

## **DESIGN DE SOM EM AMBIENTES INTERATIVOS: O ÁUDIO DINÂMICO**

### ***SOUND DESIGN IN INTERACTIVE ENVIRONMENTS: THE DYNAMIC AUDIO***

Luiz Roberto Carvalho<sup>1</sup>, M. Sc.  
Alice Theresinha Cybis Pereira<sup>2</sup>, PhD.

(1) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
e-mail: [semprecarvalho@gmail.com](mailto:semprecarvalho@gmail.com)

(2) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
e-mail: [acybis@gmail.com](mailto:acybis@gmail.com)

#### **Design de Interface, Design de Som, Áudio Dinâmico**

Nos ambientes interativos, o uso do som não tem avançado como tecnologia na mesma proporção de desenvolvimento dos elementos gráficos, e a predominância do estímulo visual tem feito com que usuários – e desenvolvedores – tomem a ausência do estímulo sonoro como um padrão. Como resultado, tem-se experimentado um universo de interfaces não-sonoras ou poluídas acusticamente. No entanto, nos últimos 20 anos, uma série de esforços tem sido conduzidos por diversos pesquisadores para que o som adquira significado e relevância na área de IHC. O presente estudo objetiva sumarizar tais esforços, bem como expor os conceitos pertinentes do áudio dinâmico, e contextualizar sua aplicação. Ao levantar tais questões, busca-se contribuir para que as discussões acerca do design de som e do design de interface adquiram relevância, e a temática de estudo venha a se desenvolver de modo consistente.

#### ***Interface Design, Sound Design, Dynamic Audio***

*In interactive environments, the use of sound has not advanced as technology in the same proportion of graphics, and the predominance of visual stimulus has caused users - and developers - to take the absence of sound stimulus as a standard. As a result, a universe of non-audible or acoustically polluted interfaces has been tried out. However, in the last 20 years, a number of efforts have been conducted by several researchers to make the sound studies significative and relevant in the area of HCI. The present study aims to summarize such efforts, as well as expose the concepts of dynamic audio, and also contextualize its application. In raising such questions, the study seeks to contribute to related discussions about sound design and interface design.*

## 1 Design de Som

Para [MOSES, 2010], design de som (do inglês *sound design*) é o processo de planejamento, criação e tratamento de áudio de modo a destacar e enaltecer uma narrativa<sup>1</sup>. [MURCH, 2005] cunhou o termo design de som depois de criar os sons para o filme *Apocalypse Now* (1979) que, juntamente com *Star Wars* (1977), modificaram substancialmente a abordagem da utilização de sons no cinema e, conseqüentemente, nas demais mídias audiovisuais. [JEKOSCH, 2006] coloca que, sob o ponto de vista do design de som, condicionar as reações acerca dos eventos sonoros é um critério de projeto majoritário, sendo que a qualidade de um som pode ser considerada elevada se um evento acústico é percebido como portador de informação, e um significado específico seja extraído desse estímulo.

[JEKOSCH, 2006] sugere que o ouvinte dispõe de um sistema de aquisição de sons e seus significados ou, em termos técnicos, de um conjunto *léxico*<sup>2</sup> de sons. Este conjunto léxico contém recursos auditivos invariantes, como a forma do som (como o som típico causado por um martelo batendo em metal), seu conteúdo respectivo de experiência (som forte de colisão), e suas inter-relações de funções (utilizar a pancada do martelo para forjar o metal). Tais itens lexicais são constituintes de informação necessários para que o significado associativo do som seja extraído: quando há uma satisfatória correspondência entre dados de percepção, dados de experiência e expectativa, o evento sonoro adquire significado. Assim, ao ouvir-se determinado tipo de som, sistemas significação são ativados e consultados

<sup>1</sup> [BARTHES, 1976] afirma que o processo de leitura de uma narrativa não se restringe à simples passagem de palavras, mas refere-se a uma transposição de níveis de entendimentos e interpretações, onde, durante sua compreensão, são projetados encadeamentos em reconhecidos estágios. A narrativa pode ser sustentada pela linguagem articulada, oral ou escrita, pela imagem, fixa ou móvel, pelo gesto, pela mistura ordenada destes elementos, e por todos os demais processos comunicativos geradores de significado.

<sup>2</sup> Léxico pode ser definido como o acervo de palavras de um determinado idioma: todo o universo de palavras que as pessoas de uma determinada língua têm à sua disposição para se expressar, oralmente ou por escrito.

como referência, sendo o estímulo auditivo um tipo de sinal que atua conjuntamente com a memória. Quando um indivíduo é exposto a estímulos auditivos desconhecidos, as características desse sinal acústico são correlacionadas com um sistema interno de significados que contém tudo o que foi vivenciado pelo indivíduo, de modo que essas novas informações acústicas sejam apreendidas.

O som conecta o indivíduo ao mundo físico informando sobre a relação entre objetos e eventos físicos que o circundam. Nesse sentido, a consciência auditiva de um grupo de sons geralmente ocorre em virtude da audição de um elemento significativo que é parte integrante de um grupo de sons, como por exemplo, o som de cascos de um cavalo a galope não é idêntico à totalidade de sons que é emitida durante o galope, mas integra a composição sonora do galope. Nesse contexto, a percepção auditiva pode ser entendida como o ato de tornar-se consciente do todo em virtude das suas partes. Esse fenômeno é verdadeiro mesmo se o som é mediado através de um alto-falante: a percepção não diferencia os sons de um copo de vidro que vai ao chão e se quebra do som gravado do mesmo evento sendo disparado por um par de fones de ouvido com qualidade técnica compatível. De acordo com [LILJEDAHN, 2011], em indivíduos que já tiveram experiências em consultórios odontológicos com a utilização da broca, o som da mesma lhes confere uma sensação corporal quase que direta, e é possível praticamente senti-la na própria boca. No entanto, apenas a imagem da broca, sem o som característico, não surte o mesmo efeito sobre a imaginação, emoções e fisiologia humanas.

## 2 A Problemática do Design de Som nos Ambientes Interativos

A importância do som na interação com objetos virtuais já é bem conhecida. [CORBETT *et al*, 2007] conduziu um estudo que assinala a evolução dos estudos acerca da utilização de sons em sistemas interativos apontando para a seguinte sucessão de fatos: [GAVER, 1986, 1989; 1992; 1993; 1993b] foi pioneiro no estudo do uso de sons sintéticos na interação humano-computador; [TAKALA e HAHN, 1992] foram os primeiros a

desenvolver uma proposta para a produção de efeitos sonoros em sincronia com animação, em que sons estão ligados a objetos e eventos gráficos; [HAHN *et al*, 1995] introduziu uma série de algoritmos para a criação de sons sintetizados em computador; porém, a técnica pioneira de produção de sons sintetizados foi desenvolvida por [COOK, 1995, 1996], amplamente utilizada na criação de efeitos sonoros para utilização em ambientes interativos.

No entanto, no ano de 1996, [STUART, 1996] apontava que a utilização dos recursos tecnológicos em hipermídia se restringia somente a modalidade visual. De acordo com o autor, pouco se investiu em áudio<sup>3</sup>, um elemento que traz qualidade para o conteúdo, facilita a acessibilidade das informações e as torna mais atraentes, além de seu baixo custo de produção, distribuição e uso. Dez anos após, segundo os estudos de [SUSINI *et al*, 2006], não houve avanços significativos em relação ao som. O autor aponta que no mercado de design existe uma supervalorização da comunicação visual, e devido as suas limitações, os produtos e serviços em design podem muitas vezes apresentar inconsistências quando demais propriedades sensoriais se fazem relevantes, como no caso de informações sonoras e táteis. No entanto, dispositivos portáteis como o *tablet* e o *smartphone* demonstram que o processo tátil e os requisitos hápticos<sup>4</sup> avançam como tecnologia, enquanto o som e suas funcionalidades cognitivas ainda permanecem pouco explorados no campo da Interação Humano-Computador.

[BREWSTER, 1994], um dos pioneiros nos

estudos de som na IHC, pontua que quase todas as informações apresentadas por sistemas digitais utilizam-se apenas do canal visual, que implica na possibilidade de perda de informação em decorrência de limitações advindas da sobrecarga visual ou porque o usuário<sup>5</sup> pode não dirigir os olhos para determinada informação relevante. O autor sugere que uma interface multimodal deve integrar a utilização de informações não somente advindas do canal visual, mas também utilizar-se do canal auditivo para apresentar as informações da forma mais eficiente possível. Quase duas décadas após os primeiros apontamentos de Brewster, a componente sonora da interface ainda permanece num estado de desenvolvimento incipiente. [PARKER e HEEREMA, 2008] afirmam que o uso do som em ambientes interativos não tem avançado como tecnologia na mesma proporção de desenvolvimento dos elementos gráficos e, consequentemente, sua utilização em aplicações interativas tem sido muito mais reativa<sup>6</sup> do que interativa. Em consonância, [LILJEDAHN, 2011] pontua que o desenvolvimento de interfaces web tem tradicionalmente colocado ênfase nos elementos gráficos, e a predominância do estímulo visual tem feito com que os usuários – e desenvolvedores – tomem a ausência do estímulo sonoro como um padrão. Estas circunstâncias têm contribuído para que os usuários tenham se acostumado com a desimportância factual do som, de modo a desenvolver associações negativas em relação às experiências auditivas presentes nas interfaces.

Nos últimos 15 anos, a apropriação da linguagem sonora pela hipermídia não apresentou avanços significativos. No ano de 2001, [BISHOP e CATES, 2001] pontuaram que livros sobre design de interface raramente discutem o uso do som, e quando o fazem, o uso mais frequentemente discutido é o da simples narração de texto na tela. Em 2007, [FOLLET, 2007] pontuou que a escolaridade e formação profissional em design de interface e *UX design*<sup>7</sup> é essencialmente baseada na

<sup>3</sup> O termo áudio vem do latim *audio*, primeira pessoa do presente do verbo *audire*, que significa ouvir. Num sentido mais amplo, refere-se a todos os fenômenos de onda que ocorrem dentro do espectro das frequências audíveis, ou seja, entre 20Hz e 20kHz. Trata-se de uma área científica com intersecções na eletrônica, na acústica e na música, que estuda as aplicações que se destinam à geração, processamento, armazenamento, registro, manipulação e reprodução de informações sonoras sob distintas formas (elétrica, óptica, digital). Quando no domínio acústico, uma onda de áudio gera ondas sonoras e é conhecido como “som”.

<sup>4</sup> O adjetivo háptico significa “relativo ao tato”, “sinônimo de tátil”, e é proveniente do grego *haptikós*, ἁπτικός “próprio para tocar, sensível ao tato”. É o correlato tátil da óptica (para o visual) e da acústica (para o auditivo). Fonte: Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Objetiva, 2001.

<sup>5</sup> Usuário: pessoa que interage com o produto [ISO 9241, 2011].

<sup>6</sup> Sem a participação ativa do usuário.

<sup>7</sup> Do inglês *user experience design*; design para a experiência do usuário, em tradução livre.

área de design visual, ainda mantendo relações com a mídia impressa, não havendo nenhuma base de conteúdos em design de som. Em 2014, [COLLINS e KAPRALOS, 2014] apontaram que muitos docentes que ensinam design de interface não possuem instrução para lecionar assuntos relacionados ao som em suas disciplinas. De acordo com os autores, há recursos limitados para que os docentes se sintam aptos em instruir os alunos acerca do som. Por tal razão, alunos de design de interface muitas vezes completam seus graus acadêmicos sem seguir uma única classe relacionada ao som e a interatividade. Enquanto a integração de texto e gráficos é uma ocorrência familiar e comum no campo do design de interface, a utilização do som é território ainda desconhecido e raramente considerado, e como consequência, a aplicação do som nos dispositivos de IHC, tanto nos ambientes *web* e *desktop* quanto nos portáteis *tablet* e *smartphone*, ainda é caracterizada como uma prática incipiente, e subutilizada.

[ROCCHESSO *et al*, 2008] indicam que esta ênfase exagerada em *displays* visuais tem limitado o desenvolvimento de sistemas interativos que são capazes de fazer um uso mais adequado da modalidade auditiva. O autor assevera que apesar de promissor e com já reconhecida importância, o design de som de interface não é uma disciplina estabelecida como ocorre com o design de interface gráfica. Por conseguinte, o uso do som em aplicações interativas tem sido colocado em segundo plano, e sons *não musicais* têm sido aceitos como subprodutos de tecnologias, ao invés de serem explorados por seu valor intrínseco. Como resultado, tem-se experimentado um universo de interfaces não-sonoras ou poluídas acusticamente.

Segundo [ALVES e ROQUE, 2011], o design de som de hipermídia permanece o ofício de uma minoria, e a ausência de um organismo de conhecimento sobre o assunto tem contribuído grandemente para a manutenção desse estado de coisas. Um sinal evidente da falta de um corpo relevante de conhecimentos é a indisponibilidade de diretrizes<sup>8</sup> claras ou boas práticas sobre design

de som de interface. No entanto, no que diz respeito à modalidade visual da hipermídia, este tipo de apoio existe e já é amplamente conhecido e difundido. Nesse contexto, os autores apontam dois aspectos relevantes para que uma reorientação da investigação do som na interface possa ocorrer: a sensibilização e o suporte. Isto significa fazer com que acadêmicos e profissionais da área de design de interface tornem-se mais conscientes da baixa apreciação que a componente sonora possui, e desse modo venham a combater essa tendência através da proposição de formas inovadoras para explorar o seu potencial.

No entanto, para [COLLINS, 2013], muitas vezes uma peça essencial para que a abordagem sobre som e interface possa ser concretizada é negligenciada: o usuário. Embora seja relativamente simples especificar distintas estruturas interativas na interface, é complexo lidar com as experiências resultantes da interação entre a plataforma e o usuário. Nesse contexto, a interação com o som é fundamentalmente diferente da sua simples audição. Em seu nível mais básico, a interação altera as formas com que os indivíduos se relacionam com os sons, pois cria uma relação experiencial distinta da mera audição: interagir com o som é fundamentalmente diferente de apenas ouvi-lo. A questão central, portanto, concentra-se em apontar como os usuários de hipermídias processam os eventos acústicos, ou seja, como os estímulos sonoros são capazes de transmitir informações específicas. Nesse sentido, [CANCELARO, 2006] pontua que a grande questão que envolve a utilização de sons nos sistemas interativos não se encontra mais no desafio técnico de aplicar estes sons na plataforma de programação do aplicativo, pois as barreiras tecnológicas e de custo para a plena integração do som nas interfaces já desapareceram, e conclui que o foco deve direcionar-se ao som como transmissor de uma mensagem pretendida.

<sup>8</sup> O Novo Dicionário Eletrônico Aurélio (2016) define “diretriz” como um conjunto de instruções ou indicações para se levar a termo um

plano, uma ação, um negócio, diretiva. O *Cambridge International Dictionary of English* (2016, em tradução livre) define “diretriz” como uma informação com a intenção de orientar pessoas sobre o que deve ser feito e como deve ser feito.



## 2.1 O Som nas Aplicações Interativas

Em aplicações interativas, sinais auditivos podem auxiliar o usuário a se orientar, aumentar sua sensação de presença, aumentar o desempenho de tarefas e adicionar imersão. [COLLINS e KAPRALOS, 2014] apontam que o som é capaz de comunicar informações importantes ao usuário, como situá-lo num local específico no tempo e no espaço, e criar um senso de “realismo” no ambiente virtual. Em particular, o som desempenha uma importante função de imergir o usuário e estimular seu envolvimento emocional com a interface. De acordo com [BREWSTER, 1994], um dos pioneiros no estudo do som na IHC, há muitas razões pelas quais é importante utilizar sons em interfaces, a saber:

- a) Quando a informação é representada de forma visual, os usuários devem centrar sua atenção no dispositivo de saída (monitor de vídeo), a fim de obter as informações. Sons, por outro lado, possuem uma natureza omnidirecional, e podem ser ouvidos sem a necessidade do usuário concentrar-se num dispositivo de saída, proporcionando assim maior flexibilidade;
- b) O som chama a atenção. Os usuários podem optar por não olhar para a tela, mas não podem evitar ouvir sons. Isso faz com que o sistema auditivo seja uma via ideal para a apresentação de alarmes e advertências;
- c) Há evidências que sugerem que a partilha de informação entre distintas modalidades sensoriais pode melhorar o desempenho de execução de uma tarefa. Correlações intermodais resultantes da partilha entre os sentidos visual e sonoro podem tornar a interface mais natural. O som clássico de “papel sendo amassado” quando um arquivo é colocado na lixeira do computador é um exemplo;
- d) Alguns objetos ou ações dentro de uma interface podem adquirir uma representação mais natural se expressos através do canal auditivo. Sons são úteis para fornecer informações sobre processos em segundo plano e acerca do funcionamento interno de um sistema, sem comprometer a atenção visual das tarefas em foco.

Ao utilizar o som é possível minimizar dificuldades interpretativas contidas na representação visual de uma informação. [REBELO, 2004] relata que o sinal sonoro é uma via eficaz de transmissão de informações quando o canal visual está sobrecarregado, e [YANTAC & ÖZCAN, 2006] justificam tal constatação quando pontuam que ao utilizar somente o canal visual da interface sobrecarrega-se essa componente em detrimento dos demais canais sensoriais disponíveis. Nesse contexto, existem várias tarefas nas quais o sentido auditivo pode aumentar o desempenho da absorção e assimilação da informação. [IUPPA e BORST, 2010] colocam que quanto mais realista uma interface pretende ser, mais importante tornam-se os sons, devido à própria natureza do estímulo auditivo, que é decorrente de ações pertinentes ao ambiente físico. Nesse sentido, [SHNEIDERMAN e PLAISANT, 2009] apontam que cada vez mais elementos sonoros estão sendo incorporados nos ambientes interativos para otimizar a apresentação de conteúdos, bem como para melhor atender às distintas características cognitivas dos usuários.

Quando não é possível - nem desejável - dirigir os olhos para o *display* visual da interface, o áudio se torna indispensável. Este é o caso da de interfaces *eyes-free*, nas quais o usuário deve manter contato visual com outros elementos do ambiente ou onde a visão é comprometida por outros conjuntos de ação. Nesse sentido, existem formas de intensificar a experiência de áudio quando os usuários não estão olhando ou não podem interagir com a componente visual da interface, e há uma série de considerações a pontuar quando da utilização do som nestes dispositivos. Por exemplo, ao utilizar um *smartphone* no transporte coletivo (trem, metrô, ônibus), é muito comum que os usuários ouçam música, naveguem na internet, joguem *games*, sendo esta uma abordagem consideravelmente distinta da utilização de um GPS, onde o som desempenha um papel extremamente relevante no fornecimento de informações ao usuário. Ao utilizar um GPS é possível determinar se o usuário está parado, analisando os mapas visualmente, ou em movimento, e dessa forma o sistema é capaz de identificar se sua visão está ocupada. Nesse

sentido, o *status* do dispositivo é um relevante indicativo do tipo de engajamento que o usuário possui com a interface, e denota variantes importantes acerca dos canais sensoriais mais apropriados para a interação.

[KAUSHANSKY, 2012] pontua que uma boa experiência inclui *feedback*<sup>9</sup> de ação para cada *input* do usuário, como por exemplo, ao pressionar uma tecla numérica sobre um *smartphone*, um som de confirmação de ação é disparado enquanto o número é exibido para visualização. [MEARS, 2014] relata que em observações de testes de usabilidade os indivíduos de idade mais avançada ou os menos confortáveis com a tecnologia em muitos casos possuem o som de feedback do toque *tap* (toque dos dedos na superfície tátil) das teclas ativado em seus *smartphones*. O autor aponta que normalmente a primeira atividade que muitos usuários jovens fazem é desligar este tipo de retorno sonoro, uma vez que pode ser considerado irritante em ambiente público. No entanto, para os usuários que estão acostumados com teclados de interfaces *desktop* clássicas (que emitem sons físicos ao digitar) e não estão familiarizados com a tecnologia *touch screen*, esse feedback de áudio proporciona uma confirmação de ação, sendo que sem o mesmo a percepção de envio e recebimento de dados com a interface se faz incipiente.

No caso de interfaces já munidas de sons, [IUPPA e BORST, 2010] apontam que desativar o áudio em algumas situações pode restringir substancialmente as possibilidades de imersão e interatividade, fenômeno comumente observado nos títulos de games. [COLLINS, 2008] pontua que desligar o áudio colocará o usuário em situações de maior dificuldade, tendo em vista a ausência do feedback auditivo, que é muito utilizado como indicativo de eventos que estão ocorrendo, mas não são visualizados. No título do game *New Super Mario Bros* para o console *Nintendo DS* (Nintendo, 2004), por exemplo, os adversários saltam e voam de acordo com o tempo da música. Logo, ouvir os sinais sonoros pode

indicar ao usuário o momento exato de executar determinados movimentos para o sucesso da tarefa. Nesse contexto, se não houver um nível básico de sons na trilha sonora do aplicativo, uma atmosfera insuficiente será percebida pelo usuário e a experiência de imersão será comprometida pela insuficiência de estímulos sonoros.

O grau variável com o qual o usuário pode interagir com o som sugere que o áudio em ambientes interativos pode servir a uma grande variedade de funções, no entanto, é importante pontuar que a interface gráfica<sup>10</sup> irá influenciar na percepção dos estímulos auditivos, logo, ambos devem ser projetados simultaneamente para que possam atuar em congruência.

## 2.2 Áudio Dinâmico: Interativo Direto e Adaptativo Indireto

Em discussões sobre áudio em ambientes interativos, [COLLINS, 2008] aponta que o termo *interativo* é por vezes utilizado para intercambiar ou ampliar o significado de termos como *reativo* e *adaptativo*. O áudio interativo se refere aos eventos sonoros resultantes da interação direta do usuário, já o áudio adaptativo é um tipo de som que reage ao estado da interface, respondendo de maneira automatizada a distintos parâmetros, como localização espacial, condição narrativa, estados de alerta, entre outros. Para evitar que os termos possam gerar ambiguidade, a autora sugere a utilização do termo *áudio dinâmico* para definir os eventos sonoros ocorridos na interface, sejam estes de natureza interativa ou adaptativa. É o áudio que reage tanto às mudanças no ambiente quanto à resposta do usuário.

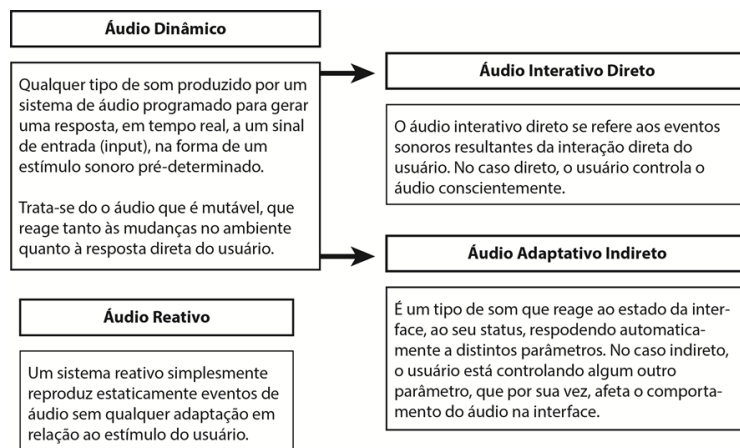
Para [COLLINS, 2008], o áudio interativo é definido como qualquer evento sonoro que reage a um sinal de entrada direto do usuário, levando a uma reação de causalidade simples, ou seja, com

<sup>9</sup> [NORMAN, 2006] pontua que o feedback é um conceito muito utilizado na ciência de teoria e controle de informações. Trata-se de fornecer ao usuário o retorno, a realimentação de informações sobre a ação que foi executada.

<sup>10</sup> Em computação, uma Interface Gráfica de Usuário (do inglês GUI, *Graphical User Interface*) é um tipo de interface que permite aos usuários interagir com dispositivos eletrônicos com imagens, ao invés de comandos de texto. A GUI representa as informações e ações disponíveis para o usuário através de ícones gráficos e indicadores visuais, em que as ações geralmente são realizadas através da manipulação direta dos elementos gráficos.

correspondência isomórfica, ponto-a-ponto, como por exemplo, o som emitido ao pressionar-se um botão no teclado para efetuar determinada ação. Já o áudio adaptativo, por outro lado, é o som que reage aos estados da interface, respondendo a vários parâmetros pré-estabelecidos, como contagem de tempo, performance, entre outros. O disparo de um som sob a mecânica do áudio adaptativo não é plenamente determinado pela ação direta do usuário, ou seja, o resultado sonoro envolve outras variáveis do próprio sistema, sobre as quais o usuário não possui controle direto. Um exemplo de áudio adaptativo encontra-se no game *Super Mario Bros* (Nintendo Inc., 1993), no qual o ritmo da música aumenta quando o cronômetro do jogo atinge poucos segundos para a conclusão do nível, como forma de alertá-lo que o tempo irá se esgotar em breve. O áudio interativo refere-se aos eventos sonoros disparados diretamente pelo usuário, como por exemplo, quando um botão é pressionado, ou quando o cursor do mouse passa sobre um item que emite um som. Já o áudio adaptativo diz respeito aos estímulos sonoros resultantes da participação indireta do usuário nos ambientes interativos.

De acordo com [Bar-B-Q, 2003], os estímulos sonoros presentes nos sistemas interativos podem ser classificados como áudio interativo direto e áudio interativo indireto. No entanto, [COLLINS, 2008] aponta que o grupo de sons pertencente ao domínio da interface pode ser classificado como áudio dinâmico, e os divide em áudio interativo e áudio adaptativo. Como tais conceitos são concordantes entre si, e objetivando minimizar a possibilidade de ambiguidade das nomenclaturas, assume-se a categorização dos termos *áudio interativo direto* e *áudio adaptativo indireto*, ambos pertencentes ao grupo do áudio dinâmico, como proposto na figura a seguir:



**Figura 1:** Proposição terminológica: áudio dinâmico, interativo direto, adaptativo indireto e reativo.

Segundo Bar-B-Q (2008) dentre as principais características do áudio interativo, podem-se destacar as seguintes:

- Melhora na experiência do usuário através do aumento dos níveis de imersão;
- Criação de uma experiência participativa;
- Possibilita a realização de novos tipos de atividades;
- É potencialmente mais barato de implementar.

Dentre as possíveis plataformas de aplicação do áudio interativo destacam-se os ambientes virtuais, games, *websites*, *players* de música, *e-books*, softwares, smartphones, automóveis, eletrodomésticos, brinquedos. Devido à sua natureza, conforme os dispositivos digitais se desenvolvem, maiores tornam-se as possibilidades de aplicação do áudio interativo.

*Leonard Paul*, compositor e sound designer de games, apresenta um sistema que ilustra a utilização dos princípios do áudio dinâmico:

“O jogador está em um pântano, a paisagem sonora é composta de sons de sapos, moscas, pássaros e vento; cada um desses elementos está em um plano sonoro diferente – os sapos e o vento ao fundo, as moscas e os pássaros mais próximos; eles interagem entre si – quando o vento aumenta, as moscas diminuem. De repente, o jogador dá um tiro. O tiro irrompe a paisagem



e a cala: só se ouve o vento. Os viventes, calados, aos poucos vão se reconstituindo: primeiro os sapos, depois as moscas, muito depois os pássaros” [MENEGUETTE, 2011, p.5].

Na situação mencionada, observa-se que o resultado sonoro não é determinado apenas pelo *input* do usuário. O som do disparo da arma trata-se de uma resposta direta a um sinal de entrada, sendo classificado como *áudio interativo direto*. No entanto, as reações sonoras do ambiente, consequentes dessa ação, fazem parte do grupo do *áudio adaptativo indireto*, pois podem variar, neste contexto, conforme a localização espacial do usuário, e não há controle direto sobre o início ou o término das resultantes sonoras.

### 2.3 Imersão e Áudio Dinâmico

Ao vivenciar uma narrativa num ambiente interativo, [MURRAY, 2003] aponta para a existência de três princípios estéticos:

- a) A imersão, que é a capacidade do usuário se sentir presente em outro lugar, vivenciando tudo que o mesmo proporciona;
- b) A agência, que é a sensação que o usuário tem ao obter um resultado relevante e imediato quando se realiza uma determinada ação;
- c) A transformação, que é a possibilidade permitida nos meios digitais em mudar formas e conteúdos dos seus elementos.

De acordo com [JENNETT *et al.*, 2008] a imersão é uma experiência que inclui a supressão de todos os ambientes (espacial e temporal), com a sensação de estar em outro ambiente. Isto sugere que a imersão é uma experiência relacionada com o processamento cognitivo e a atenção: quanto mais imersiva é uma experiência, mais atenção é exigida do usuário. A imersão seria provocada como resultado de uma ação que pede uma resposta emocional que influencia a atenção e, consequentemente, leva a imersão. A imersão pode ser descrita como uma sensação crescente, uma experiência que se desenrola ao longo do tempo e é dependente da prontidão perceptiva dos usuários.

[SALEN e ZIMMERMAN, 2003] denominam de *falácia imersiva* a ideia de que o prazer de uma experiência de mídia reside em sua capacidade de transportar o participante para uma simulada realidade, tão completa que, idealmente, a interface desaparece e o usuário realmente acredita que faz parte da mesma. [GRAU, 2003] aponta que imersão caracteriza-se por diminuir a distância crítica entre o que é exibido e o usuário, e desse modo amplificar seu envolvimento emocional. Nesse contexto, [JØRGENSEN, 2006] aponta que o grau de realismo fornecido por sinais sonoros é um facilitador primordial para a imersão.

Um espaço de imersão realista é desenvolvido com um grau de naturalidade mediado por distintos entendimentos de percepção. No caso de interfaces projetadas para games, estes raramente são situados em mundos realistas, e mesmo quando o são, não se trata de uma simulação da realidade, mas um realismo cinematográfico que se baseia em convenções já estabelecidas, como ocorre com o cinema, com seus exageros que extrapolam as próprias leis físicas. [ERMI e MÄYRÄ, 2005] dividem a imersão em três níveis. A primeira dimensão é a da imersão sensorial, onde grandes aparatos de visualização de imagem perto do rosto do jogador e poderosos sistemas de som facilmente dominam as informações sensoriais vindas do mundo real, e o jogador fica totalmente focado no universo do game e nos seus estímulos. A segunda forma é baseada em desafios de interação, onde se deve haver um equilíbrio satisfatório entre desafios requeridos e habilidades necessárias. O terceiro nível de imersão é imaginativo, que tem significado quando o game oferece ao jogador a chance de usar sua imaginação, criar empatia com personagens, ou simplesmente desfrutar da fantasia do jogo. Particularmente, a dimensão imersiva imaginativa é fortemente reforçada pela utilização do som.

O áudio desempenha um papel significativo na qualidade imersiva de uma interface. Qualquer tipo de interrupção na interação distrai o usuário e reduz seu grau de imersão. Em relação ao áudio, isso se dá quando há interrupções na trilha sonora da interface, como no caso de transições abruptas



entre pistas sonoras sem a utilização de *fade*<sup>11</sup>, e com a prática exaustiva de *looping*<sup>12</sup>. [COLLINS, 2008] pontua que nos games o áudio dinâmico se constitui requisito indispensável para o sucesso dos títulos, uma vez que os usuários estão cada vez mais desinteressados pelo típico modelo de reprodução de áudio que foi utilizado praticamente desde sua origem, o *looping*. Nesse sentido, o áudio dinâmico apresenta desafios ao designer de hipermídia, tendo em vista que a variabilidade de elementos sonoros é premissa de projeto, dadas as características de imprevisibilidade de ação do usuário.

O conceito de som interativo como sendo um evento disparado pelo usuário sugere que o mesmo é repetível e, se a ação for executada novamente, o disparo será acionado novamente. Nesse sentido, [COLLINS, 2013] pontua que essa repetição de eventos é um dos elementos-chave na capacidade do som em fornecer feedback aos usuários. A repetição estabelece uma expectativa: o usuário irá ouvir o mesmo som como uma confirmação de uma ação já anteriormente executada. Este feedback auxilia os usuários na medida em que a confirmação das suas ações aumenta a sua eficiência na execução de determinada tarefa. No entanto, a repetição possui uma desvantagem: os usuários podem passar a sentir-se incomodados com a o mesmo disparo sonoro por consecutivas vezes. A repetição de uma pista sonora pode afetar a imersão, como aponta [MORTON, 2005; tradução livre] ao enfatizar que a prática exaustiva do *looping* é tida como uma maneira ineficaz de utilizar a música nos games:

“Você não somente eliminou a eficácia emocional da música, não a aplicando num contexto específico e generalizando-a, mas com a prática do *looping* exaustiva, você completamente separou o jogador da narrativa. E o que é pior, o *loop* geralmente se torna chato depois de um tempo.”

[SERAFIN, 2004] aponta que *loops* e repetições na paisagem sonora são susceptíveis de serem

detectados pelos usuários e percebidos como irreais, e [CANCELLARO, 2006] pontua que sua utilização demasiada deve ser evitada. Caso os sons não sejam suficientemente relevantes no contexto da interface, estes podem tornar-se repetitivos e entediante, gerando fadiga no ouvinte. O conceito de “fadiga do ouvinte” deve ser tratado com cautela: algumas interfaces são projetadas para uso consecutivo, e sons repetitivos podem ser cansativos, especialmente se o usuário passa muito tempo em uma área específica da interface. No caso dos games, em que a maioria dos títulos são projetados para serem jogados várias vezes, a audição repetida de um som pode tornar-se exaustiva. Para solucionar tal dificuldade, alguns games passaram a incorporar *timings*<sup>13</sup> para as pistas de áudio, de modo que, se o usuário permanecer em determinado ambiente, a música não se repetirá infinitamente, mas em vez disso, simplesmente não mais será tocada. [COLLINS, 2008] argumenta sobre o game *Halo*, em que há um comando chamado “estou entediado”. Se o usuário permanece no mesmo ambiente durante cinco minutos, a música de fundo desaparece, em *fade*.

Em ambientes interativos, a repetição incessante de um determinado som compromete a imersão, e isto é particularmente grave quando se utiliza o diálogo. Para os seres humanos, a voz humana é o som mais importante que existe. Desde bebês, os indivíduos aprendem a ouvir a voz humana, sendo possível absorver sutis nuances de frequência, volume e timbre que são capazes de alterar o sentido de uma sentença, como por exemplo, de um elogio para uma crítica. Segundo [STEVENS e RAYBOULD, 2011], isto ocorre porque a audição é mais sensível no intervalo de frequências da qual a fala humana se propaga. Logo, é importante ter cautela com o uso excessivo de vozes humanas nas interfaces.

Um importante fator a ser considerado ao utilizar o discurso verbal nas interfaces diz respeito à própria natureza dos sistemas interativos. Estes ambientes permitem ao usuário retomar interfaces já anteriormente percorridas em seu trajeto de

<sup>11</sup> Termo técnico utilizado para indicar a diminuição gradual de um som até que o mesmo torne-se inaudível.

<sup>12</sup> Trechos de áudio (como uma batida ou *riff* de guitarra) que podem ser concatenados e repetidos consecutivamente.

<sup>13</sup> Períodos determinados de tempo; temporizadores.

navegação. Mesmo que o usuário se depare com a repetição de elementos visuais e estruturais da interface, ao receber repetidamente estímulos auditivos pelos quais já foi exposto, o usuário pode absorver esta mesma informação como um “diálogo mecanizado”, e suspender seu estado de imersão. Nesse contexto, sons verbais não devem ser disparados repetidamente em sistemas interativos. Dependendo da importância e relevância de seu conteúdo, os disparos sonoros verbais podem ser suprimidos no retorno do usuário à interface, permitindo-lhe ouvi-los novamente somente se desejar. Num cenário ideal, distintas capturas de um mesmo conteúdo devem ser realizadas contemplando distinções de timbre, tessitura, dinâmica vocal, de modo que o usuário possa se relacionar com os conteúdos sonoros de origem verbal de maneira menos repetitiva e mais humanizada.

A quantidade de informação que pode ser adicionada a uma interface através do som ainda é desconhecida. [SERAFIN, 2004] sugere que os objetos que são vistos e suscetíveis de emitir algum tipo de som devem ser sonorizados, porém sons de outros objetos em movimento que não são vistos pelo usuário podem distraí-lo. A autora exemplifica com base em um projeto no qual um jardim botânico fora recriado virtualmente. Neste, o som de pássaros havia sido artificialmente posicionado no topo da cabeça dos usuários, o que acabou por gerar certo grau de confusão, tendo em vista que os usuários procuravam pelas aves na interface, que não estavam presentes no ambiente virtual.

### 3 Considerações Finais

Os ambientes interativos oferecem um campo novo e bastante singular de estudo que requer uma revisão de antigas teorias para que uma coerente abordagem entre design de som e design de interface possa ser realizada. No entanto, os ambientes interativos são muito distintos das formas tradicionais de mídia e, em muitos casos, a utilização de teorias advindas de outros campos pode não corresponder à completude de possibilidades e características que se aplicam no domínio da interface. Nesse contexto, as aplicações do som em plataformas interativas diferem-se das

utilizadas nas mídias lineares tradicionais, como ocorre com a música, e o cinema.

Possibilidades significativas de melhorias no campo do design de som são dadas quando o som é analisado sob uma ótica abrangente no que diz respeito às suas características de conteúdo, forma e função. Em termos de percepção, tais parâmetros sonoros são difíceis de estimar com alta precisão, tornando-se ainda mais complexos quando no domínio da hipermídia, que dão origem a uma equivalente perceptual que somente corresponde a uma realidade factual física aproximada, tendo em vista que muitos sons presentes nos dispositivos de IHC não possuem uma correspondente física, pois foram criados exclusivamente para utilização na interface. A questão central, portanto, deve concentrar-se em apontar como os ouvintes processam os eventos acústicos da interface quando estes são tidos como processos de comunicação e, portanto, portadores de informações específicas.

A duração de determinado estado de interface é um elemento complexo de se quantificar, tendo em vista que cada usuário a manipula de acordo com seu interesse. Logo, a experiência do usuário é fator determinante para que haja interatividade com os elementos sonoros presentes na interface. Para que o design de som venha a se integrar, de fato, ao design de interface, a solução mais apropriada é oferecer aos usuários o total controle sobre as possibilidades de som, tornando a abordagem do áudio dinâmico consonante com os princípios do design para a experiência do usuário.

Já existem conhecimentos científicos e tecnológicos suficientes para que seja possível iniciar um *pensar sobre o som* como uma das principais dimensões dos ambientes em que habitamos – sejam estes físicos ou virtuais. Isso significa superar a presença do som como ruído<sup>14</sup> e promover uma atitude orientada ao canal auditivo como portador de informação, apropriando-se dos estímulos sonoros para transmitir mensagens sistematicamente.

<sup>14</sup> De acordo com Keeffe (2011), o termo ruído é frequentemente usado para descrever sons indesejáveis ou que possuem características que o definem como negativo e desagradável ao ouvinte.

## 4 Referências Bibliográficas

ALVES, Valter; ROQUE, Licínio. Guidelines for Sound Design in Computer Games. In: Grimshaw, M. (Ed.), **Game sound technology and player interaction: Concepts and developments**. Hershey, PA: IGI Global, 2011.

BAR-B-Q, Project. Group Report: What is Interactive Audio? And What Should It Be? **The Eighth Annual Interactive Music Conference PROJECT BAR-B-Q 2003**, San Antonio, USA, section 5, dez., 2003.  
Disponível em:  
<<http://www.projectbarbq.com/bbq03/bbq03r5.htm> >.  
Acesso em: 15 jun. 2014.

BARTHES, R. **Análise estrutural da narrativa: pesquisas semiológicas**. Tradução de Maria Zélia Cardoso Pinto. 4ª Ed. Petrópolis: Vozes, 1976.

BISHOP, M. J.; CATES, Ward Mitchell. **Theoretical foundations for sound's use in multimedia instruction to enhance learning**. Educational Technology Research and Development. Volume 49, Number 3, pp. 5-22, 2001.

BREWSTER, Stephen Anthony. **Providing a Structured Method for Integrating Non-Speech Audio into Human-Computer Interfaces**. Submitted for the degree of Doctor of Philosophy. University of York, Human-Computer Interaction Group, Department of Computer Science. August, 1994.

CANCELLARO, Joseph. **Exploring Sound Design for Interactive Media**. Delmar Cengage Learning; 1 ed., 2006. Clifton Park, NY.

COLLINS, Karen. **Game Sound: an introduction to the history, theory, and practice of video game music and sound design**. Massachusetts, USA: MIT Press, 2008.

COLLINS, Karen. **Playing with Sound: A Theory of Interacting with Sound and Music in Video Games**. The MIT Press. January, 2013.

COLLINS, Karen; KAPRALOS, Bill. Sound Design for Media: Introducing Students to Sound. **Journal of Sonic Studies**, volume 6, nr. 1. Jan., 2014.

CORBETT, Richard; VAN DEN DOEL, Kees; LLOYD, John E.; HEIDRICH, Wolfgang. **TimbreFields: 3D Interactive Sound Models for Real-Time Audio**.

**Presence: Teleoperators & Virtual Environments**.

Massachusetts, USA: MIT Press Journals, v. 16, Issue 6, p. 643-654, dez., 2007.

ERMI, Laura; Frans Mäyrä (2005). **Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion**. Paper presented at the **Digital Games Research Association Conference**.

FOLLETT, Jonathan. **Audio and the user experience**. Disponível em:  
<http://www.uxmatters.com/mt/archives/2007/06/audio-and-the-user-experience.php> June 18, 2007. Acesso em 17 set. 2015.

GAVER, W. Auditory Icons: Using sound in computer interfaces. **Human Computer Interaction**, 2(2), pp. 167-177, 1986.

GAVER, W. Synthesizing auditory icons. In S. Ashlund, K. Mullet, A. Henderson, E. Hollnagel, & T. White (Ed.), **INTERCHI'93, Amsterdam**: ACM Press, Addison-Wesley, pp. 228-235, 1993.

GAVER, W. The SonicFinder: An interface that uses auditory icons. **Human Computer Interaction**, 4(1), pp. 67-94, 1989.

GAVER, W. Using and creating auditory icons. In G. Kramer (Ed.), **Auditory Display, sonification, audification and auditory interfaces. The Proceedings of the First International Conference on Auditory Display**, Santa Fé Institute, Santa Fé: Addison-Wesley, pp. 417-446, 1992.

GAVER, William W. What in the World Do We Hear? An Ecological Approach to Auditory Event Perception. **Ecological Psychology** 5/1: 1-29, 1993b.

GRAU, Oliver (2003). **Virtual Art: From Illusion to Immersion**. Cambridge, Mass.: MIT Press.

ISO 9241. NBR 9241-11: Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores. Parte 11 – **Orientações sobre Usabilidade**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Ago, 2011.

IUPPA, Nicholas; BORST, Terry. **End-to-end game development: creating independent serious games and simulations from start to finish**. Massachusetts, USA: Elsevier, 2010.

JEKOSCH, Ute. Sound Perception and Sound Design. **2nd ISCA/DEGA Tutorial & Research Workshop on**



**Perceptual Quality of Systems.** Berlin, Deutschland, set., 2006.

JENNETT, C., COX, A. L., CAIRNS, P., DHOPAREE, S., EPPS, A., & TIJS, T. Measuring and defining the experience of immersion in games. **International Journal of Human-Computer Studies**, 66, 641–661, 2008.

JØRGENSEN, K. Time for new terminology? Diegetic and non-diegetic sounds in computer games revisited . In: Grimshaw, M. (Ed.), **Game sound technology and player interaction: Concepts and developments**. Hershey, PA: IGI Global, 2011.

KAUSHANSKY, Karen. **Designing With Audio: What Is Sound Good For?** Disponível em: <http://www.smashingmagazine.com/2012/04/designing-with-audio-what-is-sound-good-for/> April 18th, 2012. Acesso em 17 set. 2015.

LILJEDAHN, Mats. Sound for Fantasy and Freedom. In: Grimshaw, M. (Ed.), **Game sound technology and player interaction: Concepts and developments**. Hershey, PA: IGI Global, 2011.

MEARS, Chris. **The UX of sound – designing audio experience.** Disponível em: <http://theuxreview.co.uk/ux-sound-designing-audio-experience/>. Jan, 2014. Acesso em 17 set. 2015.

MENEGUETTE, L. C. Dead Space: estudo de caso e reflexões sobre áudio dinâmico. In: IV **Gamepad - Seminário de games, comunicação e tecnologia**, 2011, Novo Hamburgo, RS: Universidade Feevale, 2011.

MORTON, Scott B. Enhancing the Impact of Music in Drama-Oriented Games. **Gamasutra**, 24 jan. 2005. Disponível em: [http://www.gamasutra.com/view/feature/130602/enhancing\\_the\\_impact\\_of\\_music\\_in\\_.php](http://www.gamasutra.com/view/feature/130602/enhancing_the_impact_of_music_in_.php) Acesso em 29 ago. 2016.

MOSES, Laura. **Sound Design.** EventDV. Vol. 23, Issue 1, p37, Jan/Feb2010.

MURCH, Walter. **Dense Clarity – Clear Density.** The transom review, Part 2, Vol. 5/Issue 1, April 1st, 2005. Disponível em: [http://transom.org/?page\\_id=7006](http://transom.org/?page_id=7006). Acesso em: 05 set. 2014.

MURRAY, J. H. **Hamlet no holodeck: o futuro da narrativa no ciberespaço.** São Paulo: Itaú Cultural: Unesp, 2003.

NORMAN, Donald A. **O Design do dia-a-dia.** Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

PARKER, J. R; HEEREMA, John. Audio Interaction in Computer Mediated Games. **International Journal of Computer Games Technology**. vol. 2008, Article ID 178923, 8 pages. Hindawi Publishing Corporation, 2008.

ROCCHESSE, Davide et al. Sonic Interaction Design: Sound, Information and Experience. Conference on Human Factors in Computing Systems: **CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems**. ACM Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2008.

SALEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric (2003). **Rules of Play: Game Design Fundamentals.** Cambridge, Mass.: MIT Press.

SERAFIN, Stefania. Sound Design to Enhance Presence in Photorealistic Virtual Reality. **Proceedings of the 2004 International Conference on Auditory Display**. Sidney, Australia, July 6-9, 2004.

SHNEIDERMAN, Ben; PLAISANT, Catherine. **Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction.** 5a. ed., Prentice Hall, mar., 2009.

STEVENS, Richard; RAYBOULD, Dave. **The Game Audio Tutorial: A Practical Guide to Sound and Music for Interactive Games.** Elsevier Inc. 2011.

STUART, R. **Design of Virtual Environments.** New York: McGraw-Hill. 1996.

SUSINI, Patrick; et al. Closing the Loop of Sound Evaluation and Design. **2nd ISCA/DEGA Tutorial & Research Workshop on Perceptual Quality of Systems**, Berlin; Deutschland, set., 2006.

YANTAÇ, Asim Evren. ÖZCAN, Oguzhan. The effects of the sound-image relationship within sound education for interactive media design. **Digital Creativity**. Routledge, Vol. 17 Issue 2, p91-99, 2006.