sistema (Figura 1).

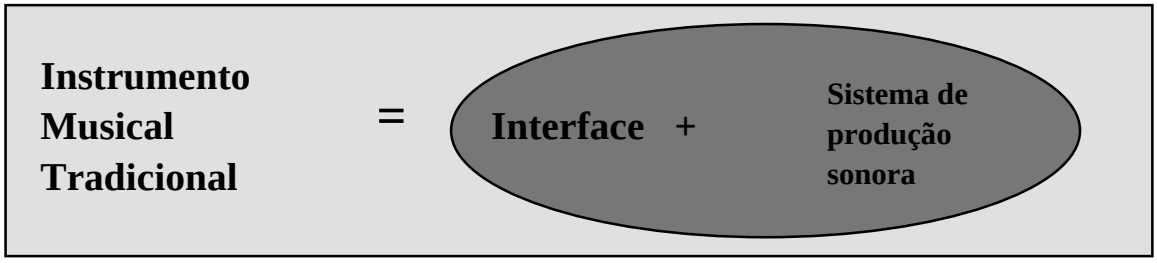

Figura 1: Nos instrumentos tradicionais, o sistema de geração sonora e a interface que controla esse sistema formam uma unidade.

Um instrumento eletrônico é um gerador universal de sons, um meta-instrumento [17] ao qual se acopla uma interface (Figura 2).

Figura 2: Nos instrumentos eletrônicos o sistema de geração sonora é independente da interface que o controla. Eles funcionam na verdade como meta-instrumentos.

6. CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS ELETRÔNICOS

Uma classificação dos instrumentos eletrônicos e digitais deve levar em conta o fato de haver uma explícita separação, nesses instrumentos, entre a *interface* e o *sistema de geração do som* propriamente dito. Outra característica é a de que a tecnologia atual permite que um mesmo sistema compartilhe diferentes interfaces e se utilize de processos variados para a produção sonora. Com essas questões em mente, podemos esboçar uma classificação dos instrumentos eletrônicos, que seguiria o seguinte esquema:

1 - Sistema de geração sonora:
- 1.1 - por transformação
- 1.2 - por síntese
- 1.3 - por amostragem (*sampling*)

2 - Sistema de controle (interface):
- 2.1 Físicos
  - 2.1.1 - interfaces geradas a partir de instrumentos acústicos
  - 2.1.2 - interfaces modeladas a partir de instrumentos acústicos
  - 2.1.3 - novas interfaces
- 2.2 Conceituais
  - 2.2.1- linhas de comando
  - 2.2.2- interfaces gráficas
- 2.3 Biológicas

1 - Sistemas de geração sonora: referem-se ao modo de produção das ondas acústicas do instrumento.

1.1- por **transformação**: partem de um som ou representação desse som preexistente para transformá-lo em um outro signo acústico. Um dos primeiros movimentos a explorar de modo sistemático os processos de transformação sonora foi a *musique concrète* no final dos anos 40.

1.2 - por **síntese**: produzem artificialmente um sinal que irá produzir características acústicas específicas. Um dos primeiros sintetizadores de som de que se tem notícia foi o Singing Arc inventado por Willian Duddell em 1899 quando foi contratado para achar um modo de estudar e eliminar o ruído proveniente de um novo sistema de iluminação pública [10]. Em 1966, os engenheiros norte-americanos Robert Moog e Donald Buchla lançaram independentemente e quase simultaneamente as primeiras versões comerciais de seus sintetizadores baseados em transístores que controlavam a voltagem de osciladores, ao mesmo tempo, Max V. Mathews criava nos laboratórios da Bell Telephone os primeiros programas de computador dedicados à síntese sonora, o MUSIC III. Gradualmente, os sintetizadores analógicos foram sendo substituídos por processos digitais de síntese.

1.3 - por **amostagem** ou ***sampling***. técnica digital imaginada pela primeira vez por Alec Reeves por volta de 1938 e denominada PCM (*Pulse Code Modulation*) [2] consiste em medir discretamente a amplitude de uma onda sonora a intervalos constantes. A seqüência de valores obtidos pode ser então armazenada, modificada e usada para recriar uma onda sonora.

Sistema de Geração Sonora		
Tipo de sistema	**Descrição**	**Exemplos**
transformação	transformam um som pré-existente	filtros, processadores de efeito
síntese	geram um som através de algoritmos	sintetizadores, programas de síntese por computador
amostragem	armazenam e reproduzem amostras digitais de um som	samplers

Figura 3: Classificação dos instrumentos eletrônicos segundo seu sistema de geração sonora.

2 - Interfaces: os diferentes tipos de geradores sonoros requerem algum tipo de interface controladora para desempenhar a função de um instrumento musical.

2.1 - Interfaces Físicas:

2.1.1 - **baseadas na extensão eletrônica de um instrumento mecânico**: os sons provenientes das vibrações geradas pelo instrumento são captados e processados eletronicamente de modo a expandir as possibilidades oferecidas originalmente por esse instrumento. Exemplos são os violinos eletrônicos ZETA ou o Yamaha Disklavier que funcionam como instrumentos acústicos ao mesmo tempo que geram informação digital (MIDI). (outros exemplos *Trumpet MIDI System*; de Dexter Morril e o celleto, de Chris Chafe).

2.1.2 - **modeladas a partir de um instrumento mecânico:** são interfaces inspiradas em instrumentos tradicionais, porém são usadas para controlar um sistema eletrônico de geração sonora. A mais comum o teclado semelhante ao do piano usado na maioria dos sintetizadores disponíveis no mercado. Outros exemplo são o WX11 da Yamaha que simula o funcionamento de um instrumento mecânico como um saxofone; ou o MalletKAT que funciona como uma marimba ou vibrafone eletrônico.

2.1.3 - **novas interfaces:** ampliam os modos de controle de geração sonora pelo interprete e não estão baseadas nos modelos clássicos de instrumentos. Exemplos são o Theremin; o Radio Drum [1] que consiste em uma superfície retangular plana, como a de um tambor, que contém um conjunto de antenas sensíveis à capacitância de ondas eletromagnéticas que registram o movimentos de duas baquetas especiais; O Buchla Lightning [12] [13] consiste de dois bastões que contém transmissores de luz infravermelha cuja posição no espaço pode ser registrada por uma unidade colocada à distância.

Sistema de Controle (Interface)			
	Tipo de sistema	**Descrição**	**Exemplos**
conceituais	***linhas de comando***	códigos alfanuméricos digitados no computador	Music V, CSound
	gráficos	controle através de telas gráficas	TurboSynth, LiSa, Super Collider
físicas	***geradas a partir de instrumentos mecânicos***	expandem um instrumento mecânico	ZETA violin, Trumpet MIDI
	modeladas a partir de instrumentos mecânicos	reproduzem eletronicamente um instrumento mecânico	MalletKat, WX11
	novos tipos de controladores	novos tipos interface, sensores	Buchla Lightning, Theremin
biológicas	***captação de sinais biológicos***	sensores de batidas cardíacas, ondas eletromagnéticas, movimentos da retina	Trabalhos de Richard Teitelbaum, Alvin Lucier, David Rosenboom, biofeedback

Figura 4: Classificação dos instrumentos eletrônicos segundo seu sistema de controle ou interface.

2.2 Interfaces Conceituais: [3] estão ligadas ao desenvolvimento do computador e separam o conceito de instrumento da interface física

2.2.1 - **linhas de comando**: os primeiros desses instrumentos virtuais foram implementados na linguagem MUSIC V na qual o compositor digitava os algoritmos e os dados a serem processados pelo computador.

2.2.2. - **gráficas:** programas que criam ambientes gráficos para a manipulação sonora. Exemplos são programas como o Turbo Synth (Digidesign), o SuperCollider [11] desenvolvido por James McCartney na Universidade do Texas e o LiSa (*Life Sampling*) (1995), um ambiente de manipulação de áudio em tempo real desenvolvido por Michel Waisvisz e Frank Baldé da Steim Foundation em Amsterdam.

2.3 - **biológicas**: interfaces que captam sinais biológicos para produzir ou controlar sons. Compositores como Alvin Lucier, Richard Teitelbaum e David Rosenboom vêm trabalhando, desde o final dos anos 60, com o uso de sensores para captar impulsos provenientes das ondas eletromagnéticas do cérebro, o batimento do coração ou o ritmo da respiração para usar esses dados como material na criação de composições musicais [14] . O compositor David Rosenboom vem desenvolvendo nas últimas três décadas um trabalho onde sinais biológicos são utilizados interativamente para gerar música baseado no princípio de *biofeedback*.

REFERÊNCIAS

[1] Boie, B., Hill, M., & Schloss, A. (1989). The Radio Drum as a Synthesizer Controller. In International Computer Music Conference, (pp. 42-45). Ohio, USA: ICMA.

[2] Davies, H. (1989). A History of Sampling. Experimental Musical Instruments, 5(2), 17-19.

[3] Dodge, C., & Jerse, T. A. (1985). Computer Music: Synthesis, Composition, and Performance. New York: Schirmer Books.

[4] Gorne, A. V. (Ed.). (1991). Vous avez dit Acousmatique? Belgique: Editions Musiques et Recherches.

[5] Iazzetta, F. (1996). Formalization of Computer Music Interaction Through a Semiotic Approach. Journal of New Music Research, 25(3), 212-230.

[6] Iazzetta, F. (1997a). A Música, o Corpo e as Máquinas. Opus: Revista da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música, IV(4), 27-44.

[7] Iazzetta, F. (1997b). Sons de Silício: Corpos e Máquinas Fazendo Música. Tese de Doutorado em Comunicação e Semiótica, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

[8] Jaffe, D. A., & Schloss, W. A. (1994). The Computer-Extended Ensemble. Computer Music Journal, 18(2), 78-86.

[9] Machover, T. (1992). Hyperinstruments: A Composer's Approach to the Evolution of Intelligent Musical Instruments. In L. Jacobson (Ed.), Cyberarts: Exploring Arts & Technology (pp. 67-76). San Francisco: Miller Freeman Inc.

[10] Mackay, A. (1981). Electronic Music. Oxford: Phaidon.

[11] McCartney, J. (1996). SuperCollider. Austin: Software distribuído pelo autor.

[12] Rich, R. (1991). Buchla Lightning MIDI Controller. Electronic Musician, October, 102-108.

[13] Rich, R. (1996). Buchla Lightning II. Electronic Musician, August, 118-121.

[14] Rosenboom, D. (Ed.). (1976). Biofeedback and the Arts, Results of Early Experiments (2ª ed.). Vancouver: Aesthetic Research Centre of Canada Publications.

[15] Schaeffer, P. (1966). Traité des Objects Musicaux. Paris: Éditions du Seuil.

[16] Smalley, D. (1992). The Listening Imagination: Listening in the Electroacoustic Era. In T. H. John Paynter Richard Orton, Peter Seymor (Ed.), Companion to Contemporary Musical Thought (pp. 514-554). London / New York: Routledge.

[17] Wishart, T. (1992). Music and Technology: Problems and Possibilities. In T. H. John Paynter Richard Orton, Peter Seymor (Ed.), Companion to Contemporary Musical Thought (pp. 565-582). London / New York: Routledge.

[18] Zachary, W. W., & Robertson, S. P. (1990). Introduction to Cognition, Computation, and Cooperation. In W. W. Z. &. J. B. Black (Ed.), Cognition, Computing and Cooperation (pp. 1-21). Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.